

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA EN DOS ETAPAS  
PARA REDUCIR COSTOS EN LA MINA ANIMON –  
UNIDAD OPERATIVA CHUNGAR DE LA COMPAÑÍA  
MINERA VOLCAN S.A.A.**

**TESIS**

**PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO DE MINAS**

**Presentado por:**

**Bach. LEON ESPINOZA, Jhonatan Franck**

**Pasco – Perú 2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA EN DOS ETAPAS PARA REDUCIR  
COSTOS EN LA MINA ANIMON – UNIDAD OPERATIVA CHUNGAR  
DE LA COMPAÑÍA MINERA VOLCAN S.A.A.**

**Presentado por:**

**Bach. LEON ESPINOZA, Jhonatan Franck**

**SUSTENTADO Y APROBADO ANTE LA COMISION DE JURADOS:**

---

**Mg. Nieves O. GORA TUFINO  
PRESIDENTE**

---

**Dr. Ricardo CABEZAS LIZANO  
MIEMBRO**

---

**Ing. Julio C. SANTIAGO RIVERA  
MIEMBRO**

## **DEDICATORIA**

A dios por guiarme en la vida y mostrarme el camino a la felicidad. Al amor imperecedero de mis padres, y mi pareja cuyo apoyo, ejemplo y valores inculcados no hubiera sido posible alcanzar esta meta. A mis hermanos por su apoyo constante.

## **AGRADECIMIENTOS**

Debo expresar mi agradecimiento al Superintendente General de la Compañía Minera E.A. “Chungar” – por el apoyo recibido del Ing. Aldo Villegas Sotillo y también a los destacados Ingenieros de Tecnomin Data como también al personal obrero por compartir de primera mano sus experiencias adquiridas en la Minería.

No es menos mis agradecimientos a mis docentes de mi alma mater la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Escuela de Formación Profesional de Ingeniería de Minas, por sus sabias enseñanzas impartidas dentro del claustro universitario. También, expreso mis agradecimientos a las personas que intervinieron en mi formación.

## RESUMEN EJECUTIVO

La Unidad Operativa Chungar se encuentra ubicada en el departamento de Pasco, a 342 kilómetros al este de Lima. Está conformada por dos minas subterráneas, Animón e Islay, y una planta concentradora cuya capacidad de tratamiento diario durante el 2015 fue de 5,320 TPD en promedio. El tratamiento en la planta Animón durante el 2015 fue de 1,827 mil toneladas de mineral de cabeza, con leyes de 6.00% Zn, 1.71% Pb, 0.17 % Cu y 4.70 oz Ag/TM, lo que representó el 29% del mineral tratado de Volcan consolidado.

La unidad operativa Chungar S.A.C. (UOCH) solicitó realizar el “Estudio Conceptual Trade Off del Sistema de Bombeo de Agua de mina Chungar”. EACH, dentro de su sistema de operaciones tiene instalado un sistema de bombeo de agua de interior mina, que consiste en la captación de las aguas de escorrentía, provocado por las filtraciones y por el drenaje de los sistemas de relleno hidráulico, dichas aguas son acopiadas en cámaras en diferentes niveles, para ser bombeadas a superficie en etapas, a través de dos piques (Esperanza y Montenegro). Parte del caudal se distribuye a un espesador de cono profundo (DCT), y otra parte se envía a unas pozas de sedimentación; los lodos son enviados al actual depósito de relaves, y las aguas claras son enviadas a la laguna Naticocha Norte.

Este sistema de bombeo demanda un alto consumo de energía y debe seguir incrementando su capacidad de bombeo debido a los requerimientos de profundización de mina como consecuencia de su operación e incremento de producción, por lo indicado es necesario realizar una revisión del sistema actual y analizar alternativas de bombeo para optimizar su operación y costo.

Volcan solicitó evaluar la posibilidad de un sistema de bombeo en una sola etapa de aguas sin sedimentar, desde el Nivel 75 a superficie, además de otra alternativa que considere la sedimentación de las aguas en el nivel inicial de bombeo 75, para evitar el sistema de sedimentación en superficie. Además, plantear el manejo de los lodos.

Las alternativas consideradas para el nuevo sistema de bombeo son:  
Alternativa N° 1: El sistema de bombeo de agua sin sedimentar será en una sola etapa, con seis bombas de desplazamiento positivo, instaladas en paralelo, desde el nivel 75. Todas las aguas de la mina serán acopiadas en una cámara, manteniendo los sólidos en suspensión de 3 000 ppm hasta un máximo de 6 000 ppm (Reporte – Efluente Agua de Mina de EACH-2014), en cuyas condiciones serán bombeadas hasta superficie; este sistema se ha proyectado tanto para el sistema del pique Montenegro como del pique Esperanza en una sola etapa para cada pique, cuenta con tres bombas c/u, con un caudal proyectado para cada bomba de 200 lps. En superficie se está proyectando un sistema de sedimentación tipo Laminar

para cada pique. Este sistema cuenta con un colector de lodos, para luego ser transportados por cisternas hasta el actual depósito de relaves.

Alternativa N° 2: Antes del bombeo en interior mina se está proyectando un sistema de sedimentación tipo Laminar para cada pique en el nivel 75, el bombeo se estima con seis bombas centrífugas. Las aguas claras se recibirán en una cámara, tanto en la zona del pique Montenegro y Esperanza, y serán bombeadas a una segunda etapa que se iniciará en el nivel 355 del pique Montenegro, y en el nivel 310 del pique Esperanza, para ser finalmente bombeadas a superficie, el caudal proyectado para cada bomba es de 200 lps. En superficie las aguas claras serán depositadas en un tanque colector, para luego derivarlas a la laguna Naticocha norte.

Los lodos que se generen en el sistema de sedimentación serán trasladados con una bomba sumergible a pozas de lodos (3), que almacenarán preliminarmente, posteriormente se evaluará trasladar los lodos a labores abandonadas, así como utilizar los lodos con el relleno detrítico en el proceso de relleno hidráulico y se estima una máxima producción de lodos en cada pique de 12,9 t/h.

EL AUTOR

## ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN EJECUTIVO	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	

### **CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

1.1. Determinación del problema.	14
1.2. Formulación del problema.	15
1.2.1. Problema General.	16
1.2.2. Problema Específicos.	16
1.3. Objetivos.	16
1.3.1. Objetivo General.	16
1.3.2. Objetivos Específicos.	17
1.4. Justificación del Problema.	17
1.5. Importancia y Alcances de la Investigación.	18
1.6. Limitaciones.	19

### **CAPITULO II: MARCO TEÓRICO**

2.1. Antecedentes.	20
2.2. Bases Teóricos - Científicas.	22
2.3. Definición de Términos.	24
2.4. Sistema de Hipótesis	26
2.5. Identificación de las Variables.	27



**CAPITULO III:  
METODOLOGÍA**

3.1. Tipo de Investigación.	29
3.2. Diseño de la Investigación.	29
3.3. Población y Muestra.	30
3.4. Métodos de la Investigación.	30
3.5. Técnicas e Instrumento de Recolección de Datos.	30

**CAPITULO IV:  
GENERALIDADES DE LA MINA**

4.1. Ubicación y accesibilidad	33
4.2. Antecedentes históricos	35
4.3. Geología de la mina.	40
4.4. Metodos de explotación	50

**CAPITULO V:  
CONDICIONES DE SITIO**

5.1. Condiciones Generales de sistema de Bombeo	57
5.2. Condiciones del proceso de bombeo	66
5.3. Condiciones del agua a drenar	67
5.4. Sistema de sedimentación	68
5.5. Parámetros de operación	74

**CAPITULO VI:  
DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LAS ALTERNATIVAS**

6.1. Alternativa N° 1	80
6.2. Alternativa N° 2	82
6.3. Comparación de datos operativos de cada alternativa	83

6.4. Resumen de longitud y tipo de tuberías	84
6.5. Resumen de potencias eléctricas de cada alternativa	85
6.6. Análisis de consumo de energía del sistema de bombeo actual y de las alternativas proyectadas	86

## **CAPITULO VII: COSTOS**

7.1. CAPEX	88
7.2. OPEX Alternativa N° 1, Alternativa N° 2	88
7.3. Sistema De Evaluación - Trade Off	90

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

Análisis Económico - CAPEX/OPEX

## INTRODUCCIÓN

En los actuales momentos en que la industria minera, dada su naturaleza altamente competitiva, viene atravesando por una crisis económica debido a la baja de los metales en el mercado mundial, es cuando debemos tomar conciencia del rol que desempeña el ingeniero de minas en la explotación de un yacimiento para ser explotado en forma económica y segura. Una de las fases más importantes de la explotación minera es la que corresponde al desagüe minera.

Dentro del ámbito de la explotación minera de la empresa administradora Chungar, mina Animon, el agua constituye el agente natural de mayor incidencia como condicionante y desencadenante de inestabilidad y de otros problemas geotécnicos y geomecánicas asociados. Cabe señalar que en el sistema de bombeo actual de la mina animon está constituido por una red de 56 bombas centrifugas en 12 cámaras de bombeo que evacuan el agua de mina y en forma de cascada invertida, esta forma de bombeo conlleva a que la operación de todo este sistema demande una gran cantidad de recursos económicos, así como un elevado consumo de energía eléctrica que eleva el costo por litro de agua bombeada.

Otra debilidad del sistema es el hecho de que en las estaciones de bombeo no cuentan con equipos de reserva (stand by) cuya consecuencia es una baja confiabilidad del sistema si hubiera una falla en alguna de los

equipos titulares. Por otro lado las condiciones del agua de mina animon requieren posas de almacenamiento que permiten la limpieza de las mismas sin tener que parar el sistema y esta condición no se cumple actualmente.

Por las condiciones expuestas estamos obligados a buscar un nuevo sistema de bombeo que cumpla con el requerimiento del área del área de operaciones y que respondan los estándares obligados por ley.

La mina Animon dentro de su sistema de operaciones tiene un sistema de bombeo de agua de interior mina que consiste en la captación de las aguas de escorrentía, provocado por filtraciones y por el drenaje de los sistemas de relleno hidráulico, dichas aguas son acopiadas en cámaras en los diversos niveles para ser bombeados a superficie en etapas a través de los piques esperanza y Montenegro.

Por todos estos problemas y a través de dos alternativas se plantea la ejecución de un sistema de bombeo de agua en dos etapas con la finalidad de reducir costos de operación y mantenimiento, que es el motivo de la presente tesis.

Para el desarrollo de la presente tesis titulado “SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA EN DOS ETAPAS PARA REDUCIR COSTOS EN LA MINA ANIMON – UNIDAD OPERATIVA CHUNGAR DE LA COMPAÑÍA

MINERA VOLCAN S.A.A.” he considerado (siete) 7 capítulos, siendo los siguientes:

- El capítulo uno, trata sobre los aspectos de la investigación que comprende el planteamiento del problema y su formulación, objetivos, justificación, importancia y alcances de la investigación y limitaciones.
- El capítulo dos, trata sobre el marco teórico que comprende antecedentes, bases teóricas-científicas, definición de términos, sistemas de hipótesis e identificación de variables.
- El capítulo tres, trata sobre la metodología de la investigación que comprende: tipo de investigación, diseño de investigación, población y muestra, métodos de la investigación, técnicas e instrumentos de recolección de datos.
- El capítulo cuatro, trata de sobre los aspectos generales de la mina; ubicación y accesibilidad de la mina, historia, geología y métodos de explotación.
- El capítulo cinco, trata sobre las condiciones de sitio, donde se describen las condiciones generales del sistema de bombeo, condiciones del proceso de bombeo, condiciones del agua a drenar y el sistema de sedimentación.

- El capítulo seis, descripción técnica de las alternativas donde se presentan las alternativas donde se resume las longitudes y tipos de tuberías, potencias eléctricas y finalmente para cerrar el capítulo analizaremos el consumo de energía del sistema de bombeo actual así como de las alternativas.
- El capítulo siete, se tratará netamente todo lo relacionado a los costos donde describiremos el CAPEX y OPEX de las dos alternativas. Se presenta el sistema de evaluación – TRADE OFF.

Para terminar la tesis se presentan las conclusiones, recomendaciones y la bibliografía usada para la tesis. Lo cual pongo a consideración de mis jurados calificadores para su evaluación correspondiente.

LEON ESPINOZA JHONATAN FRANCK  
TESISTA

## **CAPITULO I:**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1. Determinación del problema.**

En el ámbito de la explotación minera de la empresa administradora Chungar, Mina Animón, el agua constituye el agente natural de mayor incidencia como condicionante y desencadenante de inestabilidad y de otros problemas geotécnicos y geomecánicas asociados.

Cabe mencionar que el sistema de bombeo de la Mina Animón estaba constituido por una red de 56 bombas centrífugas en 12 cámaras de bombeo que evacuan el agua de mina en forma de cascada invertida.

Esta forma de bombeo conlleva a que la operación de todo el sistema actual demande una gran cantidad de recursos, así como un elevado consumo de energía que eleva el costo por litro de agua bombeada.

Otra condición es el hecho de que las estaciones de bombeo no cuentan con equipos en stand by por si hubiera alguna falla en alguno de los equipos titulares. La consecuencia de esto es una baja confiabilidad del sistema.

Por otro lado, las condiciones de agua de mina Animón requieren de pozas de almacenamiento que permitan la limpieza de las mismas sin tener que parar el sistema; esta condición no se cumple en el sistema actual.

Estas condiciones nos obligan a buscar un nuevo sistema de bombeo que cumpla con el requerimiento del área de operaciones y que responda los estándares obligados por ley.

## **1.2. Formulación del Problema.**

Los resultados financieros de la Compañía han sido afectados por la continua reducción de los precios de los metales durante los últimos años, El margen bruto fue 17%, similar al del año 2014, lo cual se explica porque los menores costos de producción y la menor comercialización de concentrados de terceros, con menor margen



relativo, compensaron la disminución del precio de zinc en 10.5% y de la plata en 18.1%.

La Mina Animon dentro de su sistema de operaciones tiene instalado un sistema de bombeo de agua de interior mina, que consiste en la captación de las aguas de escorrentía, provocado por las filtraciones y por el drenaje de los sistemas de relleno hidráulico, dichas aguas son acopiadas en cámaras en diferentes niveles, para ser bombeadas a superficie en etapas, a través de dos piques (Esperanza y Montenegro).

#### **1.2.1. Problema General.**

¿Cómo se podrá reducir costos al ejecutar el sistema de bombeo de agua en dos etapas en la MINA ANIMON – UNIDAD OPERATIVA CHUNGAR DE LA COMPAÑÍA MINERA VOLCAN S.A.A.?

#### **1.2.2. Problema Específicos.**

- a) ¿Cómo la ejecución del sistema de bombeo de agua en dos etapas mejorara las condiciones de trabajo en la MINA ANIMON – UNIDAD OPERATIVA CHUNGAR DE LA COMPAÑÍA MINERA VOLCAN S.A.A.
- b) ¿Como redundará la disminución del número de bombas actuales en los costos de mantenimiento en la MINA ANIMON

– UNIDAD OPERATIVA CHUNGAR DE LA COMPAÑÍA  
MINERA VOLCAN S.A.A.?

### **1.3. Objetivos.**

#### **1.3.1. Objetivo General.**

“Reducir costos al ejecutar el sistema de bombeo de agua en dos etapas en la MINA ANIMON – UNIDAD OPERATIVA CHUNGAR DE LA COMPAÑÍA MINERA VOLCAN S.A.A.”

#### **1.3.2. Objetivos Específicos.**

- a) “Mejorar las condiciones de trabajo al ejecutar el sistema de bombeo de agua en dos etapas en la MINA ANIMON – UNIDAD OPERATIVA CHUNGAR DE LA COMPAÑÍA MINERA VOLCAN S.A.A.”
  
- b) “Disminuir los costos de mantenimiento al ejecutar el sistema de bombeo de agua en dos etapas en la MINA ANIMON – UNIDAD OPERATIVA CHUNGAR DE LA COMPAÑÍA MINERA VOLCAN S.A.A.”

#### **1.4. Justificación del Problema.**

El sistema de bombeo tipo cascada es ineficiente energéticamente consta de 51 bombas GIW 6X8 con motores de 250 Hp c/u con un consumo total de energía promedio de 9.5 MW, si se continua con este sistema la proyección de consumo de energía para el 2016 será de 12.5 MW lo cual lo hace inviable, debido al déficit de energía y sus altos costos.

Por otro lado, el sistema actual de bombeo en las cámaras no cuenta con bombas en stand by para cubrir cualquier contingencia, también las líneas de impulsión son insuficientes y de capacidad limitada nominal 760 lps y se está evacuando 650 lps y lo proyectado para el 2016 es de 850 lps, el proyecto de 02 etapas entrara tentativamente en operación en el setiembre del 2015, lo cual deja poco margen para poder seguir bombeando con el sistema actual ya que entrara en condición de sub dimensionado.

Otro aspecto es el costo que implica efectuar mantenimiento a 57 bombas GIW versus las bombas que serán nuevas y con mejores rendimientos, se disminuirá el número de operadores de bombeo, el costo de mantenimiento y consumo de energía.

Por esta razón, la presente investigación se justifica plenamente ya que será un aporte que servirá para la toma de

decisiones a nivel de la organización de esta empresa minera, como así también a otras minas del medio Nacional e Internacional.

### **1.5. Importancia y Alcances de la Investigación.**

Los objetivos establecidos para la MINA ANIMON – UNIDAD OPERATIVA CHUNGAR DE LA COMPAÑÍA MINERA VOLCAN S.A.A. en cuanto a producción fue en el 2015 de 1.9 millones de toneladas, con leyes de 5.04% Zn, 1.41% Pb, 0.14% Cu y 2.97 oz Ag/TM, lo que representa el 24% del mineral tratado de Volcan consolidado, en esencia, conducen a la generación de valor económico y obtener las máximas utilidades para sus accionistas. Por tanto, para continuar con la producción y conseguir las utilidades máximas el proyecto propuesto a continuación requiere del reordenamiento del sistema de bombeo.

### **1.6. Limitaciones.**

En el desarrollo de la presente investigación, prácticamente no hubo limitaciones en lo referente a la obtención de los datos, debido a las facilidades otorgadas por la Gerencia de la Empresa. En todo caso las únicas limitaciones que se presentaron fueron referido al financiamiento para la elaboración de esta investigación y la falta de apoyo del personal especializado.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes.**

Dependiendo de la región geográfica donde se ubican las minas pueden drenar caudales muy variados de agua subterránea que pueden estar ubicados a poca profundidad en interacción con el agua de superficie o pueden estar a gran profundidad sin relación alguna con superficie.

Las que mayor caudal tienen son las minas subterráneas profundas asociadas a rocas volcánicas jóvenes y ubicadas en zonas lluviosas y con mayor extensión de socavones. El agua subterránea comúnmente se extrae por bombeo.

Cabe señalar que el drenaje de las minas subterráneas se hace para evitar la inundación mediante los métodos tradicionales

de bombeo o gravedad, y la mina Animón por estar localizada en rocas volcánicas altamente permeables tienen dificultad con el agua. En la actualidad dentro de la economía del libre mercado las empresas mineras necesitan tomar decisiones concretas y oportunas para poder competir tanto a nivel Nacional como Internacional. Por tal razón es menester realizar una evaluación de costos de las operaciones unitarias, como también de la productividad lograda para buscar alternativas que nos ayuden a reducir los costos de operación y mantenimiento, a su vez incrementar su productividad. Para llevar un mejor control de costos de operación es necesario determinar los costos reales de los gastos operativos.

Habiendo realizado una revisión de la literatura sobre sistemas de bombeo en minas, encontramos abundante información sobre este tema, los mismos que fueron aplicados adecuándolo a la realidad de cada mina como:

Compañía minera Minsur

Compañía minera Recuperada

Compañía minera Buenaventura

Compañía minera Marsa

Compañía minera Casapalca

Compañía minera Brocal

Compañía minera Cerro S.A.C.

Compañía minera Horizonte

Todas estas experiencias nos servirán para la ejecución del presente proyecto.

## **2.2. Bases Teórico - Científicas.**

Se toma en cuenta las principales normativas legales actualmente vigentes en nuestro País, los cuales están alineadas al sector:

Ley N° 28551 “Ley que establece la obligación de elaborar y presentar Planes de Contingencia”.

D.S. N° 055-2010-EM “Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional y otras medidas complementarias en minería”.

D.S. N° 010-2010-MINAM “Aprueban Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero – Metalúrgicas”.

Las actividades mineras, en general, se encuentran estrechamente ligadas al agua:

- Como un problema a evitar, disminuir o corregir
- Como una necesidad de utilización del recurso para su aprovechamiento en la propia mina o fuera de ella.

En comparación con la mayoría de las actividades industriales y agrícolas, la explotación minera no es una gran consumidora de agua. Muchas veces el problema es el inverso y tiene que liberar grandes cantidades de agua no deseables. Este es el problema del drenaje minero: el de captar, transportar y eliminar hacia el entorno (al medio ambiente) flujos de agua y hacerlo de tal manera que no se ocasionen daños. Es por ello que el problema del agua requiere el adecuado enfoque y planteamiento, así como su correcta gestión. Para ello, es necesario que las soluciones estén fundamentadas en estudios hidrológicos e hidrogeológicos suficientemente detallados, desarrollados desde el propio inicio del proyecto y destinados a permitir la gestión racional de la presencia del agua. Es a partir de estas premisas que, posteriormente, se dimensionan y construyen las oportunas infraestructuras de captación y conducción, así como asegurar la efectividad de la misma, su fiabilidad y su constitución con elementos seguros y de larga duración. Para ello es necesario tener en cuenta que pueden entorpecer las labores mineras, en cualquier circunstancia encarecen la explotación, pero sin olvidar que, si el problema de drenaje no es adecuadamente planteado



desde el principio, puede incluso llevar a la suspensión de la explotación minera en sí.

Uno de los puntos de partida de todo proyecto que contemple una excavación de cierta envergadura es, entonces, el profundo conocimiento de esta realidad que se basa en la realización de sendos estudios hidrológicos e hidrogeológicos que permitan, de manera precisa, gestionar correctamente la presencia de aguas de distinto origen desde tres puntos de vista:

- El agua y su influencia en la estabilidad de taludes y huecos mineros y, en definitiva, en la seguridad geotécnica de la explotación.
- El agua dentro de la planificación y de las operaciones de la mina, teniendo en cuenta que los usos del agua y las necesidades dentro de la mina son muy diversos.
- El agua y el medio ambiente, abordando tanto los problemas asociados a la operación minera en sí como los derivados del futuro abandono de la actividad.

Toda explotación minera se ubica en una cuenca hidrológica e hidrogeológica concreta y, en la mayoría de los casos, se desarrolla por debajo de los niveles freáticos de la zona. Por ello, las explotaciones constituyen puntos de drenaje o de descarga de

escorrentías superficiales y / o subterráneas y, en todos los casos, pueden llegar a alterar el funcionamiento hidrológico o hidrogeológico de la zona.

El objetivo primordial es conseguir que las aguas que entren en contacto con la mina (tanto superficiales como subterráneas), sean las mínimas posibles, así como que el previsible contacto se realice de la manera más controlada posible. El estudio de los problemas de drenaje de mina tiene dos aspectos. El primero es el de mantener condiciones adecuadas de trabajo tanto a cielo abierto como en interior, para lo que es frecuente la necesidad de bombeo del agua.

### **2.3. Definición de Términos.**

Las siguientes definiciones se aplican al presente trabajo:

- **Drenaje Acido**

El drenaje ácido de minas y escombreras es uno de los problemas ambientales más graves de la explotación minera. La presencia de minerales sulfurados en contacto con el agua produce ácido sulfúrico presente en las aguas de drenaje.

- **Accidente**

Daño o lesión que el trabajador sufre con ocasión de o consecuencia del trabajo que ejecute. Se presenta de forma inesperada y causa una lesión de tipo traumático y de carácter

instantáneo, causada por una agente material o por un fallo del propio trabajador.

- **Gestión del riesgo**

El proceso de gestión del riesgo consiste en identificar y analizar los distintos tipos de riesgos que tiene que afrontar la organización para determinar su probabilidad y las posibles consecuencias si llegan a producirse.

- **Tasa Anual promedio**

Tasa de flujo en 365 días por año.

- **Días Operacionales**

El número de días operacionales del sistema de bombeo por año es de 365 días (días programados para operación).

- **Disponibilidad Operacional**

Para este caso, el sistema de bombeo es constante y el valor a utilizar es 1 (100%).

- **Flujo Nominal**

Tasa media determinada a partir de la capacidad anual del sistema de bombeo dividida por el número de horas efectivamente trabajadas (que corresponden a las horas programadas para operar o multiplicadas por los factores de disponibilidad electro-mecánica y de utilización). Los valores de

flujo derivados de los respectivos flujos del Balance de Masas se refieren al flujo nominal del sistema de bombeo, los que se presentan en los Diagramas de Flujo de Proceso y son la base para la descripción general de la operación del sistema de bombeo.

- **Flujos de Diseño**

Valores máximos esperados para determinados flujos, que permitan soportar las oscilaciones operacionales como consecuencia de las variaciones en los parámetros de proceso. Esos flujos están determinados a partir de las condiciones nominales con un factor de proyecto en el dimensionamiento de equipos.

## **2.4. Sistema de Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis General.**

“Si ejecutamos el sistema de bombeo de agua en dos etapas se, entonces se reducirán los costos en la mina ANIMON – UNIDAD OPERATIVA CHUNGAR DE LA COMPAÑÍA MINERA VOLCAN S.A.A.”

### **2.4.2. Hipótesis Específica.**

- a) “Si ejecutamos el sistema de bombeo de agua en dos etapas, entonces mejorará las condiciones de trabajo en la MINA ANIMON

– UNIDAD OPERATIVA CHUNGAR DE LA COMPAÑÍA MINERA VOLCAN S.A.A.”

b) “Si ejecutamos el sistema de bombeo de agua en dos etapas, entonces disminuirá los costos de mantenimiento en la MINA ANIMON – UNIDAD OPERATIVA CHUNGAR DE LA COMPAÑÍA MINERA VOLCAN S.A.A.”

## **2.5. Identificación de las Variables.**

### **2.5.1. Variables para la hipótesis general**

- Variable independiente.  
Sistema de bombeo.
- Variable dependiente.  
Reducción de costos.

### **2.5.2. Variables para las hipótesis específicas.**

#### **Variables para la hipótesis a**

- Variable independiente.  
Sistema de bombeo de aguas.
- Variable dependiente.  
Mejora de condiciones de trabajo.

#### **Variables para la hipótesis b**

- Variable independiente.  
Sistema de bombeo de aguas.

- Variable dependiente.

Reducción de costos por mantenimiento.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA**

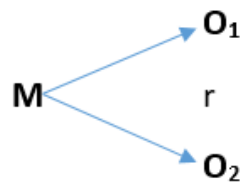
#### **3.1. Tipo de Investigación.**

El presente trabajo de investigación es de carácter APLICATIVO conforme al propósito y naturaleza del proyecto. La investigación se ubica en el nivel descriptivo, explicativo y de correlación.

#### **3.2. Diseño de la Investigación.**

El diseño que se usará es de acuerdo a los objetivos y las hipótesis con el esquema siguiente:

### DISEÑO CORRELACIONAL:



M = Muestra

O<sub>1</sub> = Observación 1

O<sub>2</sub> = Observación 2

r = Relación

### 3.3. Población y Muestra.

#### 3.3.1. Población.

La población está constituida por todos los estudios de bombeo relacionados a la explotación de minerales en la COMPAÑÍA MINERA VOLCAN S.A.A.

#### 3.3.2. Muestra.

La muestra, está constituido por el sistema de bombeo en la mina Animón.

### 3.4. Método de Investigación.

En la presente investigación se aplicarán los métodos deductivo, inductivo, evaluativo, explicativo, análisis y síntesis. Se tomarán datos de campo y se buscarán informes respecto a parámetros e indicadores de gestión.



### **3.5. Técnicas e Instrumento de Recolección de Datos.**

#### **3.5.1 Técnicas**

Las principales técnicas que usar serán:

- Entrevistas y encuestas.
- Análisis documental.
- Observación.
- Medición, etc.

#### **3.5.2 Instrumentos**

Los principales instrumentos que utilizarse serán:

- Guía de entrevista.
- Cuestionario.
- Guía de análisis documental.
- Guía de observación.

## **CAPITULO IV**

### **GENERALIDADES DE LA MINA**

La empresa administradora Chungar SAC. es un gran productor polimetálico ubicado en la sierra central del Perú, zona de amplia tradición minera. Se ubica en el distrito de Huayllay, provincia y departamento de Pasco.

La operación minera se ubica a las orillas de la laguna Naticocha, y se dividen en dos sectores: el sector de Montenegro (orilla sur de la laguna), donde se ubica las oficinas generales, y el sector de Esperanza (orilla norte de la laguna), donde están ubicados los talleres, el winche y las dos rampas (Rampa Mirko y Rampa Terry), que son las principales vías de ingreso y salida de la mina.



#### **4.1. Ubicación y Accesibilidad.**

La mina Animon es un yacimiento polimetálico de zinc, plomo, plata y cobre, propiedad de la Compañía Minera VOLCAN que está ubicada en el flanco oriental de la cordillera occidental de los Andes Peruanos, en el Departamento de Paseo, Provincia de Pasco, Distrito de Huayllay, a una altitud de 4 600 m.s.n.m; a 46 Km. al sur este de la ciudad de Cerro de Pasco.

Las coordenadas geográficas de la mina Chungar son:

76°25'30" de longitud Oeste. ·

11°00'26" de latitud Sur.

Las coordenadas UTM DATUM PSAD-56, zona 18 de la mina Chungar

son:

8 780728 norte.

344,654 este.

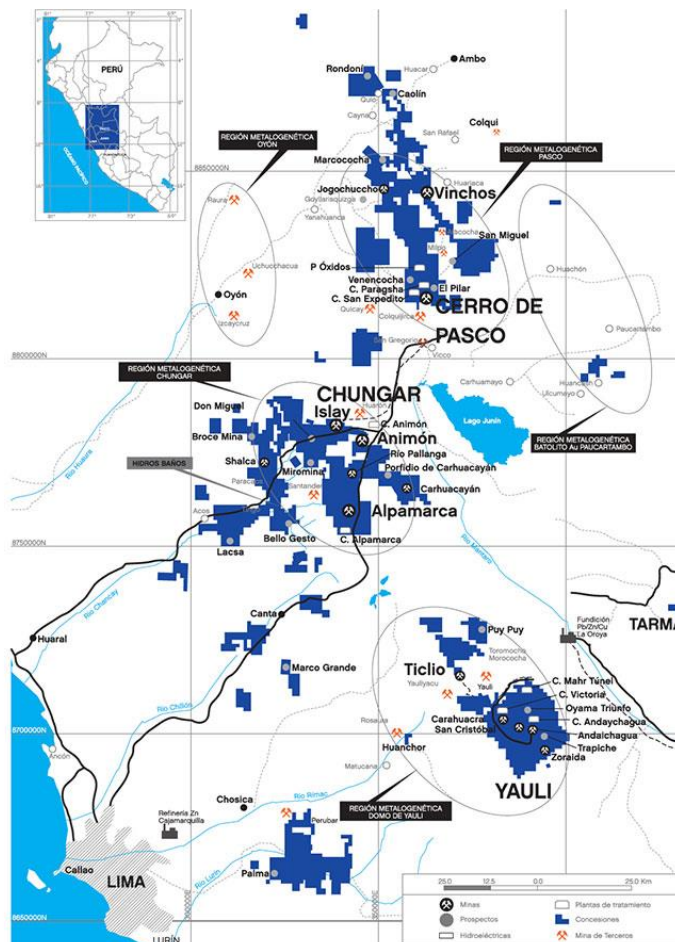
### **Accesibilidad**

La mina Animon es accesible por 3 diferentes vías:

Lima - La Oroya - Cerro de Paseo - Animon: distancia de 304 km, 6 horas.

Lima - Huaral - Animon: distancia de 225 km, 4 horas.

Lima- Canta- Animon: distancia de 219 km, 4 horas.



## Clima y Vegetación

La zona presenta un clima frígido y seco, típico de puna, con temperaturas de 3 a 4 o C bajo cero; entre los meses de enero y marzo se presentan precipitaciones pluviales y el resto del año es seco con presencia de heladas entre abril - junio. La vegetación está compuesta por pastos conocidos como ichu.

## **Fisiografía**

Se halla ubicada dentro de la superficie puna, en un ambiente glaciario, con superficies suaves y altitudes sobre los 4 200 m.s.n.m.; la mina Animán está ubicada a 4 600 m.s.n.m.

### **4.2. Antecedentes Históricos.**

Desde que la Compañía inició sus operaciones mineras en 1943, en las alturas del abra de Ticlio, el continuo esfuerzo y la dedicación desempeñados por sus directivos y colaboradores le han permitido convertirse en una de las principales productoras de zinc, plata y plomo del Perú. Asimismo, Volcan está posicionada dentro de las diez principales empresas productoras de zinc, plata y plomo del mundo.

Inicialmente las operaciones de Volcan se circunscribieron a la mina Ticlio, un conjunto de 30 concesiones otorgadas por el Estado Peruano, y cuyo mineral extraído era vendido a la concentradora Mahr Túnel, en esa época propiedad de la empresa de capitales estadounidenses Cerro de Pasco Copper Corporation, que fue expropiada por el gobierno militar a comienzos de la década de 1970.

Fue en la década de 1990, en un contexto de reformas económicas aplicadas por el gobierno de entonces, orientadas a promover la inversión privada en las empresas públicas, cuando Volcan expandió sus operaciones mediante la adquisición de áreas mineras y sus correspondientes activos. La visión del Directorio y el liderazgo del Dr. Roberto Letts, fueron fundamentales para el crecimiento de la Compañía.

En 1997, mediante subasta pública internacional, Volcan Compañía Minera S.A. adquirió de Centromin Perú la Empresa Minera Mahr Túnel S.A., propietaria de las operaciones mineras Mahr Túnel, San Cristóbal y Andaychagua, y de las plantas Mahr Túnel y Andaychagua. El monto de la transacción ascendió a USD 128 millones más un compromiso de inversión de USD 60 millones, el cual se cumplió en el tercer año. Un año después se llevó adelante un proceso de fusión de ambas empresas, Empresa Minera Mahr Túnel S.A. y Volcan Compañía Minera S.A., y se creó Volcan Compañía Minera S.A.A.

Posteriormente, en 1999, Volcan adquirió de Centromin Perú, mediante subasta pública internacional, la Empresa Minera Paragsha S.A.C. por USD 62 millones más un compromiso de inversión de USD 70 millones y asumiendo una deuda de USD 20 millones que tenía Centromin con el sistema financiero. Esta

operación incluyó la unidad minera Cerro de Pasco y ocho pequeñas centrales hidroeléctricas, Baños I, II, III y IV y Chicrín I, II, III y IV, las cuales generaban en conjunto 7.5 megavatios. Como resultado de esta adquisición, Volcan se convirtió en la compañía productora de zinc más importante del Perú.

En el 2000, Volcan adquirió la Empresa Administradora Chungar S.A.C. y la Empresa Explotadora de Vinchos Ltda. S.A.C., las que eran propietarias de las minas Animón y Vinchos, respectivamente, por un precio de USD 20 millones en efectivo más 16 millones de acciones Clase B de Volcan. Esta adquisición incluyó las centrales hidroeléctricas Françoise y San José II, las cuales generaban en conjunto 2.2 MW.

En el 2004 se iniciaron las operaciones en la mina de plata Vinchos. Durante el 2006, Volcan adquirió la empresa Minera Santa Clara y Llacsacocha S.A., propietaria de la mina Zoraida. Un año después adquirió la Compañía Minera El Pilar, propietaria de la mina El Pilar, contigua a la mina y tajo de Cerro de Pasco.

En el 2009, Empresa Administradora Chungar S.A.C. amplió la capacidad de la Central Hidroeléctrica Baños IV, lo que permitió a Volcan sumar en ese entonces un total de 13MW de potencia instalada.



Luego, en el 2010, Volcan adquirió la Compañía Minera San Sebastián, cuyas concesiones mineras se ubican también en las cercanías de Cerro de Pasco.

En enero del 2011, la Junta General de Accionistas de Volcan Compañía Minera S.A.A. aprobó la reorganización simple de la unidad minera Cerro de Pasco. Como resultado, esta división pasó a llamarse Empresa Administradora Cerro S.A.C. y se convirtió en una subsidiaria de Volcan Compañía Minera S.A.A. El objetivo de la reorganización era conseguir que cada unidad minera gestione de forma independiente las mejoras en sus resultados operativos a través de la reducción de costos y la búsqueda del crecimiento.

Más adelante, en enero del 2012, en el marco de una emisión internacional de bonos bajo la Regla 144A y la Regulación S de la United States Securities Act de 1933, Volcan colocó bonos corporativos hasta por USD 600 millones por un plazo de 10 años y a una tasa fija de 5.375%. Esta emisión tuvo como finalidad asegurar el financiamiento de futuros proyectos de crecimiento, tales como la planta de Óxidos en Cerro de Pasco y la nueva unidad operativa Alpamarca-Río Pallanga.

En febrero del 2012, Volcan adquirió la Empresa Hidroeléctrica Huanchor S.A.C. de 19.6 MW perteneciente a Sociedad Minera Corona S.A. por USD 47 millones. Asimismo, a

mediados de ese año, la Empresa Administradora Chungar S.A.C. culminó la construcción y puso en operación la Central Hidroeléctrica Baños V, situada en el valle del río Chancay-Huaral, con una generación de 9.2 MW y una inversión total de USD 24 millones.

Durante el 2013 se consolidó la mina Islay en la unidad operativa Chungar mediante la adquisición de dos concesiones mineras aledañas por USD 17 MM. En esta unidad, a inicios de ese año también se completó la ampliación de la planta concentradora Animón de 4,200 tpd a 5,200 tpd (toneladas por día). Asimismo, en el 2013 finalizó la ampliación de las plantas Victoria y Andaychagua en la unidad Yauli, lo cual permitió incrementar en más de 9% la capacidad total de tratamiento en esa unidad hasta 10,500 tpd.

Durante el 2014, se continuó la ampliación de la capacidad de tratamiento de las plantas en la unidad Yauli hasta alcanzar las 10,800 tpd. Asimismo, en la unidad Chungar entró en operación el pique Jacob Timmers, con una capacidad nominal de 4,000 tpd.

En julio 2014, Volcan adquirió la Central Hidroeléctrica Tingo de 1.25 MW y 82 km de líneas de transmisión de 22.9 y 50 kV por USD 13.5 MM. En el futuro, esta central se ampliará a un mínimo de 10 MW y será conectada a la unidad Alpamarca.

En el 2014 la Compañía puso en operación la nueva unidad de Alpamarca y la planta de Óxidos en Cerro de Pasco, esta última alcanzó plena capacidad en junio 2015 con una inversión total de USD 280 MM. Entre ambas produjeron 3.3 millones de onzas de plata en el 2014 y 6.3 millones de onzas de plata en el 2015.

Es importante señalar que, durante el 2015, la construcción de la central hidroeléctrica Rucuy de 20 MW (140 GWh-año) continuó en ejecución de obras civiles y montaje electromecánico con un avance del 80%. Se espera que este proyecto empiece a funcionar en el tercer trimestre del 2016 con una inversión total de USD 48 MM.

Se aprobaron las siguientes reorganizaciones societarias: la fusión mediante la cual Chungar absorbió el íntegro de los patrimonios de El Pilar, Huascarán, Santa Clara, Shalca y Troy, que entró en vigencia el 1 de septiembre de 2015; en la sociedad Empresa Administradora Cerro S.A.C. la escisión de un bloque patrimonial compuesto por activos y pasivos relacionados con la planta de óxidos, que entró en vigencia 1 de octubre de 2015; y la fusión por absorción entre Compañía Minera Alpamarca S.A.C. en calidad de absorbente y Empresa Administradora Chungar S.A.C., en calidad de absorbida que entra en vigencia el 1 de enero del 2016.

A 72 años de su fundación Volcan cuenta con más de 323 mil hectáreas de concesiones mineras, 12 minas y 7 plantas concentradoras, una planta de lixiviación, siendo una empresa minera diversificada y líder mundial de zinc, plomo y plata.

#### **4.3. Geología de la Mina.**

##### **GEOLOGÍA REGIONAL**

Las unidades litoestratigráficas que afloran en la región minera de Animón - Huarón están constituidos por sedimentitas de ambiente terrestre de tipo "molásico" conocidos como "capas rojas", rocas volcánicas andesíticas y dacíticas con plutones hipabisales.

En la región abunda las "capas rojas" pertenecientes al grupo Casapalca que se encuentra ampliamente distribuida a lo largo de la Cordillera Occidental, desde la divisoria continental hacia el Este y está constituido por areniscas arcillitas y margas de coloración rojiza o verde en estratos delgados con algunos lechos de conglomerados y esporádicos horizontes lenticulares de calizas grisáceas; se estima un grosor de 2 385 metros que datan al Cretáceo superior terciario inferior (Eoceno).

En forma discordante a las "capas rojas" y otras unidades litológicas del cretáceo se tiene una secuencia de rocas volcánicas

con grosores variables constituido por una serie de derrames lávicos y piroclastos mayormente andesíticos, dacíticos y riolíticos pertenecientes al grupo Calipuy, que a menudo muestran una pseudoestratificación subhorizontal en forma de bancos medianos a gruesos con colores variados de gris, verde y morados.

Localmente tienen intercalaciones de areniscas, lutitas y calizas muy silicificadas que podrían corresponder a una interdigitación con algunos horizontes del grupo Casapalca. Datan al cretáceo superior-terciario inferior (Mioceno) y se le ubica al Suroeste de la mina Animón.

Regionalmente ocurre una peneplanización y depósitos de rocas volcánicas ácidas tipo "ignimbritas" tobas y aglomerados de composición riolítica que posteriormente han dado lugar a figuras "caprichosas" producto de una "meteorización diferencial" conocida como "bosque de rocas" datan al Plioceno.

Completan el marco geológico-geomorfológico una posterior erosión glacial en el pleistoceno que fue muy importante en la región siendo el rasgo más elocuente de la actividad glacial la creación de grandes cantidades de lagunas.

## **GEOLOGÍA LOCAL**

El yacimiento de Animón litológicamente está conformado por sedimentitas que reflejan un periodo de emersión y una intensa denudación. Las "capas rojas" del grupo Casapalca presentan dos ciclos de sedimentación: El ciclo más antiguo es el más potente con 1 400 a 1 500 metros de grosor y el ciclo más joven tiene una potencia de 800 a 900 metros. Cada ciclo en su parte inferior se caracteriza por la abundancia de conglomerados y areniscas, en su parte superior contienen horizontes de chert, yeso y piroclásticos. La gradación de los clastos y su orientación indican que los materiales han venido del Este, probablemente de la zona actualmente ocupada por la Cordillera Oriental de los Andes. En el distrito minero se distinguen dos formaciones bien marcadas: Formación inferior y formación superior.

- Formación inferior.

Está conformada por tres unidades:

### **Unidad inferior.**

Está constituida por margas y areniscas se ubica en la parte central y más profunda del anticlinal de Huarón; su grosor debe sobrepasar los 800 metros.

### **Unidad media.**

Aflora en el flanco este del anticlinal y es continuo por varios kilómetros con un grosor de 485 m, se distinguen los siguientes horizontes:

- a) **Horizonte Base:** Conformada por el conglomerado Bernabé que es un "metalotecto" importante de la región con un grosor de 40 metros y está constituido por clastos de cuarcita de 10 cm de diámetro y matriz arenosa.
- b) **Horizonte Central:** Constituido por areniscas y margas rojas tiene una potencia de 420 metros.
- c) **Horizonte Techo:** "Metalotecto" calcáreo chértico de Sevilla y Córdoba de color violáceo y gris claro, masivo, lacustrino con un grosor de 25 metros.

### **Unidad superior.**

En la base tiene 5 niveles de conglomerados que juntos alcanzan un grosor de 80 metros. Sus sedimentos son detríticos provenientes de la erosión de la unidad media; se tienen grandes bloques de chert "redepositados", sigue una secuencia de areniscas moradas y niveles calcáreos. En total esta unidad tiene un grosor de 300 metros.

- Formación superior (Serie abigarrada).

Tiene un grosor de 800 metros, es la única masa rocosa presente en ambos flancos del anticlinal. En el flanco Este es poco silicificada; se inicia con conglomerados gruesos favorables para la mineralización, es otro de los "metalotectos" importantes de la región conocida como "Conglomerado San Pedro" se tiene clastos grandes de cuarcita y caliza estos últimos son fácilmente reemplazados por sulfuros. El Conglomerado San Pedro tiene un grosor de 20 a 50 metros, luego se tiene una alternancia de areniscas con detritos volcánicos, conglomerados intermedios, arcosas, areniscas conglomerádicas, areniscas y niveles calcáreos chérticos de 30 metros y areniscas margosas. Esta "serie abigarrada" se encuentra mayormente en la zona de Quimacocha.

## **MINERALIZACIÓN**

Los tipos de mineralización del distrito están constituidos por vetas, bolso nadas o cuerpos mineralizados y por vetas-manto.



## **Estructuras Vetiformes.**

Las vetas son las fracturas preliminares que han sido rellenadas con minerales de Fe, Cu, Zn, Pb y Ag. Las vetas que afloran en todo el distrito son más de 50; pero los más importantes que han sido proyectados y desarrollados en Animón son alrededor de 4 y en Huarón alrededor de 25. Estos depósitos contienen el mayor volumen de la mineralización económica del distrito. La amplitud de los desarrollos horizontales en cada una de las estructuras va desde unas pocas centenas de metros en las vetas de menor importancia como la Veta Noreste y con 300 m hasta 1 800 m en las vetas de mayor importancia como: La veta Principal y precaución, en general estos depósitos son parcialmente conocidos desde superficie hasta profundidad de 550 metros en Huarón y en Animón hasta 330 metros (Nv 270).

La potencia de las vetas varía desde unas decenas de centímetros hasta 8 a 10 metros. La veta Principal en el nivel 270 tiene una potencia de 3,20 m. Las vetas Este-Oeste tienen buzamientos entre 75° a 90°, las vetas al cruzar los diques monzoníticos tienden a ramificarse y al ingresar a los conglomerados reemplazan a clastos calcáreos.

Muy pocas vetas han sido disturbadas por fallamiento post-mineral transversal o concordante, la fuerte alteración hidrotermal de las cajas caolinización y silicificación está relacionada al 1er. y 2do. ciclo de mineralización  
Columnas metalíferas.

Tal vez esfuerzos compresivos formadores del anticlinal de Huarón han actuado de manera diferente de Este-Oeste y viceversa en Animón, con un mayor relajamiento o movimientos distensivos hacia el Oeste coadyuvados por la reapertura de fracturas preexistentes. Esto dio lugar a una gran ramificación de grietas y su posterior mineralización en las "mal llamadas" Vetas Luz, Marleny y Zoraida.  
Cuerpos mineralizados.

Los cuerpos mineralizados se ubican en la parte Este y Oeste del anticlinal y se han formado en el área de intersección de las vetas E-W con el conglomerado Bernabé y con el chert Córdova en la zona Este y con el conglomerado San Pedro en la zona de Quimacocha. Estos cuerpos mineralizados tienen contornos horizontales irregulares y elongados en dirección Norte-Sur. La mineralización en los conglomerados se presenta diseminada y reemplazamiento de la matriz calcárea.

### **Vetas Manto.**

Son estructuras mineralizadas concordantes con la estratificación en el flanco oeste del anticlinal se han desarrollado 2 vetas mantos en la zona de Huarón: San Narciso y Fastidiosa y en la zona de Quimacocha con cerca al pique del mismo nombre, se observan estratos calcáreos de 0,30 m de grosor con mineralización diseminada, estructuralmente para el caso de Huarón existen evidencias que se trata de fallas inversas que tienen orientación Norte-Sur y buzan 30° a 50° al oeste. En cuanto a su mineralogía es muy irregular y parece estar ligado a su cercanía o lejanía de las vetas Este-Oeste, la ganga es cuarzo rodocrosita y el mineral económico y las cajas están fuertemente laminadas y trituradas, tal como se observa en la galería del Nv 580 de Quimacocha.

### **GEOLOGÍA ECONÓMICA.**

El distrito minero de Animón es un yacimiento polimetálico de Zn, Pb, Ag y Cu. La mineralización se presenta generalmente en vetas como relleno de fracturas pre-existentes y en menor grado en forma de bolsonadas. La estructura mineralizada más importante de la mina Animón la constituye la veta principal junto con la veta María Rosa.

## **Minerales de mena.**

Los minerales mena presente en la mina Animón son:

**Esfalerita (ZnS):** Es el mineral económico más importante, se presenta en forma masiva, granular y cristalizada (tetraedros), generalmente relleno de cavidades y fracturas, está muy asociada a la galena (afinidad metálica) y en menor grado a calcopirita, cuarzo, etc. Es de color amarillo castaño a negro, brillo resinoso; ocurre en dos variedades: esfalerita rubia (blenda) y marmatita, siendo este último de mayor distribución en los niveles inferiores y presenta un color marrón oscuro.

**Galena (PbS):** Ocurre mayormente en forma cristalizada en cubos, los cristales presentan una buena exfoliación cúbica; está muy asociada a la esfalerita rubia, rodocrosita, baritina y cuarzo. La variedad de galena argentífera ocurre en forma masiva y diseminada, relleno de intersticios de esfalerita, cuarzo, etc. La galena aumenta su proporción hacia niveles superiores.

**Proustita (Ag<sub>3</sub>AsS<sub>3</sub>):** Estos minerales conocidos como platas rojas han sido importantes como menas en algunos lugares. Son isoestructurales como formas cristalinas. Con cristales de forma semejante, similares propiedades físicas y yacimientos.

## **Minerales de Ganga.**

Los minerales de ganga presentes en la mina Animón son: Ocurre en cristales prismáticos hexagonales bipiramidales y en granos anhedrales, rellena cavidades y fracturas, es de color incoloro a blanco, brillo vítreo; se asocia frecuentemente a pirita y calcopirita. Es un mineral de amplia distribución acompañando a los minerales de mena.

### **Calcita (C03Ca):**

Se presenta en cristales romboédricos de color blanco, a veces ocurre en forma masiva asociada a baritina, rodocrosita, galena, etc. Suele también presentarse en bandas irregulares o en venillas rellenas de fracturas.

### **Pirita (S2Fe):**

Ocurre en forma masiva y cristalizada con una distribución diseminada en la mena metálica y en las paredes rocosas, su incremento en proporción índice una disminución parcial de valores de plata, está asociada a cuarzo esfalerita y calcopirita.

**Rodocrosita (C03Mn):**

Generalmente se presenta en forma masiva formando bandas irregulares de color rosado, a veces se distribuye en forma diseminada rellenando los intersticios de los granos de galena y esfalerita; se asocia a los minerales de calcita, baritina y cuarzo. Las bandas de rodocrosita son consideradas como guía mineralógica que evidencia la ocurrencia de altos valores de plata.

**Calcopirita (S2CuFe):**

Por lo general ocurre en masas compactas y en forma cristalizada (octaedros), posee un color amarillo latón, raya negra verduzca; comúnmente se asocia a granos de esfalerita marmatítica, pirita y cuarzo. Este mineral es relativamente escaso en los niveles superiores, pero hacia los niveles inferiores (Nv. 390 y 355) se apreciaba un incremento de sus valores (mayores de 0,8 % Cu), lo cual hace posible su pronta conservación en mineral de mena.

**Rodonita (MnSi03):**

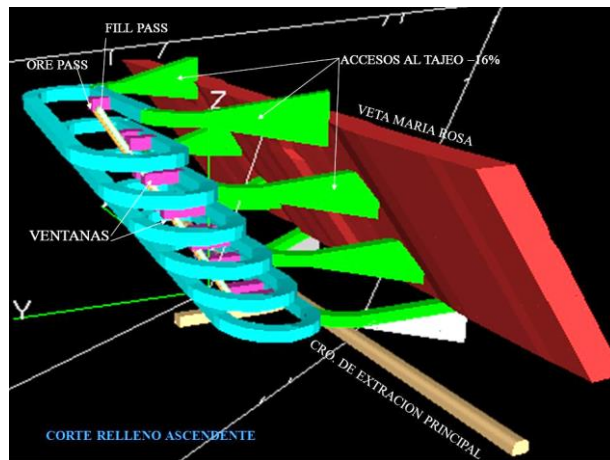
Es un mineral del grupo de los silicatos, subgrupo inosilicatos y dentro de estos pertenece a los piroxenas.

Químicamente es un silicato de manganeso, en el que este último puede estar sustituido por hierro, magnesio o calcio en series de solución sólida con otros minerales. Se presenta en masas espáticas granuladas o en granos diseminados, muy raramente en cristales tabulares. Color rosa rojizo característico, pero que puede cambiar a marrón-negro cuando queda expuesto a la intemperie.

#### **4.4. Métodos de explotación.**

##### **Método de corte y relleno ascendente**

El corte y relleno ascendente (C&RA), se caracteriza en hacer rebanadas horizontales de 2,5 m a 3 m de longitud; en la mina Animan se usa para las perforaciones un Jumbo - modelo Quasar 1 F, con cortes que varían de 3,0 m x 3,0 m hasta 13,0 m x 5,2 m de sección. Lo relevante de la aplicación de éste método en la mina Animon está en la perforación horizontal (Breasting), es decir que después de realizar un corte se entra a la etapa del relleno hidráulico, dejando una luz de 0,50 m como estándar, que servirá de cara libre para el corte superior.



*Corte y relleno ascendente en la mina Animon. UO Chungar*

#### Dimensionamiento del tajo:

- Longitud: 150m.
- Alto: 60 m.
- Ancho: 3 a 12 m.

#### Preparaciones:

- Rampa de acceso en "Z" (3,5 m x 3,0 m).
- 01 chimenea para echadero de mineral (1 ,5 m x 1,5 m).
- 02 chimeneas de servicio (1 ,2 m x 1 ,2 m).
- 02 acceso de la rampa a la veta (3m x 3m).

#### Explotaci3n:

- Perforaci3n horizontal (Bresting) con jumbo.
- Voladura con explosivos de baja densidad (ANFO).
- Acarreo con scooptrams de 3,5 y 6 yd<sup>3</sup>
- Relleno detrítico y/o relleno hidrÁulico.



El block de mineral tiene una altura de nivel a nivel de 50 m y una longitud de 150 m. Para poder minar el tajo se diseñan dos (02) accesos, con una gradiente tanto de 15% (-) y 15 % (+), para ambos, se logren minar los 50 m de altura y los 150 m de longitud que tienen los blocks de mineral, 75 m para cada lado del acceso (E-W)

#### **Ventajas del método corte y relleno ascendente.**

- Buena selectividad y productividad (14t/hg).
- Ofrece seguridad para el personal y equipos.
- Alto grado de mecanización.
- Control de sobre dilución.
- Recuperación de 90 %.

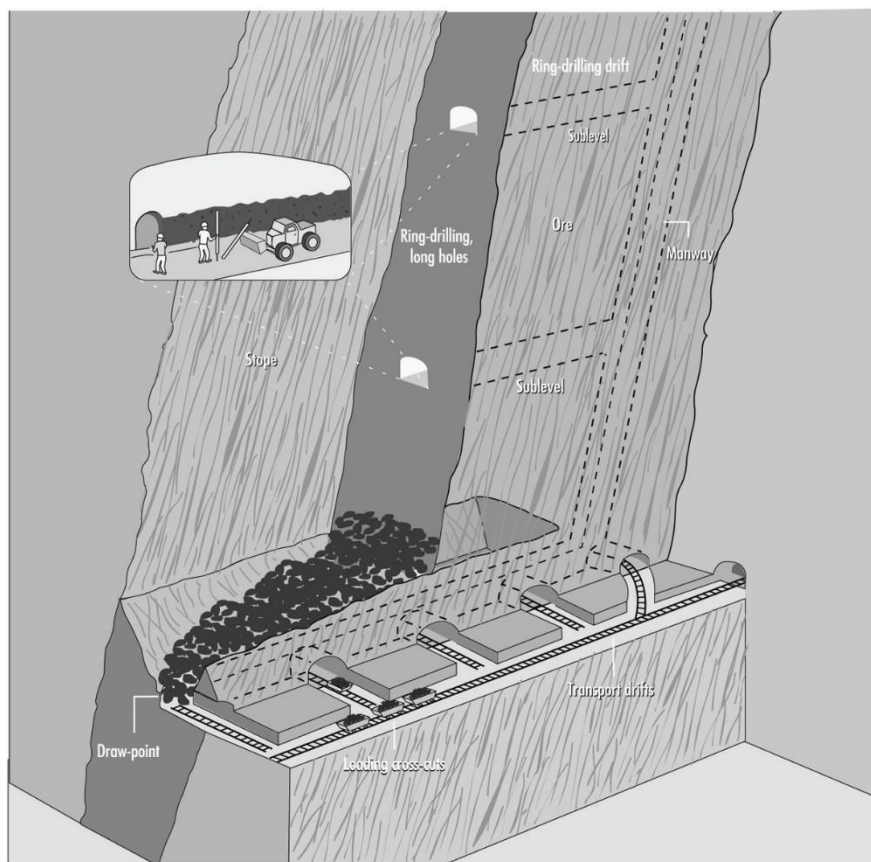
Desventajas del método corte y relleno ascendente.

- Sostenimiento riguroso (pernos y/o Shotcrete).
- Mayor avance en preparaciones.
- Costos de explotación US\$/t 11 ,6.
- Bajo rendimiento a falta de relleno inmediato.

#### **Método de taladros largos (Sub Level Stopping)**

La mina subterránea Chungar en periodos anteriores fue explotada con métodos de explotación convencionales tales como Corte y Relleno Ascendente (con relleno Detrítico), obteniéndose con estos métodos, altos costos operativos y baja productividad lo cual

conllevo a un resultado económico negativo. La aplicación de un método masivo de explotación subterránea, garantiza que con la mecanización de las operaciones en Mina Chungar, se obtendrán bajos costos operativos de producción y alta productividad. El objetivo es explotar por el método Sublevel Stopping (Taladros Largos) el mineral insitu.



Dimensionamiento del tajo:

- Longitud: 75 m.
- Alto: 50 m.
- Ancho: 3 a 12 m.

#### Preparaciones:

- Tajos de 250 m. longitud y una altura de 50 metros.
- Se construye una rampa en estéril para dar accesibilidad a los subniveles de perforación 1 y 2.
- Construcción de chimenea en la parte central del block, para eliminación del desmonte.
- Los cruceros de extracción de mineral se construirán cada 11.75 de eje a eje entre cruceros, solo en el nivel de extracción.
- Los cruceros de perforación de mineral se construirán cada 20 metros de eje a eje entre cruceros, tanto en el nivel base e intermedios.

#### Explotación:

##### Perforación

- Perforación con equipo Speider de alcance 25 m.
- Malla: espaciamiento de 1.2 y un Burden de 0.7 metros.

##### Voladura

- Carguio con Emulnor 3000 e iniciador detonante no eléctrico (FANEL) de periodo corto.
- La cara libre se ejecuta mediante una chimenea.

##### Limpieza

- La limpieza del mineral se realiza con Scoop de 4 yd<sup>3</sup>

##### Sostenimiento

- Rampa con Split set de 7' espaciadas sistemáticamente con una malla de 2m x 2m.
  - Subnivel con pernos Split set de 7'.
- Transporte
- El transporte del mineral de mina a planta se realiza por medio de volquetes de 15 m<sup>3</sup> de capacidad.

### **Ventajas del método Taladros largos (Sub Level Stopping)**

- El método de tajea por subniveles es muy manejable con la mecanización, y por lo tanto los tajeos son de alta eficiencia.
- El método es seguro y son fáciles para ventilar,
- Recuperación de mineral superior al 90 %. La dilución puede estar debajo del 20 %.
- Las voladuras pueden ser realizadas una vez a la semana.

### **Desventajas del método Taladros largos (Sub Level Stopping)**

- El método requiere una alta inversión de capital.
- El método no es selectivo y requiere que la mayor parte del cuerpo sea mineral.
- El método llega a ser muy ineficiente en bajas pendientes.

## **CAPITULO V**

### **CONDICIONES DE SITIO**

El sistema de bombeo de 02 etapas se ubica dentro de la mina Animón, se ubican 02 cámaras de bombeo en el nivel 050 y 02 cámaras de bombeo en el nivel 355, las condiciones ambientales del presente proyecto se inscriben a las mismas condiciones de interior mina, en donde se tienen las siguientes condiciones:

Temperatura promedio: 20 grados centígrados

Humedad: 98 %

Altura: 4050 msnm

Lugar en donde se desarrolla es confinado, se accede a mina vía caminos de acceso para vehículos y es muy necesario efectuar la ventilación forzada.

Para la superficie se presenta el siguiente cuadro en donde se especifica la condición de sitio:

<b>Condiciones</b>	<b>Valor</b>	<b>Fuente</b>	<b>Comentarios</b>
Precipitación media anual, año promedio, mm	1 299	Hidrología del Área del Depósito de Relaves – estudio de factibilidad para la rehabilitación de la laguna Naticocha Centro (versión 4), Golder, Setiembre 2013	elevación referencial: 4 600 msnm
Evaporación media anual, en bandeja, año promedio, mm	985	Hidrología del Área del Depósito de Relaves – estudio de factibilidad para la rehabilitación de la laguna Naticocha Centro (versión 4), Golder, Setiembre 2013	elevación referencial: 4 600 msnm
Temperatura media mensual, °C	11,7	Hidrología del Área del Depósito de Relaves – estudio de factibilidad para la rehabilitación de la laguna Naticocha Centro (versión 4), Golder, Setiembre 2013	
Precipitación promedio probable, mm - mensual	108	Hidrología del Área del Depósito de Relaves – estudio de factibilidad para la rehabilitación de la laguna Naticocha Centro (versión 4), Golder, Setiembre 2013	

## **5.1. Condiciones Generales de sistema de Bombeo**

El proyecto propuesto a continuación requiere del reordenamiento del sistema de bombeo completo, haciendo que las 12 cámaras principales de bombeo, que constituyen el sistema actual, pasen a ser solo 4 cámaras principales.

Se instalarán bombas GIW 6x8 enseriadas en números de 4 y 3 de la siguiente manera:

### **Pique Montenegro**

- NV 050: 2 trenes de titulares de 4 bombas con motores de 500 hp y capacidad de 300 lps; y un tren de stand by de 4 bombas con motores de 500 hp y capacidad de bombeo de 300 lps.
- NV 355: 2 trenes de titulares de 3 bombas con motores de 550 hp y capacidad de 300 lps; y un tren de stand by de 3 bombas con motores de 550 hp y capacidad de bombeo de 300 lps.

### **Pique Esperanza**

- NV 050: 2 trenes de titulares de 3 bombas con motores de 500 hp y capacidad de 300 lps; y un tren de stand by de 3 bombas con motores de 500 hp y capacidad de bombeo de 300 lps.

- NV 355: 2 trenes de titulares de 4 bombas con motores de 500 hp y capacidad de 300 lps; y un tren de stand by de 4 bombas con motores de 500 hp y capacidad de bombeo de 300 lps.

### **5.1.1. De las Bombas**

#### **Pique Montenegro**

Las bombas a utilizar son bombas de marca GIW modelo 6x8, tienen una capacidad de poder bombear fluidos hasta con 60% de contenidos de sólidos, en el presente proyecto la limitante es la disponibilidad de potencia, por lo cual el porcentaje de sólidos máximo a bombear es de 15%, lo normal que se bombea actualmente es entre 4 a 6%, estas bombas se utilizan actualmente en mina, por lo cual tendríamos un estándar en bombas, cada bomba puede brindar una altura dinámica de 70 metros como máximo, según manual, pero su carcasa se puede seleccionar para soportar presiones equivalentes a 400 metros, en el apéndice se adjunta curvas y catálogos de bombas 6x8.

- NV 050: 2 trenes titulares y 1 de stand by de 4 bombas; total 12 bombas.
- NV 355: 2 trenes titulares y 1 de stand by de 3 bombas; total 9 bombas.



## **Pique Esperanza**

- NV 050: 2 trenes titulares y 1 de stand by de 3 bombas; total 9 bombas.
- NV 355: 2 trenes titulares y 1 de stand by de 4 bombas; total 12 bombas.

Son 21 bombas para el Pique Montenegro y 21 bombas para el Pique Esperanza; 42 bombas GIW 6X8 en total.

Adicional a esto se considera una bomba de alta presión (desplazamiento positivo CAT) para cada tren de bombas haciendo un total de 12 bombas de Alta presión, que se utilizara para lubricar los sellos mecánicos de cada una de las bombas 6X8, estas últimas requieren de agua limpia para su proceso.

El proyecto del sistema de bombeo se ha configurado para su ejecución en 02 grandes etapas, la primera etapa se efectuará el año 2015 solo la línea Montenegro, la segunda etapa será el 2016 por el pique Esperanza.

El arranque del nuevo sistema de bombeo para el 2015, será por etapas para lo cual se deberán de comprar para la línea Montenegro un total de 14 bombas con sus respectivos motores de 500 y 550 Hp y sus tableros de arranque, los restantes serán tomadas del sistema actual en forma gradual, según se vayan desactivando las bombas según planificación y cronograma de

actividades; esto con el objetivo de reutilizar los activos con que cuenta la empresa y no parar las operaciones de bombeo, asegurando continuidad operativa.

### **5.1.2. De los Motores y Tableros Eléctricos**

Para el ala Montenegro, en año 2015, se comprarán 12 motores de 500hp con tableros eléctricos de arranque (estrella – triangulo) y 09 motores de 550hp con tableros eléctricos de arranque (estrella – triangulo). Se utilizará estrella triangulo por ser el mejor sistema eléctrico de arranque que ha dado resultado en Mina debido a las condiciones de operación severas.

Para el ala Esperanza, se comprarán en el año 2016, 21 motores de 500hp con sus tableros eléctricos de arranque (estrella-triangulo).

Para cada motor eléctrico se configura su respectivo tablero eléctrico, el cual permitirá el arranque de manera secuencial, el cual estará calibrada y controlada por un PLC master y sus respectivos Slaves.

### 5.1.3. De los Laboreos

Para la línea Montenegro se construirá 02 cámaras de bombeo en el nivel 050 y 02 cámaras de bombeo en el nivel 355, cada una con un volumen de 870 m<sup>3</sup> de excavación, en cada nivel (050 y 355) se construirá adyacente a su cámara de bombeo 01 poza de acumulación de agua, cada poza tendrá un volumen para escavar de 3800 m<sup>3</sup>, se construirán también para cada nivel 01 sala eléctrica de 780 m<sup>3</sup> de volumen a excavar, así mismo se efectuará el laboreo minero para 02 Sub estaciones eléctricas (01 para cada nivel) en donde se moverán de 980 m<sup>3</sup>, se construirá un RB desde el nivel 050 nuevo de 1.8 m de diámetro por una altura de 100 metros, moviendo un volumen de material de 300 m<sup>3</sup>, también se tiene laboreo minero para la generación de accesos para las cámaras de bombas y pozas siendo para el nivel 050 de 6800 m<sup>3</sup> y para el nivel 355 de 7500 m<sup>3</sup>, el laboreo minero tendrá la secuencia de construcción para cada nivel de la siguiente manera:

- Laboreo de accesos para en nivel 050 es 6mx6mx190m
- Laboreo de accesos para el nivel 355 es de 6mx6mx210m
- 02 Cámaras de bombas en el nivel 050
- 02 Cámaras de bombas en el nivel 355
- 01 poza de acumulación de agua en el nivel 050
- 01 poza de acumulación de agua en el nivel 355
- RB de 1.8 m de Diámetro desde el nivel 050 al nivel 150

El proceso de laboreo minero, es la excavación para lograr los espacios necesarios para efectuar la instalación del sistema de bombeo, el laboreo minero se ejecuta en un plazo de 11 mese (se inició en junio del 2014 y se proyecta termino mayo 2015), el área a cargo de la ejecución del laboreo es Mina Chungar, con responsable Ing. Humberto Ticona.

A continuación, un resumen de los volúmenes del laboreo minero

NIVEL 050	CANTIDAD	M3	TOTAL M3
Cámara de bombas	2	870	1,740
Poza de agua	1	3,800	3,800
Sala eléctrica	1	780	780
Sub estación eléctrica	1	980	980
Accesos	1	6,800	6,800
RB 073 B	1	300	300
			14,400

NIVEL 355	CANTIDAD	M3	TOTAL M3
Cámara de bombas	2	870	1,740
Poza de agua	1	3,800	3,800
Sala eléctrica	1	780	780
Sub estación eléctrica	1	980	980
Accesos	1	7,500	7,500
			14,800

**29,200**

#### 5.1.4. De las pozas

Se deberán preparar para cada una de las 04 cámaras de bombeo, para las líneas de Esperanza y Montenegro, 01 poza de almacenamiento que permita una autonomía de bombeo cada una

de 1 hora, de 2300 m<sup>3</sup> de capacidad, las dimensiones de las pozas son de sección 6m x 6m con una longitud de 105m. Se presenta un diseño que permitan ser limpiadas sin afectar la operación del sistema, su superficie interna tiene una gradiente de 5 grados de inclinación que permite la menor sedimentación de sólidos y contar con cámaras de succión independientes para cada línea de bomba, así mismo contar con el siguiente equipamiento:

- Escalera de acceso hacia muro superior
- Pasarela de inspección en la zona superior
- Tubería de drenaje de 6" Diam. que permita purgar la poza, mediante válvula compuerta.
- Indicador de nivel de Poza
- Rebose de poza hacia cuneta

Para el caso de la línea de Montenegro, la poza a instalarse en el nivel 050, recibirá los flujos mediante tuberías de HDPE desde los niveles inferiores al 050 que bombean mediante bombas sumergibles. La poza en el nivel 355 recepción los flujos a la descarga de la tubería de 18" que llega del nivel 050 y algunas acometidas de HDPE de su nivel.

### **5.1.5. De los Raise Bore (RB)**

En la línea de Montenegro se utilizará 02 RBs existentes y se construirá 01 RB nuevo, que permitan el tendido de tuberías de acero de diámetro 18" en 3 líneas paralelas con sus respectivos sets de parrillas cada 3 metros y escaleras, las cuales se instalarán alternadamente para poder tener acceso a los sectores de las tuberías y efectuar mantenimiento.

Primer RB, Desde el nivel N50 se construirá el RB 73 B nuevo de 1.8 m de diámetro hasta el nivel 150.

Segundo RB 73 existente va desde el nivel 150 hasta el nivel 200, tiene un diámetro de 1.8m.

Tercer RB 73 existente va desde el nivel 200 hasta el nivel 310, con un diámetro de 1.8m.

Continúa por la chimenea-05 desde nivel 310 al nivel 355, y desde el nivel 355 hasta superficie que es el nivel 610, siendo la cota total de 568 m.

### **5.1.6. De las Cámaras para Bombas**

Para la línea de Montenegro, se prepararán 02 cámaras de bombas con sus respectivas pozas, primera cámara en nivel 050, la segunda cámara en el nivel 355, cada cámara debe de tener la

dimensión ancha 9.95m, largo 16m y alto de 5.45m, el cual tendrá revestimiento de concreto mediante procedimiento Schocrete y piso enlozado con sus respectivas cunetas y canales de drenaje.

También, la cámara de bombeo será colindante con su poza, deberán de contar con 25000 cmf de ventilación, acceso a las cámaras de succión, iluminación necesaria, instalar puente de grúa de 10 ton.

En cada una de las cámaras se instalarán 03 trenes de bombas en sus respectivas bases de concreto, las tuberías de succión de las bombas y el manifold de descarga para las tres tuberías.

#### **5.1.6. De las cámaras para salas eléctricas**

Las cámaras para las salas eléctricas, en el caso de línea Montenegro, serán 02 y se ubicarán en el nivel 050 y 355 respectivamente. La sala eléctrica del nivel 050 estará ubicada a 25 metros de la cámara de bombas en la rampa 125, sus dimensiones ancho 12m, largo 12m y alto de 5.45m, sus paredes será protegida con concreto tipo schocrete, piso en loza de cemento con sus respectivas canaletas para el cableado eléctricos de tableros, cunetas de drenaje, iluminación necesaria, ventilación de 15000 cfm, para las maniobra solo se instalaran cáncamos en el techo, la sala eléctrica

en el nivel 355 estará ubicada a 30 metros en el cruce 355 sus dimensiones e infraestructura serán similares a la del nivel 50.

En la sala eléctrica del nivel 050 se instalarán 12 tableros eléctricos de arranque tipo estrella triangulo, con sus respectivos módulos de control.

En la sala eléctrica del nivel 355 se instalarán 09 tableros eléctricos de arranque tipo estrella triangulo, con sus respectivos módulos de control.

#### **5.1.7. De las Cámaras para Sub estaciones Eléctrica**

Se deberá de construir 02 subestaciones eléctricas, en donde se reducirá el voltaje de media de 4.16 kv a baja tensión de 440 v, que alimentaran finalmente a los motores eléctricos, las Cámaras para las sub estaciones deberán de tener las dimensiones de ancho 6 m, largo de 30 m y altura de 5.45m, en estas cámaras se protegerán con concreto tipo schocrete, tendrán pisos de loza, contaran con sus respectivas canaletas para el cableado, y canaletas de drenaje.

En la cada sub estación se instalarán 03 transformadores de 2.3 kva con reducción 4.16kv a 440v, sus respectivas celdas de interrupción principales, y banco de condensadores, así mismo cada



Subestación eléctrica contara con muros cortafuegos y pozas de recepción aceite.

## **5.2. Condiciones del proceso de bombeo**

El proceso de bombeo de 02 etapas en la línea de Montenegro se inicia en las labores de niveles debajo del 050, en donde las aguas son captadas a través de las pozas temporales y son bombeadas mediante bombas sumergibles hacia la poza 050, el agua de mina en la poza 050 llega en 8% de porcentaje de sólidos en peso, gravedad específica promedio de 1.05, caudal de 600 lps, a una temperatura promedio de 25 grados centígrados.

El agua en la poza 050 tendrá sedimentación mínima, por lo cual se proyecta una limpieza anual, no se permitirá sedimentación ya que se instalará sistema de remoción de agua de poza. El agua de la poza seguirá el flujo a través de la succión de la primera bomba 6x8 la cual elevará la presión a un equivalente en 77.8 m (cabeza), la segunda bomba 6x8 elevará hasta un equivalente de 155.6 m (cabeza), la tercera bomba 6x8 elevará hasta una altura equivalente de 233.25 m (cabeza) y la cuarta bomba la elevará hasta una altura equivalente de 314 m llegando a la poza del nivel 355.

En la poza del nivel 355 no se efectuará sedimentación, pues también serna instalados sistema de agitación de agua, también se

diseña para limpieza anual, el porcentaje de solidos no varía manteniéndose en 8% al igual que las demás características. El agua seguirá la trayectoria de la succión de la primera bomba la cual elevará la presión hasta el equivalente de 89.3 m (cabeza), la segunda bomba elevará la presión hasta el equivalente de 178.67 m, la tercera bomba elevará la presión hasta un equivalente de 268 m llegando al nivel 610 la cual se descarga a superficie, la cual será recepcionada en la poza de tratamiento de superficie esperanza.

Las cámaras de bombas y las pozas tendrán 01 operador para cada nivel 050 y 355 respectivamente por turno, cada tren funcionara en promedio 16 horas diarias, de los 03 trenes de bombas 02 trenes operan y 01 queda en stand by, lo mismo las líneas de impulsión, el control será manual a través de la válvula de descarga electromecánica de 18", cada cámara de bombas tendrá Instrumentacion para monitoreo a mediante software scada y pantalla HMI las cuales será ubicadas en la cámara de bombas con repetidores en portal vantage point para que los usuarios de superficie tengan acceso a las lecturas de flujos, presiones, temperatura y vibraciones.

### **5.3. Condiciones del Agua a Drenar**

Caudal: 600 lps (por bomba)

ADT: 314 m +268 m

Cantidad: sistema bombas GIW 6x8 en tres trenes en paralelo, cada tren con tubería de 18" de diámetro, individual de impulsión.

Agua: 6 000 ppm de sólidos en suspensión

Gravedad específica de sólidos: 2,6

Densidad: 1,01

pH: 7

Motores Eléctricos WEG EEE841 Severo Duty, con buen desempeño comprobado en el ambiente de la operación existente.

### **5.4. Sistema de Sedimentación**

La sedimentación es un proceso muy necesario, las partículas que se encuentran en el agua pueden ser perjudiciales en los sistemas o procesos operativos de la industria en general, y operaciones mineras, en especial, ya que altos contenidos de sólidos suspendidos (TSS), inhiben los procesos biológicos, además en el caso de la minería se tiene que cumplir con dispositivos legales ambientales de vertimientos (D.S. N° 010-2010-MINAM), siendo el máximo permisible de contenidos de sólidos de 50 mg/l.

Para el desarrollo de este estudio, se considera necesario conocer las características de sedimentación que permitan dimensionar las pozas de sedimentación y poder obtener una buena calidad de agua sobrenadante. Por este motivo es necesario tomar las muestras de agua de mina y realizar pruebas a nivel de laboratorio. De sedimentación libre.

## **CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

La operación más usada en el tratamiento de aguas es la sedimentación mediante el asentamiento gravitacional de las partículas en suspensión más pesadas que el agua. Este proceso se llama sedimentación simple y es el que se utilizará en este caso. El sedimentador tiene por objeto separar del agua partículas inferiores a 0,20 mm y superiores a 0,05 mm, es decir cuando se encuentra en un régimen laminar, donde gobierna la ley de Stokes; según sus fórmulas principales que se deben detallar en un estudio de factibilidad.

De los ensayos de laboratorio realizados por Golder en proyectos similares, se estima el diámetro de partículas promedio según el tamaño de malla, con este valor del tamaño de partícula mediante la ecuación de Stokes, podemos saber la velocidad de sedimentación. (Ver Anexo A – Tabla para Cálculo de Velocidad de Sedimentación)

## **CRITERIOS PARA UN SEDIMENTADOR**

Para completar el diseño de sedimentadores para la mina Chungar, se debe desarrollar un estudio a nivel de factibilidad, con datos de partida para su dimensionamiento que debe comprender las siguientes actividades:

1. Muestrear las aguas a sedimentar, en los puntos de captura de agua de mina y realizar los siguientes ensayos de laboratorio:
  - Análisis granulométrico.
  - Contenido de sólidos.
  - Gravedad específica de los sólidos en suspensión.

De los ensayos de laboratorio se obtiene el diámetro de partículas promedio según el tamaño de malla, con este valor del tamaño de partícula mediante la ecuación de Stokes podemos saber la velocidad de sedimentación. (Ver Anexo A - Tabla para Cálculo de Velocidad de Sedimentación).

2. Definir la selección de sitio para los sedimentadores, de acuerdo al flujo de las escorrentías y drenajes de relleno hidráulico.
3. Medir el caudal de las aguas a sedimentar, determinado preliminarmente la dimensión del ancho del sedimentador.

4. Finalmente realizar los cálculos, y determinar las dimensiones finales de la poza de sedimentación.

Con el valor de la velocidad de sedimentación y la altura del agua en la zona de sedimentación, se obtiene el tiempo de sedimentación, considerando una velocidad del agua dentro del sedimentador que debe estar comprendido entre 0,10 y 0,5 m/s procurándose que sea uniforme y que exista un mínimo de turbulencia. Sin embargo, cuando el agua está en movimiento existe una turbulencia que retrasa el descenso de las partículas incrementándose la longitud del sedimentador.

### **ESTIMADO DE POZA DE SEDIMENTACIÓN**

Con el fin de cumplir con el Trade Off de este estudio, se proyecta a nivel conceptual un tipo de sedimentador convencional para partículas sólidas discretas.

Para los criterios de diseño, se han considerado los siguientes rangos experimentados.

#### **Datos principales considerados del agua de mina**

	Datos
Temperatura	15 °C
TSS (máximo)	6 088 ppm
% de sólidos	0,61
Malla # 200	9,30 (% en peso)
Gravedad específica	1,05

## **Velocidad de Sedimentación (Vs.) y Diámetro de Partículas**

Diámetro (mm)	Vs. (mm/s)
1,0	100
0,5	53
0,2	21
0,1	8
0,08	6

Se escoge la partícula de diseño, se considera un buen tamaño de 0,2 mm y Vs.= 21 mm/s, muy comúnmente se diseña con este valor.

- Tamaño promedio de partículas. = 0,2 mm.
- Velocidad de sedimentación = 21 mm/seg.

## **Relaciones de ancho (W) y largo (L)**

Las relaciones más experimentadas son:

$$L/W = 3 / 1 \text{ a } 5 / 1$$

- La relación 3/1, busca economía.
- La relación 5/1, busca eficiencia.

Para nuestro caso se establecerá la relación 3/1.

## **Caudal de las Aguas de Mina (Q)**

De acuerdo al flowsheet del sistema de bombeo, los caudales bombeados desde el nivel 100 hasta superficie son:

Pique Esperanza: 319

Pique Montenegro: 330

Conocidos los datos de caudal y velocidad de sedimentación, el área será.  $A = Q / V_s$  (Q=600 lps,  $V_s$ . 21 mm/s)

$$A = 28,57 \text{ m}^2$$

Factor de diseño 1,2

$$A = 34,28 \text{ m}^2, \text{ se considera } A = 35 \text{ m}^2$$

Relación de ancho (W) y largo (L) establecido de 1/3, resulta:

$$\text{Con } W = 4 \text{ m, } L = 8,75 \text{ m.}$$

Definimos las medidas en :

$$\text{Ancho } W = 4 \text{ m.}$$

$$\text{Largo } L = 9 \text{ m.}$$

### **Manejo de Lodos**

Para el manejo de lodos, en cada ubicación de las pozas de sedimentación, se ha considerado tres pozas para acumulación de los lodos; para su manejo se está considerando una infraestructura de instalación de bombas sumergibles, con una viga monorriel para su operación, la cual se realizará cada vez que sea necesario retirar los lodos.

Su disposición final, se estima utilizarlo en los rellenos detríticos, que complementan los rellenos hidráulicos en operación actual, para los cual es necesario realizar un plan piloto con este objetivo, en un nuevo nivel de ingeniería, que se debe desarrollar, luego de evaluar el presente estudio conceptual.

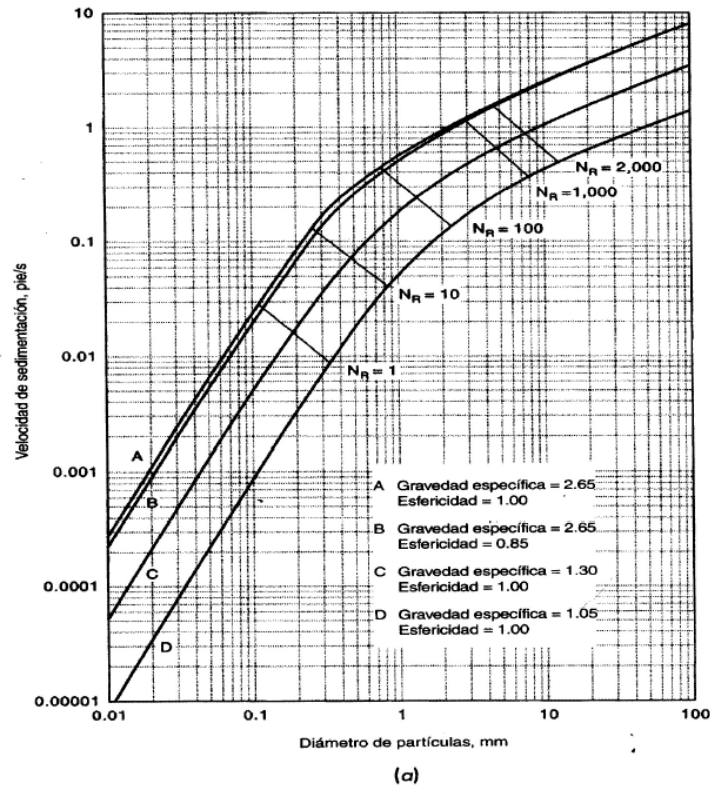


### **Nueva tecnología de sedimentación laminar de flujo ascendente**

Se ha investigado una tecnología avanzada, para sedimentadores compactos, dentro la tecnología de sedimentadores laminares de flujo ascendente de aguas con sólidos.

Al respecto, la empresa Nordic Water ha desarrollado una tecnología de equipos compactos para sedimentar aguas con sólidos, que para este proyecto, resultaría una opción muy importante para ser instalado en interior de la mina, así también en superficie, con la finalidad de lograr los LMP, establecidos por dispositivos de Medio Ambiente. (DS. N° 010-2010-MINAM)

Este equipo requiere un espacio 7,6 m. x 3,2 m. y una altura de 6,5 m (158 m<sup>3</sup>), que se puede adecuar en interior mina.



**FIGURA 5.16**  
Velocidades de sedimentación para partículas de varios tamaños bajo diferentes condiciones: (a) velocidad de sedimentación en pies/s contra diámetro de partícula en mm.

## 5.5. Parámetros de operación

Se realiza el siguiente cálculo de las tasas de metro cúbico de agua que se utilizará para el sistema de bombeo:

$$Tasa\ nominal\ de\ agua\ por\ hora = \frac{Tasa\ promedio\ de\ agua\ por\ hora}{Disponibilidad\ del\ sistema\ de\ bombeo}$$

$$Tasa\ de\ diseño\ de\ agua\ por\ hora = Tasa\ nominal\ de\ agua\ por\ hora \times factor\ de\ diseño$$

En dónde:

Disponibilidad del sistema de bombeo de agua: 100%

Factor de diseño: Es un coeficiente de seguridad, que es el cociente entre el valor calculado de la capacidad máxima de un sistema y el

valor del requerimiento esperado real a que se verá sometido, por esta razón este número es mayor a uno.

En este caso el factor está referido al flujo proyectado debido a la profundización de la mina que se indica en el flowsheet de bombeo proporcionado por Chungar.

Factor de diseño = 1,6

El flujo proyectado y las características del fluido a bombear están descritos a continuación

Capacidad de operación	Valor	Unidad
Flujo Nominal	750	lps
Factor de Diseño	1,6	
Flujo de Diseño	1 200	lps
Contenido de Sólidos Máximo (peso)	6 088	ppm
Gravedad Especifica	1,05	
Temperatura del Fluido	15	°C
Profundidad Máxima	550	m
Horas programadas al día	24 / 7	-

Análisis Granulométrico		
Malla N°	% Peso	Acumulado
+140	16.28	16.28
+200	9.30	25.58
+270	13.95	39.53
+325	14.73	54.26
-325	45.74	100.00

## **CAPITULO VI**

### **DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LAS ALTERNATIVAS**

Las alternativas consideradas para el sistema de bombeo son:

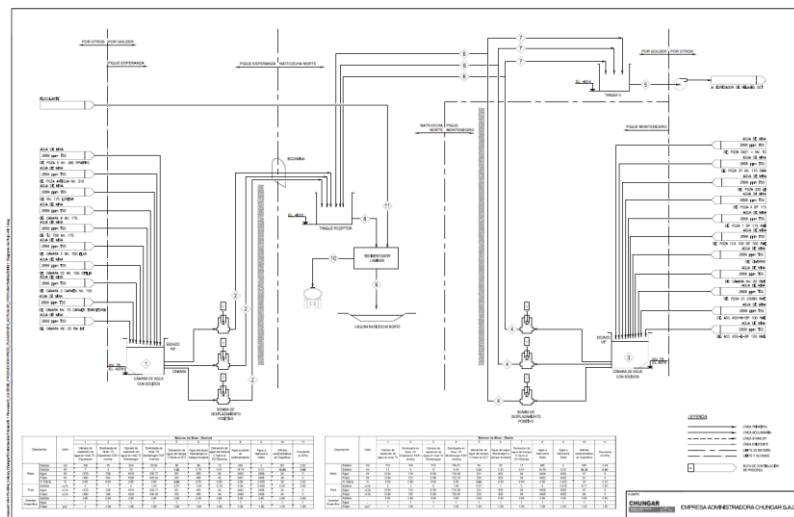
- Bombeo de agua sin sedimentar en una sola etapa con bombas de desplazamiento positivo, manteniendo los sólidos en suspensión de 3 000 ppm hasta un máximo de 6 000 ppm, que cada bomba debe soportar.
  
- Bombeo de agua sedimentada en dos etapas con bombas centrífugas.

Para ambas alternativas de bombeo se consideran tres líneas de impulsión, con la finalidad de facilitar su instalación en los raise bore de ventilación.

La cota referencial es de 4 200 msnm, que corresponde al nivel 75 de la mina Chungar:

Los parámetros de diseño que se han considerado son los siguientes:

**Alternativa N° 1: Bombeo en una sola etapa de agua con sólidos**



**Pique Esperanza**

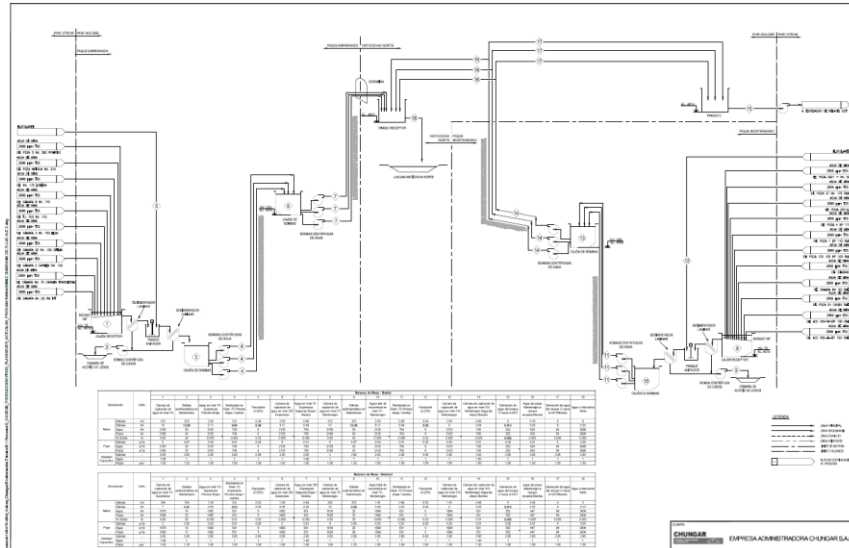
- Caudal: 200 lps (por bomba)
- TDH: 552 m
- Cantidad: un sistema de tres bombas en paralelo, cada bomba con tubería individual de impulsión.
- Agua: 6 000 ppm de sólidos en suspensión

- Gravedad específica de sólidos: 2,6
- Densidad: 1,01
- pH: 7
- Motor Marathon IEEEE841 Severe Duty, con buen desempeño comprobado en el ambiente de la operación existente.

### **Pique Montenegro**

- Caudal: 200 lps (por bomba)
- TDH: 556 m
- Cantidad: un sistema de tres bombas en paralelo, cada bomba con tubería individual de impulsión.
- Agua: 6 000 ppm de sólidos en suspensión
- Gravedad específica de sólidos: 2,6
- Densidad: 1,01
- pH: 7
- Motor Marathon IEEEE841 Severe Duty, con buen desempeño comprobado en el ambiente de la operación existente

## Alternativa N°2: Bombeo en dos etapas de agua sedimentada



### Pique Esperanza

#### 1ra. Etapa

- Caudal: 200 lps (por bomba)
- TDH: 243 m
- Cantidad: un sistema de tres bombas en paralelo, cada bomba con tubería individual de impulsión.
- Agua: 6 000 ppm de sólidos en suspensión
- Gravedad específica de sólidos: 2,6
- Densidad: 1,01
- pH: 7
- Motor Marathon IIEEE841 Severe Duty, con buen desempeño comprobado en el ambiente de la operación existente.

## **2da. Etapa**

- Caudal: 200 lps (por bomba)
- TDH: 309 m
- Cantidad: un sistema de tres bombas en paralelo, cada bomba con tubería individual de impulsión.
- Agua: 6 000 ppm de sólidos en suspensión
- Gravedad específica de sólidos: 2,6
- Densidad: 1,01
- pH: 7
- Motor Marathon IEEEE841 Severe Duty, con buen desempeño comprobado en el ambiente de la operación existente.

## **Pique Montenegro**

### **1ra. Etapa**

- Caudal: 200 lps (por bomba)
- TDH: 295 m
- Cantidad: un sistema de tres bombas en paralelo, cada bomba con tubería individual de impulsión.
- Agua: 6 000 ppm de sólidos en suspensión
- Gravedad específica de sólidos: 2,6
- Densidad: 1,01
- pH: 7
- Motor Marathon IEEEE841 Severe Duty, con buen desempeño comprobado en el ambiente de la operación existente.



## **2da. Etapa**

- Caudal: 200 lps (por bomba)
- TDH: 264 m
- Cantidad: un sistema de tres bombas en paralelo, cada bomba con tubería individual de impulsión.
- Agua: 6 000 ppm de sólidos en suspensión
- Gravedad específica de sólidos: 2,6
- Densidad: 1,01
- pH: 7
- Motor Marathon IEEEE841 Severe Duty, con buen desempeño comprobado en el ambiente de la operación existente.

### **6.1. Alternativa N° 1**

#### **Bombeo de aguas sin sedimentar, en una sola etapa**

Es un sistema de transporte por bombeo, de aguas no sedimentadas, utilizando 03 bombas de desplazamiento positivo en cada pique, con capacidad de 200 lps c/u, ubicado en el Nv 75, tanto para las estaciones de bombeo del sector del pique Esperanza, y del pique Montenegro, todas las aguas bombeadas llegarán al tanque colector ubicada en superficie en la elevación 4600 msnm aproximadamente. En el Nv 75 se realizarán obras mineras para la habilitación de galerías y las estaciones de bombeo.

- Para la estación principal de Esperanza se tiene proyectado la instalación de una o más tuberías de transporte en base al cálculo hidráulico. El recorrido se inicia en el Nv 75 pasando por la proyección de Rampa Mirko, RB 113, RB 62 y proyectar un nuevo RB desde la continuación del RB 62 desde el Nivel 200 hasta superficie, hasta llegar al Tanque Colector, operado actualmente por EACH (4600 msnm).
- Para la estación principal de Montenegro se tiene proyectado la instalación de una o más tuberías de transporte en base al cálculo hidráulico, El recorrido se inicia en el Nv 75 pasando por la proyección de Rampa Mirko, pasa por los RB existentes, RB 73B, RB 73, RB 73A, se habilitará un nuevo RB desde el Nivel 310 hasta superficie, hasta llegar al Tanque Colector (4600 msnm).

Para esta Alternativa N° 1, se usará cedazos de 1/8" como filtro-malla en la descarga de las tuberías de las bombas sumergibles en la cámara de agua, el filtro-malla será diseñado para el mantenimiento preventivo para una operación continua.

En superficie se habilitará un nuevo sistema de sedimentación laminar de flujo ascendente de agua con sólidos, los lodos serán transportados mediante camiones-cisternas, al depósito de relaves de Chungar.

## **6.2. Alternativa N° 2**

### **Bombeo de aguas sedimentada, en dos etapas**

Es un sistema de transporte por bombeo de aguas sedimentadas, ubicada la primera etapa en el Nv 75, utilizando bombas centrifugas multietápicas con dos etapas de bombeo, en cada pique, con capacidad de 200 lps c/u, para esta alternativa se ha proyectado un sedimentador y una nueva cámara de bombeo, tanto para las estaciones de bombeo del sector del pique Esperanza, y del pique Montenegro, y para la segunda etapa de bombeo se proyecta una sola cámara de bombeo en el Nivel 355 para Montenegro y la segunda etapa en el nivel 310 para Esperanza y desde estos niveles hasta superficie descargando en el tanque colector existente (4600 msnm).

- Para la estación principal, de bombeo 01 de Montenegro se considera la instalación de una o más tuberías de transporte en base al cálculo hidráulico. El recorrido se inicia en el Nv 75 pasando por la proyección de Rampa Mirko, luego pasa por las RB existentes, RB 73B, RB 73, RB 73A, hasta llegar a la estación de bombeo 02 de Montenegro, se habilitará un RB Proyectado desde el Nivel 355 (300 mts @ Nv 4 600 msnm) hasta superficie.
- Para la estación principal, de bombeo 01 de Esperanza, se considera la instalación de una o más tuberías de transporte en base al cálculo

hidráulico, El recorrido se inicia en el Nv 75 pasando por la proyección de Rampa Mirko luego pasa por las RB. existentes, RB 73B , RB 73 , RB 73A, hasta llegar a la estación de bombeo 02 de Esperanza nivel 310, se habilitará desde este nivel un RB Proyectado (300 m) hasta superficie, Nv 4 600 msnm.

Para esta alternativa se habilitará una cámara de sedimentación de las aguas de mina, y cámara de bombeo de agua, los lodos que se generen de la cámara de sedimentación serán trasladados con una bomba sumergible a tres pozas de lodos, que almacenarán preliminarmente, posteriormente se evaluará trasladar los lodos a labores abandonadas, así como utilizar los lodos con el relleno detrítico en el proceso de relleno hidráulico y se estima una máxima producción de lodos en cada pique de 12,9 t/h, de acuerdo al balance de masas.

### 6.3. Comparación de datos operativos de cada alternativa

Descripción	Alternativa N° 1 Sistema Transporte de 01 Etapa	Alternativa N° 2 Sistema Transporte de 02 Etapas
Trabajos de habilitación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se habilitarán cruceros y galerías para la instalación de la cámara de bombeo, para las dos estaciones de Esperanza y Montenegro (20 760 m3)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se habilitarán galerías y cruceros, para cámara de bombeo y poza de sedimentación en la primera etapa para estaciones de Esperanza y Montenegro (10 594 m3)</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>Para la segunda etapa se habilitarán galerías, y cruceros para una sola cámara de bombeo de estaciones de Esperanza y Montenegro (8 416 m3)</li> </ul>
Tipo de bomba.	Desplazamiento Positivo	Centrifuga Multietápicas
Flujo a bombear	800 -1 200 lps (Nominal-diseño)	800 -1 200 lps (Nominal-diseño)
Cantidad de bombas	01 Etapa <ul style="list-style-type: none"> <li>Esperanza 3 bombas (2 para flujo nominal y 3 para flujo proyectado).</li> <li>Montenegro 3 bombas (3 para flujo nominal y 3 para flujo proyectado).</li> </ul>	02 etapas (En pique Esperanza y Montenegro, 3 bombas) <ul style="list-style-type: none"> <li>Etapa N°1 - (3 para flujo nominal y 3 para flujo proyectado).</li> <li>Etapa N°2 - (3 para flujo nominal y 3 para flujo proyectado).</li> </ul>
Potencia Instalada de motores	1 126 kW cada bomba	746 kW cada bomba

#### 6.4. Resumen de longitud y tipo de tuberías

Debido a la existencia de tramos con tuberías de 10" instalado actualmente, se recomienda considerar tuberías independientes para cada bomba, según el cálculo hidráulico para el sistema de bombas. En el caso de utilizar una sola tubería para el transporte del agua sería de 24" la cual es difícil de manejar en interior mina, por los anclajes y soportes requeridos, debido a que las tuberías tendrían que ser ancladas en los raise bore y en rampas, por ello se opta por independizar las tuberías para cada bomba y cuya instalación y operación resulta más versátil para las operaciones.

Este sistema de tres tuberías en paralelo es el más factible técnicamente, sin embargo, el uso de una sola tubería también podría ser habilitada, con un posible ahorro de costos. Para esta etapa de comparación entre alternativas, no es necesario ver el tema en detalle, lo cual podría ser útil ver en la etapa de desarrollar la ingeniería de la alternativa seleccionada.

### **Alternativa N° 1**

Cada pique tendrá tres bombas con su tubería respectiva, tal como se describe a continuación.

Descripción	Longitud de tubería, m	Diámetro de tubería
Pique Esperanza	490	Carbon Steel 12" Sch40
	364	HDPE 12" SDR 13,5
Pique Montenegro	1100	Carbon Steel 12" Sch40
	74	HDPE 12" SDR 13,5

### **Alternativa N° 2**

Cada pique tendrá tres bombas con su tubería respectiva, tal como se describe a continuación.

Descripción	Longitud de tubería, m	Diámetro de tubería
Pique Esperanza 1ra etapa	350	Carbon Steel 12" Sch40
	112	HDPE 12" SDR 13,5
Pique Esperanza 2da etapa	352	Carbon Steel 12" Sch40
	40	HDPE 12" SDR 13,5
Pique Montenegro 1ra etapa	700	Carbon Steel 12" Sch40
	124	HDPE 12" SDR 13,5
Pique Montenegro 2da etapa	284	Carbon Steel 12" Sch40
	66	HDPE 12" SDR 13,5

## 6.5. Resumen de potencias eléctricas de cada alternativa

A continuación, se detalla las potencias eléctricas de las 2 alternativas.

Alternativa 01	Pique referencial	Caudal	Potencia absorbida, kW	Cantidad de bombas operando	Potencia absorbida total, kW
	Esperanza	Nominal	875	2	1750
		Proyectado	1176	3	3528
	Montenegro	Nominal	1413	2	2826
		Proyectado	1198	3	3594
	Total			Nominal	
			Proyectado		7391
Alternativa 02	Pique referencial	Caudal	Potencia absorbida, kW	Cantidad de bombas operando	Potencia absorbida total, kW
	Esperanza	Nominal	1158	2	2385
		Proyectado	1537	3	4847
	Montenegro	Nominal	1891	2	3630
		Proyectado	1596	3	4940
	Total			Nominal	
			Proyectado		9787

## 6.6. Análisis de consumo de energía del sistema de bombeo actual y de las alternativas proyectadas

Sistemas de bombeo	Caudal máximo de bombeo Lps	Potencia absorbida kW	Costo energético kW / m3	Costo operativo \$ / m3
Actual sistema instalado (*)	679	9329	4728	0.306
Alternativa N° 1	1200	7391	1843	0.105
Alternativa N° 2	1200	9787	1845	0.072

El sistema actual tiene una potencia absorbida de 9 329 kW con una capacidad de bombeo de 679 lps, la Alternativa N° 2 tiene una potencia absorbida de 9 787 kW pero con una capacidad de bombeo de 1 200 lps, el cual cuenta con bombas stand by y un sistema eficiente y confiable, en esta alternativa incluye el bombeo de los niveles inferiores que se ubican debajo del nivel 75.

El costo energético del actual sistema de bombeo es de 4 728 kW/m<sup>3</sup>, la Alternativa N° 2 tiene 1 844 kW/m<sup>3</sup>, sus costos operativos del actual sistema son de 0,306 \$/m<sup>3</sup>, la Alternativa N° 2 es de 0,072 \$/m<sup>3</sup>. Es por este análisis que se selecciona como mejor opción la Alternativa N° 2, el cual además tiene un mayor caudal de bombeo en 76% con respecto al sistema de bombeo actual.



## CAPITULO VII

### COSTOS

#### 7.1. COSTOS DE INVERSION (CAPEX)

Se muestra la siguiente tabla donde se resumen los costos de inversión (CAPEX) para cada alternativa.

Resumen	Alternativa N° 1 US\$	Alternativa N° 2 US\$
Costo directo total (CDT)	34 702 607	24 163 091
Costos indirectos (CI) (30% de los costos directos)	10 410 782	7 248 927
Costo de inversión inicial CAPEX	45 113 389	31 412 018
Costo total de operación OPEX (a VP, 12 %)	16 060 879	11 078 335
Costo total CAPEX + OPEX (a VP)	61 174 268	42 490 353

## 7.2. COSTOS DE OPERACIÓN (OPEX)

En las tablas siguientes se mostrará un resumen de los costos operativos (OPEX)

**Alternativa N° 1.-** Bombeo de aguas sin sedimentar, en una sola

etapa: Resumen de costo operativo de Alternativa N° 1 ( $\pm 30\%$ )

Flujo de agua anual bombeado 33 428 160 m<sup>3</sup>/año

Ítem	Descripción	Costo total anual (US\$)
I	Consumo energético	1 478 458
II	Consumibles	36 960
III	Transporte de lodos por cisterna	472 912
IV	Costo de mano de obra	207 840
V	Mantenimiento	1 102 544
VI	Eventuales	220 509
Costo total anual de operación		3 519 223
Consumo energético (kW / m <sup>3</sup> )		1,843
Consumo unitario de operación		0,105

**Alternativa N° 2.-** Bombeo de aguas sedimentada, en dos etapas:

Resumen de costo operativo de Alternativa N° 2 ( $\pm 30\%$ )

Flujo de agua anual bombeado 33 428 160 m<sup>3</sup>/año

Ítem	Descripción	Costo total anual (US\$)
I	Consumo energético	1 479 940
II	Consumibles	36 960
III	Costo de mano de obra	310 560
IV	Mantenimiento	500 000
V	Eventuales	100 000
Costo total anual de operación		2 427 460
Consumo energético (kW / m <sup>3</sup> )		1,845
Consumo unitario de operación		0,073

## **Cuadro comparativo del caso base y las alternativas, de costo energético y de operación**

De acuerdo a los OPEX del caso base actual y las dos alternativas, se tiene los siguientes índices:

Índices	Caso Base actual	Alternativa N° 1	Alternativa N° 2
Costo energético (kW/m <sup>3</sup> )	4,728	1,843	1,845
Costo unitario de operación (\$/m <sup>3</sup> )	0,306	0,105	0,073

Las dos alternativas planteadas, tienen menores costos unitarios, comparados con el caso base, significa que son más económicas, siendo la alternativa 2 la de menor costo de operación y energético.

### **7.3. SISTEMA DE EVALUACIÓN TRADE – OFF**

Se detalla el sistema de evaluación Trade Off, realizado para las dos alternativas planteadas para el sistema de bombeo de aguas de la mina Chungar.

Las alternativas consideradas para la calificación son las siguientes:

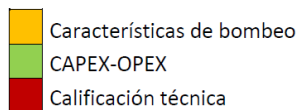
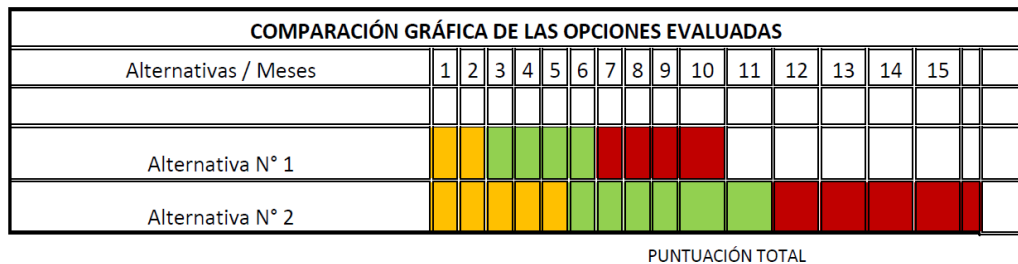
- Calificación por características de bombeo.
- Calificación económica.
- Calificación técnica.

El resumen de la calificación realizada, es la siguiente:

Alternativas de calificación	Alternativa N° 1	Alternativa N° 2
Características de bombeo	2,00	5,00
Análisis de CAPEX y OPEX	4,00	6,00
Calificación técnica	3,28	4,12
TOTAL	9,28	15,12

En base al puntaje total resultante, se ha establecido que la Alternativa N° 2 es la más favorable.

Comparación gráfica de las alternativas evaluadas del Trade Off



### DIRECTRIZ PARA EL TRADE- OFF

- Las consideraciones para determinar la mejor alternativa de bombeo son el costo de inversión y los costos operativos, y de energía, el manejo del agua recuperada, la selección de los equipos y contingencias.
- Se considera analizar las alternativas de ubicación de la estación de bombeo tratando de aprovechar al máximo los ruteos existentes y proyectados.

- Mínimo impacto socio-ambiental de las aguas de interior mina.
- Minimizar los costos de capital y operación de las instalaciones existentes y proyectadas.
- Buscar la opción que maneje el menor tiempo posible de instalación y viabilidad en interior mina.
- Sentar las bases conceptuales para el manejo de los lodos en subterráneo o en superficie.

El estudio Trade Off, consiste en la evaluación de las dos alternativas de transporte de agua de mina desde el nivel 75 del Pique Esperanza y Pique Montenegro hacia el tanque C y cajón de recepción de la Elev. 4 600 msnm.

### **CRITERIOS DE EVALUACIÓN**

- Para la Alternativa N° 1 se requiere transportar las aguas de mina para ser procesadas en un sistema proyectado de sedimentación en superficie.
- Se estima el caudal nominal total de agua de mina para las dos alternativas que se proyecta es de 800 lps, (2 880 m<sup>3</sup>/h), y caudal de diseño de 1 200 lps (4 320 m<sup>3</sup>/h).

- El sistema de sedimentación se realizará en superficie en la Alternativa N° 1, en la Alternativa N° 2 la se realizará en interior mina Nv 75.
- Para las Alternativas N° 1 y N° 2, se realizarán obras mineras de excavación, limpieza y habilitación para cámaras de bombeo proyectadas.
- Para la Alternativa N° 2 se realizará adicionalmente la habilitación de pozas de sedimentación, tanto en el sector del pique Esperanza y Montenegro, en el nivel 75.
- Para las dos alternativas se habilitarán RB proyectados desde el Nv 200 para el Pique Esperanza y desde el I Nv 310 para el Pique Montenegro.

## **FACTORES DE EVALUACIÓN**

### **a) Calificación por Características del Bombeo**

Técnicamente las dos alternativas cumplen con el objetivo del transporte de agua de mina, pero en diferentes sistemas de bombeo. A continuación, se detalla las características técnicas y la forma de evaluación.

La evaluación de las características del transporte de agua de mina se identifica con los siguientes factores en una escala de 0 a 10 donde:

- “0” significa un nivel “muy bajo” de puntuación. (desfavorable).
- “10” significa un nivel “muy alto” de puntuación. (favorable).

Descripción	Alternativa N° 1	Alternativa N° 2
	Sistema Transporte de 01 Etapa	Sistema Transporte de 02 Etapas
Característica del sistema	2 880 – 4 320 m <sup>3</sup> /h.	2 880 – 4 320 m <sup>3</sup> /h.
Requiere sedimentadores	No	Si (02 unidades)
Requiere cedazos (filtro malla)	Si	No
Requiere estaciones de bombeo	No	Si (2 estaciones)
Sistemas de Golpe de Ariete	Si (alto)	Si (bajo)
Tamaño de motores	1 217 kw c/u (alto)	905 kW c/u (bajo)
Calificación	2	5

Las dos alternativas cumplen hidráulicamente con el objetivo, pero por la operación, mantenimiento y la potencia de los motores mayor puntaje tiene en la Alternativa N° 2 con respecto a la Alternativa N° 1.

#### **b) Calificación económica (CAPEX y OPEX)**

La evaluación por los presupuestos resultantes del CAPEX y OPEX, de las dos alternativas, se considerará los siguientes factores en una escala de 0 a 10 donde:

- “0” significa un nivel “muy bajo” de puntuación. (desfavorable).
- “10” significa un nivel “muy alto” de puntuación. (favorable).

Descripción	Alternativa N° 1	Alternativa N° 2
	Sistema de transporte de aguas no sedimentadas, 1 sola etapa de bombeo (US\$)	Sistema de transporte de aguas sedimentadas-2 etapas de Bombeo (US\$)
CAPEX	45 113 389	31 412 018
OPEX (A VP, 12%)	13 902 621	11 078 335
Calificación	4	6

Los presupuestos de CAPEX y OPEX, resultan de menor cuantía para la Alternativa N° 2, que se le asigna la mejor calificación. (En el Anexo D del informe principal se detalla los presupuestos del CAPEX y OPEX).

**c) Calificación técnica (análisis de criterios - sistemas de bombeo)**

Para la calificación técnica de las alternativas, se tomarán en cuenta una lista de criterios para realizar la comparación. Se tomarán criterios de operación, seguridad, operación de equipos, e impacto al medioambiente.

La clasificación está en función al criterio y tiene en tres o cuatro rangos según sea necesario. La ponderación se utiliza para dar peso al criterio a evaluar.

La clasificación se identifica con los siguientes puntajes referenciales en una escala de 0 a 10 donde:

- “0” significa un nivel “muy bajo” de puntuación. (desfavorable).
- “10” significa un nivel “muy alto” de puntuación. (favorable).



La ponderación se identifica con los siguientes factores referenciales en una escala de 0 a 10 donde:

- “0” significa un nivel “muy bajo” de puntuación. (desfavorable).
- “10” significa un nivel “muy alto” de puntuación. (favorable).

El puntaje referencial definido, se multiplica por la ponderación para cada criterio, para definir su puntaje, la suma de los puntajes de cada criterio, dando un puntaje total de cada alternativa.

A mayor puntaje, más favorable técnicamente.

A continuación, se muestra la tabla con los criterios considerados, su clasificación, puntaje referencia y de ponderación y el puntaje resultante.

Criterios		Clasificación	Puntaje Referencial	Ponderación	Puntaje
1	Manejo de lodos	Manejo en interior mina	10	8	
		Manejo en exteriores de la mina	6		
		Disposición especial	3		
2	Sólidos en descarga del sistema de bombeo a superficie	Muy bajo % sólidos en descarga	10	8	
		Bajo % de sólidos en descarga	6		
		Alto % de sólidos en descarga	3		
		Muy alto % de sólidos en descarga	0		
3	Potencia eléctrica en mina	Potencia < 100 kW	10	5	
		100 kW < Potencia < 500 kW	6		
		500 kW < Potencia < 1 000 kW	3		
		Potencia > 1 000 kW	0		
4	Mantenimiento de equipos	Baja necesidad de mantenimiento	10	5	
		Necesidad media de mantenimiento	6		
		Alta necesidad de mantenimiento	3		
5	Desarrollo de labores	Uso de labores actuales	10	6	
		Desarrollo de nuevas cámaras	6		
		Desarrollo de nuevas cámaras y piques	3		
6	Tiempo de ejecución de obras	menos de 6 meses	10	7	
		7 a 14 meses	6		
		más de 15 meses	3		
7	Riesgo operativo interior mina	Riesgo bajo de operación en interior mina, Presión < 100 psi	10	7	
		Riesgo medio de operación en interior mina. 101 psi < Presión < 500 psi	6		

8	Riesgo ambiental superficial	Riesgo alto de operación en interior mina, Presión > 501 psi	3	10	
		Riesgo bajo en caso de derrame	10		
		Riesgo medio en caso de derrame	6		
		Riesgo alto en caso de derrame	3		
9	Limpieza de cámaras y sedimentadores	Fácil de limpiar y disponer	10	10	
		Fácil de limpiar y difícil de disponer	6		
		Dificultad de disposición y limpieza	3		

## RESUMEN DE RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN TÉCNICA DE ALTERNATIVAS

Ítem	Criterios	Alternativa N° 1 (Bombeo en 1 etapa)	Alternativa N° 2 (Bombeo en 2 etapas)
		Puntaje	Puntaje
1	Manejo de lodos	48	80
2	Sólidos en descarga de bomba	24	80
3	Potencia eléctrica en mina	0	0
4	Mantenimiento de equipos	15	30
5	Desarrollo de labores	18	18
6	Tiempo de ejecución de obras	21	42
7	Riesgo operativo interior mina	42	42
8	Riesgo ambiental superficial	100	60
9	Limpieza de cámaras y sedimentadores	60	60
<b>Puntaje Técnico</b>		<b>328</b>	<b>412</b>

Se divide por 100, para estar en el nivel de 0 a 10

<b>Puntaje Técnico Final</b>	<b>3,28</b>	<b>4,12</b>
------------------------------	-------------	-------------

## CONCLUSIONES

- De acuerdo a la evaluación Trade Off, se concluye que la Alternativa N° 2 de bombeo de aguas sedimentadas resulta ser la opción recomendada.
- La Empresa Administradora Chungar SAC., deberá evaluar la alternativa recomendada y proceder con la siguiente etapa de ingeniería, y definir previamente el nivel donde se deberá habilitar la cámara de bombeo, además se deberá definir con las operaciones mineras, el mejor manejo de los lodos.
- Para el diseño de sedimentadores, es necesario realizar un estudio de factibilidad, en el cual realizar los ensayos de laboratorio de las aguas a sedimentar, en este estudio se aprovecharía de revisar la configuración propuesta para las pozas de sedimentación y cámaras de bombeo, en subsuelo de la mina Chungar.
- También se haría participar a especialistas de nuevas tecnología de sedimentadores laminares de flujo ascendente, que tienen una gran eficiencia de sedimentación, con lo cual se logrará el objetivo de bombear agua sedimentada con los LMP y reducir el consumo de energía.

- El SCADA en la sala de control en superficie, tendrá capacidad para el análisis del desenvolvimiento de los sistemas de bombeo, a fin de mejorar la disponibilidad de los equipos y optimizar el mantenimiento de las bombas.
- Se tendrán pantallas de visualización del status por cada sistema de bombeo, pantalla de alarmas producidas, potencia demandada y energía consumida.

## RECOMENDACIONES

Para implementar la alternativa seleccionada, se recomienda a la Empresa Administradora Chungar SAC lo siguiente:

- Recomendar la Alternativa N° 2 “Sistema de bombeo de aguas sedimentadas”, por tener una calificación más alta.
- Iniciar la etapa de procura de los equipos seleccionados para la Alternativa N° 2, una vez analizada la Alternativa N° 2.
- Iniciar con las obras preliminares, de habilitación de los cruceros y cámaras de bombeo, para la alternativa seleccionada.
- Considerar las experiencias similares de otros sistemas de transporte de agua de mina.
- Las estaciones de bombeo, por su característica de proceso continuo, precisan del constante control de las variables físicas, las que deben ser mantenidas, siendo las principales:

Control del nivel en la cámara de bombeo.

Control de la potencia demandada por las bombas.

La temperatura de los motores de las bombas

## BIBLIOGRAFÍA

1. Tecnologías para el Tratamiento de Aguas de minas Nakamura, Akira; Araujo, Mariela. Ministerio de Energía y Minas 1988
2. Tratamiento, uso y descarga del agua subterránea en minera Yanacocha Perú. Julius Benavides, Departamento de Planeamiento, Minera Yanacocha SRL-Perú
3. Tratamiento de drenajes ácidos de minas en humedales construidos. Ing. Priscila Gamonal Pajares
4. Base metal Mine Waste Management in N.E. New Brunswish. Report EPS-8-WP-73-1
5. Canchas de relaves de concentradoras mineras: análisis de estabilidad de presas. Informe Final. Ordoñez Curotto, Alberto Lima 1984
6. Electroprecipitation Treatment of acid mine wastewater. Jenke, Dennis; Diebold, Frank Water Research 1984
7. Guía Ambiental para el manejo de relaves mineros. Ministerio de Energía y Minas
8. Manejo de la calidad de los efluentes de la minería del cobre por operación de los tranques de relaves Castillo Gonzáles, Jorge; Montenegro M., Américo Chile 1990
9. Manejo y disposición de los residuos y efluentes. Módulo V del Proyecto Palma 1998. Ing. Carlos Villachica
10. Minería altera el ambiente Gil Mora, Eduardo Lima 1987

11. Minería y Medio Ambiente Instituto Geológico y Minero de España  
1988
12. Minería y Medio Ambiente: un enfoque técnico -legal de la Minería  
en el Perú. Ministerio de Energía y Minas Lima 1993
13. Ore mining and dressing, point source category Environmental  
Proteccion Agency
14. Protocolo de monitoreo de la calidad del agua. Ministerio de Energía  
y Minas Lima 1991
15. Problemas de los residuos sólidos en el Perú Corzo Gordillo, Ricardo  
Lima 1986
16. Tratamiento pasivo de aguas ácidas. Módulo V del Proyecto Palma  
1998. Bióloga. Marta Ly
17. Treatment of acidic effluents with limestone instead of lime. Marce,  
J.P.; Plessis P. ; Van der Walt, C.J. Water Science and Technology  
1992
18. Waste Production and Disposal in Mining, Milling and Metallurgical  
Industries. Roy E. Williams USA 1975
19. [http://www.acs.medioambiente.com/equipos/precipitación\\_de\\_hidróxidos\\_metálicos.htm](http://www.acs.medioambiente.com/equipos/precipitación_de_hidróxidos_metálicos.htm)



# **ANEXOS**

## ANÁLISIS ECONÓMICO - CAPEX/OPEX

### Alternativa N° 1

Cálculo de valor presente			
Costo de operación 16 años, valor actual a una tasa anual de 12%			
Año	Costo OP-Año US\$	VP Operación \$	Observación
		16,060,879	\$16,060,879
1	\$3,519,223	3,142,164	
2	\$3,519,223	2,805,503	
3	\$3,519,223	2,504,914	
4	\$3,519,223	2,236,530	
5	\$3,519,223	1,996,902	
6	\$3,519,223	1,782,948	
7	\$3,519,223	1,591,918	

Tasa anual VP	12%
---------------	-----

RESUMEN FINAL	US\$
Costo de inversión inicial (CAPEX)	45,113,389
Costo total de operación a VPN	16,060,879
Costo total CAPEX+OPEX (a VP,12%)	61,174,268

ID	Descripción	Tamaño	Unidad	Cantidad	Precio Total (US\$)					Costo Directo Total (US\$)	Modulo	Proveedor	
					Precio Unitario (US\$)		Factor de Instalación (Unit)	Inchabación (Inch)	Costo Total de Instalación (US\$)				Costo Directo Unitario (US\$)
					suministro (\$um)	Costo Total de Instalación (Unit)							
1.0	EQUIPAMIENTO MECÁNICO												
1.1	Pique Esperanza				11,095,444							26,211,888	
1.1.1	Bomba de diafragma piston DPM 1250 Pump		EA	1	2,975,148	20%	595,030	595,030	2,975,148			18,106,888	
1.1.2	Bomba de desplazamiento positivo		EA	1	2,975,148	20%	595,030	595,030	2,975,148			3,570,178	
1.1.3	Bomba de desplazamiento positivo		EA	1	2,975,148	20%	595,030	595,030	2,975,148			3,570,178	
1.1.4	Bomba Centrifuga		EA	1	140,000	15%	21,000	21,000	140,000			161,000	
1.1.5	Bomba Centrifuga		EA	1	140,000	15%	21,000	21,000	140,000			161,000	
1.1.6	Bomba Centrifuga		EA	1	140,000	15%	21,000	21,000	140,000			161,000	
1.1.7	Compresora de Aire		EA	1	95,000	8%	4,400	4,400	95,000			99,400	
1.1.8	Puente Grúa 10 Ton		EA	1	30,000	8%	2,400	2,400	30,000			32,400	
1.1.9	Bomba Sumergible de Lobos		EA	1	60,000	8%	4,800	4,800	60,000			64,800	
1.1.10	Sistema de Golpe de Ariete		EA	1	90,000	8%	7,200	7,200	90,000			97,200	
1.1.11	Sedimentadores Tipo Laminar en Superficie												
1.1.11.1	Sedimentadores Laminares Etapa 01		EA	1	700,000	15%	105,000	105,000	700,000			805,000	
1.1.11.2	Sedimentadores Laminares Etapa 01		EA	1	700,000	15%	105,000	105,000	700,000			805,000	
1.1.11.3	Tanque Floculador		EA	1	45,000	8%	3,600	3,600	45,000			48,600	
1.2	Pique Montenegro				11,028,444							18,106,888	
1.2.1	Bomba de desplazamiento positivo		EA	1	2,975,148	20%	595,030	595,030	2,975,148			3,570,178	
1.2.2	Bomba de desplazamiento positivo		EA	1	2,975,148	20%	595,030	595,030	2,975,148			3,570,178	
1.2.3	Bomba de desplazamiento positivo		EA	1	2,975,148	20%	595,030	595,030	2,975,148			3,570,178	
1.2.4	Bomba Centrifuga		EA	1	140,000	15%	21,000	21,000	140,000			161,000	
1.2.5	Bomba Centrifuga		EA	1	140,000	15%	21,000	21,000	140,000			161,000	
1.2.6	Bomba Centrifuga		EA	1	140,000	15%	21,000	21,000	140,000			161,000	
1.2.7	Compresora de Aire		EA	1	55,000	8%	4,400	4,400	55,000			59,400	
1.2.8	Puente Grúa		EA	1	30,000	8%	2,400	2,400	30,000			32,400	
1.2.9	Bomba Sumergible de Lobos		EA	1	60,000	8%	4,800	4,800	60,000			64,800	
1.2.10	Sistema de Golpe de Ariete		EA	1	90,000	8%	7,200	7,200	90,000			97,200	
1.2.11	Sedimentadores Tipo Laminar en Superficie												
1.2.11.1	Sedimentadores Laminares Etapa 01		EA	1	700,000	15%	105,000	105,000	700,000			805,000	
1.2.11.2	Sedimentadores Laminares Etapa 01		EA	1	700,000	15%	105,000	105,000	700,000			805,000	
1.2.11.3	Tanque Floculador		EA	1	45,000	8%	3,600	3,600	45,000			48,600	
2	EQUIPOS ELÉCTRICOS											3,697,870	
2.1	Instalación Electrica Esperanza											1,753,785	
2.2	Instalación Electrica Montenegro											1,753,785	
3	TUBERIAS											2,698,870	
3.1	Esperanza - Tuberia primera etapa		m	1,200	124.5	250%	311	373,500	436	523,500			
3.2	Esperanza - Tuberia primera etapa		m	900	124.5	250%	311	380,125	436	352,175			
3.3	Esperanza - Tuberia primera etapa		m	480	126.68	250%	314	150,816	440	211,142			
3.4	Montenegro - Tuberia primera etapa		m	1,500	124.5	250%	311	466,875	436	653,625			
3.5	Montenegro - Tuberia primera etapa		m	1,200	124.5	250%	311	373,500	436	523,500			
3.6	Montenegro - Tuberia primera etapa		m	600	126.68	250%	314	188,520	440	263,328			
4	INSTUMENTACIÓN											951,647	
4.1	Instrumentación General											251,547	
5	CIVIL ESTRUCTURAL											852,894	
5.1	Cimentaciones Pique Montenegro 075											316,252	
5.2	Cimentaciones Pique Esperanza 075											316,252	
6	OBRA# MINERAS											1,688,370	
6.1	Excavación- Soterramiento, Limpieza - Montenegro Etapa 01		m3	55	6,720	-	-	-	6,720	369,500			
6.2	Excavación- Soterramiento, Limpieza - Esperanza Etapa 01		m3	55	3,414	-	-	-	3,414	187,770			
6.3	RB proyectado Esperanza N° 200 a Elevación 4500 mmn superficie		m	350	1,500	-	-	-	1,500	525,000			
6.4	RB proyectado Montenegro N° 310 a Elevación 4655 mmn superficie		m	300	1,500	-	-	-	1,500	450,000			
COSTO DIRECTO TOTAL (COT)													
COSTO INDIRECTO TOTAL (CIT)													
CAPEX													
CONTINGENCIA													
COSTO TOTAL DEL PROYECTO													
46,113,388													
Nota: Costo Total sin Contingencias.													

Ítem	Costo operativo	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total anual	Costo unitario de operación
		Flujo nominal de agua diariamente tratado	m3/día	91,584			
		Flujo nominal de agua anual tratado	m3/año	33,428,160	-	-	
<b>I</b>	<b>Consumo energético</b>					<b>1,478,458</b>	<b>0.044</b>
	Costo anual de energía	0,024 US\$/kWh	kW/año	61,602,400	0.024	1,478,458	0.044
<b>II</b>	<b>Consumibles</b>					<b>36,960</b>	<b>0.001</b>
	Floculante	Consumo: 8.4 t/año (**)	t/año	8.4	4,400	36,960	0.001
<b>III</b>	<b>Costo de Transporte de Lodos por Cisterna</b>					<b>472,912</b>	<b>0.014</b>
	Transporte por cisterna	0.601 US\$/ton/km		786,876	0.601	472,912	0.014
<b>IV</b>	<b>Costo Mano de Obra</b>					<b>207,840</b>	<b>0.006</b>
	Operadores	12 h por turno	unid	6	12,840	77,040	0.002
	Supervisor	12 h por turno	unid	2	31,800	63,600	0.002
	Ingeniero	12 h por turno	unid	2	33,600	67,200	0.002
<b>V</b>	<b>Mantenimiento</b>					<b>1,102,544</b>	<b>0.033</b>
	Costo anual por mantenimiento	5% Costo de equipo (*)	%	5%	22,050,888	1,102,544	0.033
<b>VI</b>	<b>Eventuales</b>					<b>220,509</b>	<b>0.007</b>
	Costo anual de eventualidades	1% Costo de equipo	%	1%	22,050,888	220,509	0.007
<b>Costo total anual de operación</b>			US\$/año			<b>3,519,223</b>	
<b>Consumo energético ( kW/ m3 )</b>			kW/m3				<b>1.843</b>
<b>Costo unitario de operación ( \$ / m3 )</b>			US\$/m3				<b>0.105</b>

(\*) Costo de mantenimiento de equipos 5% entregado por el vendedor.

(\*\*) Valor de consumo actual, referido por Chungar (700 kg/min).

## Alternativa Nº 2

Cálculo de valor presente			
Costo de operación 16 años, valor actual a una tasa anual de 12%			
Año	Costo OP-Año US\$	VP Operación \$	Observación
		<b>11,078,335</b>	<b>\$11,078,335</b>
1	\$2,427,460	2,167,375	
2	\$2,427,460	1,935,156	
3	\$2,427,460	1,727,818	
4	\$2,427,460	1,542,695	
5	\$2,427,460	1,377,406	
6	\$2,427,460	1,229,827	
7	\$2,427,460	1,098,060	

Tasa anual VP	12%
---------------	-----

RESUMEN FINAL	US\$
Costo de inversión inicial (CAPEX)	<b>31,412,018</b>
Costo total de operación a VPN	<b>11,078,335</b>
Costo total CAPEX+OPEX (a VP, 12%)	<b>42,490,353</b>

Tag	Descripción	Tamaño	Unidad	Cantidad	Precio Total (US\$)					Código Directo Total (US\$)	Modelo	Proveedor
					Suministro (Sum)	Costo Total de Suministro (Unid)	Factor de Instalación (Unid)	Instalación (Unid)	Costo Total directo de instalación (US\$)			
1.0	EQUIPAMIENTO MECÁNICO											
1.1	Pique Esperanza 076 Etapa 1											
1.1.1	Bomba Centrífuga	Bomba Centrífuga Multietapa (3 Bajas) Flowserve	EA	1	570.000	3.896.000	20%	114.000	114.000	570.000	570.000	584.000
1.1.2	Bomba Centrífuga	Bomba Centrífuga Multietapa (3 Bajas) Flowserve	EA	1	570.000	570.000	20%	114.000	114.000	570.000	570.000	584.000
1.1.3	Bomba Centrífuga	Bomba Centrífuga Multietapa (3 Bajas) Flowserve	EA	1	570.000	570.000	20%	114.000	114.000	570.000	570.000	584.000
1.1.4	Bomba Centrífuga	Bomba Centrífuga de Lodos	EA	1	45.000	45.000	8%	3.600	3.600	45.000	45.000	48.600
1.1.5	Sistema de Golpe de Ariet	Valvula de Alivio, anticipadora, ventoso	EA	1	90.000	90.000	8%	7.200	7.200	90.000	90.000	97.200
1.1.6	Sedimentadores Tipo Lamella en interior mina	Contrólido en Acero Inoxidable / Jarnadas	EA	1	700.000	700.000	15%	105.000	105.000	700.000	700.000	805.000
1.1.7	Sedimentadores Laminares Etapa 01	Contrólido en Acero Inoxidable / Jarnadas	EA	1	700.000	700.000	15%	105.000	105.000	700.000	700.000	805.000
1.1.8	Tanque Flotador	Tanque Flotador	EA	1	45.000	45.000	8%	3.600	3.600	45.000	45.000	48.600
1.2	Pique Esperanza 0810 Etapa 2											
1.2.1	Bomba Centrífuga	Bomba Centrífuga Multietapa (3 Bajas) Flowserve	EA	1	570.000	570.000	20%	114.000	114.000	570.000	570.000	584.000
1.2.2	Bomba Centrífuga	Bomba Centrífuga Multietapa (3 Bajas) Flowserve	EA	1	570.000	570.000	20%	114.000	114.000	570.000	570.000	584.000
1.2.3	Bomba Centrífuga	Bomba Centrífuga Multietapa (3 Bajas) Flowserve	EA	1	570.000	570.000	20%	114.000	114.000	570.000	570.000	584.000
1.3	Pique Montenegro 076 Etapa 1											
1.3.1	Bomba Centrífuga	Bomba Centrífuga Multietapa (3 Bajas) Flowserve	EA	1	570.000	570.000	20%	114.000	114.000	570.000	570.000	584.000
1.3.2	Bomba Centrífuga	Bomba Centrífuga Multietapa (3 Bajas) Flowserve	EA	1	570.000	570.000	20%	114.000	114.000	570.000	570.000	584.000
1.3.3	Bomba Centrífuga	Bomba Centrífuga Multietapa (3 Bajas) Flowserve	EA	1	570.000	570.000	20%	114.000	114.000	570.000	570.000	584.000
1.3.4	Bomba Vertical	Bomba Sumergible de Lodos	EA	1	45.000	45.000	8%	3.600	3.600	45.000	45.000	48.600
1.3.5	Sistema de Golpe de Ariet	Valvula de Alivio, anticipadora, ventoso	EA	1	90.000	90.000	8%	7.200	7.200	90.000	90.000	97.200
1.3.6	Sedimentadores Tipo Lamella en interior mina	Contrólido en Acero Inoxidable / Jarnadas	EA	1	700.000	700.000	15%	105.000	105.000	700.000	700.000	805.000
1.3.7	Sedimentadores Laminares Etapa 01	Contrólido en Acero Inoxidable / Jarnadas	EA	1	700.000	700.000	15%	105.000	105.000	700.000	700.000	805.000
1.3.8	Tanque Flotador	Tanque Flotador	EA	1	45.000	45.000	8%	3.600	3.600	45.000	45.000	48.600
1.4	Pique Montenegro 076 Etapa 2											
1.4.1	Bomba Centrífuga	Bomba Centrífuga Multietapa (3 Bajas) Flowserve	EA	1	570.000	570.000	20%	114.000	114.000	570.000	570.000	584.000
1.4.2	Bomba Centrífuga	Bomba Centrífuga Multietapa (3 Bajas) Flowserve	EA	1	570.000	570.000	20%	114.000	114.000	570.000	570.000	584.000
1.4.3	Bomba Centrífuga	Bomba Centrífuga Multietapa (3 Bajas) Flowserve	EA	1	570.000	570.000	20%	114.000	114.000	570.000	570.000	584.000
2	EQUIPOS ELÉCTRICOS											
2.1	Instalación Eléctrica Esperanza											
2.2	Instalación Eléctrica Montenegro											
3	TUBERÍAS											
3.1	Esperanza - Tubería primera etapa	3 Innes tubería OS 12" SCH40	m	900	124.5	112.050	250%	311	280,125	392,175	392,175	
3.2	Esperanza - Tubería primera etapa	3 Innes tubería HOPE 12" SDR9	m	480	125.68	60.328	250%	314	150,816	440	211,142	
3.3	Esperanza - Tubería segunda etapa	3 Innes tubería OS 12" SCH40	m	900	124.5	112.050	250%	311	280,125	392,175	392,175	
3.4	Esperanza - Tubería segunda etapa	3 Innes tubería HOPE 12" SDR9	m	435	125.68	54.671	250%	314	136,677	440	191,348	
3.5	Esperanza - Tubería de lodos	1 Innes tubería HOPE 4" SDR13.5	m	150	15	2.250	100%	15	2.250	30	4.500	
3.6	Montenegro - Tubería primera etapa	3 Innes tubería OS 12" SCH40	m	2.190	124.5	272.655	250%	311	681,639	436	954,293	
3.7	Montenegro - Tubería primera etapa	3 Innes tubería HOPE 12" SDR9	m	300	125.68	37.704	250%	314	94,260	440	131,964	
3.8	Montenegro - Tubería segunda etapa	3 Innes tubería OS 12" SCH40	m	600	124.5	74.700	250%	311	186,750	436	251,450	
3.9	Montenegro - Tubería segunda etapa	3 Innes tubería HOPE 12" SDR9	m	300	125.68	37.704	250%	314	94,260	440	131,964	
3.10	Montenegro - Tubería de lodos	1 Innes tubería HOPE 4" SDR13.5	m	150	15	2.250	100%	15	2.250	30	4.500	
4	INSTRUMENTACIÓN											
4.1	Instrumentación General											
5	CIVIL ESTRUCTURAL											
5.1	Cimentaciones Pique Montenegro 076											
5.1	Cimentaciones Pique Montenegro 355											
5.2	Cimentaciones Pique Esperanza 076											
5.2	Cimentaciones Pique Esperanza 310											
6	OBRA DE MINERÍA											
6.1	Excavación, Soterramiento, Limpiado - Montenegro Etapa 01	RATIO (55 \$/ m <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup>	55	6.720					6.720	369.600	
6.2	Excavación, Soterramiento, Limpiado - Esperanza Etapa 01	RATIO (55 \$/ m <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup>	55	3.414					3.414	187.770	
6.3	Excavación, Soterramiento, Limpiado - Montenegro Etapa 02	RATIO (55 \$/ m <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup>	55	3.216					3.216	176.880	
6.4	Excavación, Soterramiento, Limpiado - Esperanza Etapa 02	RATIO (55 \$/ m <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup>	55	2.460					2.460	135.300	
6.5	RB proyecto Esperanza No. 200 a Elevación 4500 mm/m superficie	Continuación de RB 631 - RATIO (1300 \$/ m Inces)	m	350	1.500					1.500	525.000	
6.6	RB proyecto Montenegro No. 310 a Elevación 4605 mm/m superficie	Continuación de RB 734 - RATIO (1300 \$/ m Inces)	m	300	1.500					1.500	450.000	
COSTO DIRECTO TOTAL (GDT)											24.188.981	
COSTO INDIRECTO TOTAL (GIT)											2.748.927	
CAPEX											26.937.908	
CONTINGENCIA												
COSTO TOTAL DEL PROYECTO											31.412.018	
Nota: Costo Total sin Contingencia:												

Ítem	Costo operativo	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total anual	Costo unitario de operación
		Flujo nominal de agua diariamente tratado	m3/día	91,584			
		Flujo nominal de agua anual tratado	m3/año	33,428,160	-	-	
<b>I</b>	<b>Consumo energético</b>					<b>1,479,940</b>	<b>0.044</b>
	Costo anual de energía	0.024 US\$/kWh (***)	kW/año	61,664,157	0.024	1,479,940	0.044
<b>II</b>	<b>Consumibles</b>					<b>36,960</b>	<b>0.001</b>
	Floculante	Consumo: 8.4 t/año (**)	t/año	8.4	4,400	36,960	0.001
<b>III</b>	<b>Costo Mano de Obra</b>					<b>310,560</b>	<b>0.009</b>
	Operadores	12 h por turno	unid	14.00	12,840	179,760	0.005
	Supervisor	12 h por turno	unid	2.00	31,800	63,600	0.002
	Ingeniero	12 h por turno	unid	2.00	33,600	67,200	0.002
<b>IV</b>	<b>Mantenimiento</b>					<b>500,000</b>	<b>0.015</b>
	Costo anual por mantenimiento	5% Costo de equipo (*)	%	5%	10,000,000	500,000	0.015
<b>V</b>	<b>Eventuales</b>					<b>100,000</b>	<b>0.003</b>
	Costo anual de eventualidades	1% Costo de equipo	%	1%	10,000,000	100,000	0.003
Costo total anual de operación			US\$/año			<b>2,427,460</b>	
Consumo energético ( kW/ m3 )			kW/m3				<b>1.845</b>
Costo unitario de operación ( \$ / m3 )			US\$/m3				<b>0.073</b>

(\*) Costo de mantenimiento de equipos 5% entregado por el vendor.

(\*\*) Valor de consumo actual, referido por Chungar (700 kg/min).

(\*\*\*) Incluye bomba centrífuga de lodos.

Ítem	Costo operativo	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total anual	Costo unitario de operación
		Flujo nominal de agua diariamente tratado 1872 m3/h	m3/día	44,828			
		Flujo nominal de agua anual tratado	m3/año	16,398,720	-	-	
<b>I</b>	<b>Consumo energético</b>					<b>1,860,949</b>	<b>0.113</b>
	Costo anual de energía	0,024 US\$/kWh	kW/año	77,539,531	0.024	1,860,949	0.113
<b>II</b>	<b>Consumibles</b>					<b>36,960</b>	<b>0.002</b>
	Floculante	Consumo: 8.4 t/año (**)	t/año	8.4	4,400	36,960	0.002
<b>III</b>	<b>Costo de Transporte de Cisterna</b>					<b>472,812</b>	<b>0.029</b>
	Costo de Transporte de Cisterna	0.601 US \$ ton/km		786,876.00	0.601	472,812	0.029
<b>IV</b>	<b>Costo Mano de Obra - Interior Mina ( EACHSAC )</b>					<b>1,080,120</b>	<b>0.066</b>
	Ingeniero Residente	12 h por turno	unid	1.00	33,600	33,600	0.002
	Ingeniero Seguridad	12 h por turno	unid	1.00	32,400	32,400	0.002
	Ingeniero Supervisor	12 h por turno	unid	3.00	31,800	95,400	0.006
	Técnico de Mantenimiento	12 h por turno	unid	9.00	24,000	216,000	0.013
	Planner de Mantenimiento	12 h por turno	unid	1.00	30,600	30,600	0.002
	Capataz	12 h por turno	unid	6.00	13,200	79,200	0.005
	Operador	12 h por turno	unid	33.00	12,840	423,720	0.026
	Ayudante de Limpieza	12 h por turno	unid	6.00	9,000	54,000	0.003
	Transporte de Personal	12 h por turno	unid	1.00	36,000	36,000	0.002
	Camioneta Ingeniero	12 h por turno	unid	3.00	26,400	79,200	0.005
<b>IV</b>	<b>Mantenimiento</b>					<b>1,560,000</b>	<b>0.095</b>
	Costo anual por mantenimiento de Bombas- Geohidraulica	\$/mes 130,000	mes	12	130,000	1,560,000	0.095
<b>V</b>	<b>Eventuales</b>					<b>5,200</b>	<b>0.000</b>
	Costo anual de eventualidades	4% Costo de equipo (*)	%	4%	130,000	5,200	0.000
Costo total anual de operación			US\$/año			<b>5,016,141</b>	
Consumo energético ( kW/ m3 )			kW/m3				<b>4.728</b>
Costo unitario de operación ( US\$ / m3 )			US\$/m3				<b>0.306</b>

## CAPEX ESTRUCTURAL – ALTERNATIVA 01



Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio total (US\$)	
				Costo directo unitario (US\$)	Costo directo total (US\$)
1	<b>ESTRUCTURAL</b>				<b>422,786</b>
1.1	<b>SISTEMA DE BOMBEO PIQUE ESPERANZA NIVEL 076</b>				<b>126,781</b>
1.1.1	Movimiento de Tierras				8,898
1.1.1.1	Excavación estructural en roca	m3	135.0	53.4	7,202
1.1.1.2	Relleño estructural compactado seleccionado c/material de préstamo	m3	40.8	27.7	1,129
1.1.1.3	Eliminación de material excedente (max. 2km)	m3	189.0	3.0	567
1.1.2	Concreto Simple				5,096
1.1.2.1	Solado concreto fc=9.8 MPa	m3	22.1	231.0	5,096
1.1.3	Concreto Armado				85,763
1.1.3.1	Concreto fc=280 kg/cm2 pilosas (acero=60 kg/m3)	m3	53.4	420.4	22,429
1.1.3.2	Concreto fc=280 kg/cm2 pilbases (acero=60kg/m3 y encofrado=2.9m2/m3)	m3	32.4	583.0	18,889
1.1.3.3	Concreto fc=280 kg/cm2 pilmuros (acero=100kg/m3 y encofrado=6.0m2/m3)	m3	51.8	858.0	44,444
1.1.4	Pemos de anclaje				2,970
1.1.4.1	Pemos de anclaje A-307 1" dia., L=0.90m	und	36.0	82.5	2,970
1.1.5	Acero Estructural				23,034
1.1.5.1	Suministro y fabricación de estructuras metálicas	kg	3244.0	3.7	12,133
1.1.5.2	Montaje de estructuras metálicas	kg	3244.0	2.0	6,423
1.1.5.3	Suministro y montaje de parrilla de piso e=32 mm	m2	14.0	319.9	4,478
1.2	<b>SISTEMA DE BOMBEO PIQUE ESPERANZA NIVEL 310</b>				<b>86,887</b>
1.2.1	Movimiento de Tierras				7,696
1.2.1.1	Excavación estructural en roca	m3	117.0	53.4	6,242
1.2.1.2	Relleño estructural compactado seleccionado c/material de préstamo	m3	34.8	27.7	963
1.2.1.3	Eliminación de material excedente (max. 2km)	m3	163.8	3.0	491
1.2.2	Concreto Simple				4,368
1.2.2.1	Solado concreto fc=9.8 MPa	m3	18.9	231.0	4,368
1.2.3	Concreto Armado				57,643
1.2.3.1	Concreto fc=280 kg/cm2 pilosas (acero=60 kg/m3)	m3	40.8	420.4	17,132
1.2.3.2	Concreto fc=280 kg/cm2 pilbases (acero=60kg/m3 y encofrado=2.9m2/m3)	m3	32.4	583.0	18,889
1.2.3.3	Concreto fc=280 kg/cm2 pilmuros (acero=80kg/m3 y encofrado=6.0m2/m3)	m3	25.2	858.0	21,622
1.2.4	Pemos de anclaje				2,970
1.2.4.1	Pemos de anclaje A-307 1" dia., L=0.90m	und	36.0	82.5	2,970
1.2.5	Acero Estructural				12,959
1.2.5.1	Suministro y fabricación de estructuras metálicas	kg	1986.0	3.7	7,428
1.2.5.2	Montaje de estructuras metálicas	kg	1986.0	2.0	3,932
1.2.5.3	Suministro y montaje de parrilla de piso e=32 mm	m2	5.0	319.9	1,599
1.3	<b>SISTEMA DE BOMBEO PIQUE MONTENEGRO NIVEL 076</b>				<b>126,781</b>
1.3.1	Movimiento de Tierras				8,898
1.3.1.1	Excavación estructural en roca	m3	135.0	53.4	7,202
1.3.1.2	Relleño estructural compactado seleccionado c/material de préstamo	m3	40.8	27.7	1,129
1.3.1.3	Eliminación de material excedente (max. 2km)	m3	189.0	3.0	567
1.3.2	Concreto Simple				5,096
1.3.2.1	Solado concreto fc=9.8 MPa	m3	22.1	231.0	5,096
1.3.3	Concreto Armado				85,763
1.3.3.1	Concreto fc=280 kg/cm2 pilosas (acero=60 kg/m3)	m3	53.4	420.4	22,429
1.3.3.2	Concreto fc=280 kg/cm2 pilbases (acero=60kg/m3 y encofrado=2.9m2/m3)	m3	32.4	583.0	18,889
1.3.3.3	Concreto fc=280 kg/cm2 pilmuros (acero=80kg/m3 y encofrado=6.0m2/m3)	m3	51.8	858.0	44,444
1.3.4	Pemos de anclaje				2,970
1.3.4.1	Pemos de anclaje A-307 1" dia., L=0.90m	und	36.0	82.5	2,970
1.3.5	Acero Estructural				23,034



Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio total (US\$)	
				Costo directo unitario (US\$)	Costo directo total (US\$)
1.3.5.1	Suministro y fabricación de estructuras metálicas	kg	3244.0	3.7	12,133
1.3.5.2	Montaje de estructuras metálicas	kg	3244.0	2.0	6,423
1.3.5.3	Suministro y montaje de parrilla de piso e=32 mm	m2	14.0	319.9	4,478
<b>1.4</b>	<b>SISTEMA DE BOMBEO PIGUE MONTENEGRO NIVEL 366</b>				<b>86,887</b>
1.4.1	Movimiento de Tierras				7,696
1.4.1.1	Excavación estructural en roca	m3	117.0	53.4	6,242
1.4.1.2	Relleno estructural compactado seleccionado c/material de préstamo	m3	34.8	27.7	963
1.4.1.3	Eliminación de material excedente (max. 2km)	m3	163.8	3.0	491
1.4.2	Concreto Simple				4,368
1.4.2.1	Golado concreto fc=9.8 MPa	m3	18.9	231.0	4,368
1.4.3	Concreto Armado				57,643
1.4.3.1	Concreto fc=280 kg/cm2 pilosas (acero=60 kg/m3)	m3	40.8	420.4	17,132
1.4.3.2	Concreto fc=280 kg/cm2 pilbases (acero=60kg/m3 y encofrado=2.9m2/m3)	m3	32.4	583.0	18,889
1.4.3.3	Concreto fc=280 kg/cm2 pil/muros (acero=80kg/m3 y encofrado=6.0m2/m3)	m3	25.2	858.0	21,622
1.4.4	Pernos de anclaje				2,970
1.4.4.1	Pernos de anclaje A-307 1" dia., L=0.90m	und	36.0	82.5	2,970
1.4.5	Acero Estructural				12,959
1.4.5.1	Suministro y fabricación de estructuras metálicas	kg	1986.0	3.7	7,428
1.4.5.2	Montaje de estructuras metálicas	kg	1986.0	2.0	3,932
1.4.5.3	Suministro y montaje de parrilla de piso e=32 mm	m2	5.0	319.9	1,599
	<b>COSTO DIRECTO TOTAL ESTRUCTURAL (CDT)</b>			<b>US \$</b>	<b>422,786</b>

## CAPEX ESTRUCTURAL – ALTERNATIVA 01

**ALTERNATIVA N° 1 - PIQUE ESPERANZA**

Item	Descripción	Unidad	Cantid.	Precio total (US\$)			
				Precio unitario (US\$)		Costo directo unitario (US\$)	Costo directo total (US\$)
				Suministro	Montaje		
1.00	Equipos mayores suministrado por el Cliente						
1.01	Tablero switchgear con 2 interruptores de entrada y 4 de salida en 4.16 kV	Pza	1.0	120,000.0	12,000.0	132,000.0	132,000.0
1.02	Transformador de distribución de 500 kVA, 4.16/0.48 kV	Pza	1.0	25,000.0	2,500.0	27,500.0	27,500.0
1.03	Centro de control de motores en 480 V, 600 A	Pza	1.0	58,000.0	5,800.0	63,800.0	63,800.0
1.04	Sala eléctrica prefabricada, dimensiones: 21 x 4 x 6 m (Largo x Ancho x Altura)	Pza	1.0	672,000.0	67,200.0	739,200.0	739,200.0
1.05	Transformador de Distribución 5 kVA, 480/400-230 V	Pza	1.0	4,000.0	400.0	4,400.0	4,400.0
1.06	Tablero de Distribución en 230 V	Pza	1.0	3,000.0	300.0	3,300.0	3,300.0
1.07	Transformador de Control 1 kVA, 480/120 V	Pza	1.0	2,500.0	250.0	2,750.0	2,750.0
1.08	Tablero de Distribución en 120 V	Pza	1.0	2,500.0	250.0	2,750.0	2,750.0
1.09	Sistema HVAC Redundante sala eléctrica	Pza	1.0	252,000.0	25,200.0	277,200.0	277,200.0
1.10	Sistema Contraincendios (Detección) sala eléctrica	Pza	1.0	42,000.0	4,200.0	46,200.0	46,200.0
	<b>TOTAL EQUIPOS</b>						<b>1,289,100.0</b>
2.00	Por el Contratista						
2.01	Suministro y montaje de cables de fuerza, ducterías, bandejas						194,865.0
2.02	Suministro y montaje de sistemas de alumbrado						129,910.0
2.03	Suministro y montaje de sistemas de puesta a tierra						129,910.0
	<b>COSTO TOTAL ELÉCTRICO - ALTERNATIVA 1 PIQUE ESPERANZA (US\$)</b>						<b>1,763,786.0</b>

**ALTERNATIVA N° 1 - PIQUE MONTENEGRO**

Item	Descripción	Unidad	Cantid.	Precio total (US\$)			
				Precio unitario (US\$)		Costo directo unitario (US\$)	Costo directo total (US\$)
				Suministro	Montaje		
1.00	Equipos mayores suministrado por el Cliente						
1.01	Tablero switchgear con 2 interruptores de entrada y 4 de salida en 4.16 kV	Pza	1.0	120,000.0	12,000.0	132,000.0	132,000.0
1.02	Transformador de distribución de 500 kVA, 4.16/0.48 kV	Pza	1.0	25,000.0	2,500.0	27,500.0	27,500.0
1.03	Centro de control de motores en 480 V, 600 A	Pza	1.0	58,000.0	5,800.0	63,800.0	63,800.0
1.04	Sala eléctrica prefabricada, dimensiones: 21 x 4 x 6 m (Largo x Ancho x Altura)	Pza	1.0	672,000.0	67,200.0	739,200.0	739,200.0
1.05	Transformador de Distribución 5 kVA, 480/400-230 V	Pza	1.0	4,000.0	400.0	4,400.0	4,400.0
1.06	Tablero de Distribución en 230 V	Pza	1.0	3,000.0	300.0	3,300.0	3,300.0
1.07	Transformador de Control 1 kVA, 480/120 V	Pza	1.0	2,500.0	250.0	2,750.0	2,750.0
1.08	Tablero de Distribución en 120 V	Pza	1.0	2,500.0	250.0	2,750.0	2,750.0
1.09	Sistema HVAC Redundante sala eléctrica	Pza	1.0	252,000.0	25,200.0	277,200.0	277,200.0
1.10	Sistema Contraincendios (Detección) sala eléctrica	Pza	1.0	42,000.0	4,200.0	46,200.0	46,200.0
	<b>TOTAL EQUIPOS</b>						<b>1,289,100.0</b>
2.00	Por el Contratista						
2.01	Suministro y montaje de cables de fuerza, ducterías, bandejas						194,865.0
2.02	Suministro y montaje de sistemas de alumbrado						129,910.0
2.03	Suministro y montaje de sistemas de puesta a tierra						129,910.0
	<b>COSTO TOTAL ELÉCTRICO - ALTERNATIVA 1 PIQUE MONTENEGRO (US\$)</b>						<b>1,763,786.0</b>

<b>COSTO TOTAL ELÉCTRICO - ALTERNATIVA 1 (US\$)</b>	<b>3,607,670.0</b>
---	--------------------

**Notas:**

- El suministro de energía será con dos puntos de alimentación en 4.16 kV configuración en anillo redundante por temas de seguridad por si uno de los alimentadores sufre un corte, cada uno de los alimentadores en Pique Esperanza será de 8017 kVA, y en Pique Montenegro será de 8190 kVA, siendo que en cada Pique solo UNO de los alimentadores suministrará energía al sistema quedando el otro en stand by para entrar a alimentar el sistema ante el corte del primero por avería.
- Los variadores de frecuencia en media tensión están considerados en el capex de la bomba y motor (parte mecánica).
- La sala eléctrica prefabricada será con cerramiento adecuado para interior mita, ambiente húmedo y polvoriento, y deberá tener un sistema de climatización HVAC redundante con tecnología adecuada que no permita ser afectado por el ambiente polvoriento y húmedo del exterior.
- Los equipos eléctricos que irán dentro de la sala eléctrica tendrán un cerramiento Nema 12.

**CAPEX ESTRUCTURAL – ALTERNATIVA 01**

**ALTERNATIVA N° 2 - PIQUE ESPERANZA NIVEL 075**

Item	Descripción	Unidad	Cantid.	Precio total (US\$)			
				Precio unitario (US\$)		Costo directo unitario (US\$)	Costo directo total (US\$)
				Suministro	Montaje		
1.00	Equipos mayores suministrado por el Cliente						
1.01	Tablero switchgear con 2 interruptores de entrada y 4 de salida en 4.16 KV	Pza	1.0	120,000.0	12,000.0	132,000.0	132,000.0
1.02	Tableros con Soft Starter en 4.16 KV, para bombas centrifugas de 746 KW de potencia instalada	Pza	3.0	68,000.0	6,800.0	74,800.0	224,400.0
1.03	Transformador de distribución de 225 KVA, 4.16/0.48 KV	Pza	1.0	20,000.0	2,000.0	22,000.0	22,000.0
1.04	Centro de control de motores en 480 V, 600 A	Pza	1.0	52,000.0	5,200.0	57,200.0	57,200.0
1.05	Sala eléctrica prefabricada, dimensiones: 15 x 4 x 6 m (Largo x Ancho x Altura)	Pza	1.0	480,000.0	48,000.0	528,000.0	528,000.0
1.06	Transformador de Distribución 5 KVA, 480/400-230 V	Pza	1.0	4,000.0	400.0	4,400.0	4,400.0
1.07	Tablero de Distribución en 230 V	Pza	1.0	3,000.0	300.0	3,300.0	3,300.0
1.08	Transformador de Control 1 KVA, 480/120 V	Pza	1.0	2,500.0	250.0	2,750.0	2,750.0
1.09	Tablero de Distribución en 120 V	Pza	1.0	2,500.0	250.0	2,750.0	2,750.0
1.10	Sistema HVAC Redundante sala eléctrica	Pza	1.0	180,000.0	18,000.0	198,000.0	198,000.0
1.11	Sistema ContraIncendios (Detección) sala eléctrica	Pza	1.0	30,000.0	3,000.0	33,000.0	33,000.0
	<b>TOTAL EQUIPOS</b>						<b>1,207,800.0</b>
2.00	Por el Contratista						
2.10	Suministro y montaje de cables de fuerza, ducterías, bandejas						181,170.0
2.11	Suministro y montaje de sistemas de alumbrado						120,780.0
2.12	Suministro y montaje de sistemas de puesta a tierra						120,780.0
	<b>COSTO TOTAL ELÉCTRICO - ALTERNATIVA 2 PIQUE ESPERANZA NIVEL 075 (US\$)</b>						<b>1,830,630.0</b>

**ALTERNATIVA N° 2 - PIQUE ESPERANZA NIVEL 310**

Item	Descripción	Unidad	Cantid.	Precio total (US\$)			
				Precio unitario (US\$)		Costo directo unitario (US\$)	Costo directo total (US\$)
				Suministro	Montaje		
1.00	Equipos mayores suministrado por el Cliente						
1.01	Tablero switchgear con 2 interruptores de entrada y 4 de salida en 4.16 KV	Pza	1.0	120,000.0	12,000.0	132,000.0	132,000.0
1.02	Tableros con Soft Starter en 4.16 KV, para bombas centrifugas de 1119 KW de potencia instalada	Pza	3.0	85,000.0	8,500.0	93,500.0	280,500.0
1.03	Transformador de distribución de 225 KVA, 4.16/0.48 KV	Pza	1.0	20,000.0	2,000.0	22,000.0	22,000.0
1.04	Centro de control de motores en 480 V, 600 A	Pza	1.0	52,000.0	5,200.0	57,200.0	57,200.0
1.05	Sala eléctrica prefabricada, dimensiones: 15 x 4 x 6 m (Largo x Ancho x Altura)	Pza	1.0	480,000.0	48,000.0	528,000.0	528,000.0
1.06	Transformador de Distribución 5 KVA, 480/400-230 V	Pza	1.0	4,000.0	400.0	4,400.0	4,400.0
1.07	Tablero de Distribución en 230 V	Pza	1.0	3,000.0	300.0	3,300.0	3,300.0
1.08	Transformador de Control 1 KVA, 480/120 V	Pza	1.0	2,500.0	250.0	2,750.0	2,750.0
1.09	Tablero de Distribución en 120 V	Pza	1.0	2,500.0	250.0	2,750.0	2,750.0
1.10	Sistema HVAC Redundante sala eléctrica	Pza	1.0	180,000.0	18,000.0	198,000.0	198,000.0
1.11	Sistema ContraIncendios (Detección) sala eléctrica	Pza	1.0	30,000.0	3,000.0	33,000.0	33,000.0
	<b>TOTAL EQUIPOS</b>						<b>1,288,800.0</b>
2.00	Por el Contratista						
2.10	Suministro y montaje de cables de fuerza, ducterías, bandejas						189,585.0
2.11	Suministro y montaje de sistemas de alumbrado						126,390.0
2.12	Suministro y montaje de sistemas de puesta a tierra						126,390.0
	<b>COSTO TOTAL ELÉCTRICO - ALTERNATIVA 2 PIQUE ESPERANZA NIVEL 310 (US\$)</b>						<b>1,708,265.0</b>

**Notas:**

- El suministro de energía será con dos puntos de alimentación en 4.16 KV configuración en anillo redundante por temas de seguridad por si uno de los alimentadores sufre un corte, para Pique Esperanza Nivel 075 c/u de los alimentadores será de 4618 KVA, y para Pique Esperanza Nivel 310 c/u de los alimentadores será de 5816 KVA; siendo que solo en cada nivel de pique UNO de ellos alimentará al sistema quedando el otro en stand by para entrar a alimentar el sistema ante el corte del primero por avería.
- La sala eléctrica prefabricada será con cerramiento adecuado para interior mina, ambiente húmedo y polvoriento, y deberá tener un sistema de climatización HVAC redundante con tecnología adecuada que no permita ser afectado por el ambiente polvoriento y húmedo del exterior.
- Los equipos eléctricos que irán dentro de la sala eléctrica tendrán un cerramiento Nema 12.

**ALTERNATIVA N° 2 - PIQUE MONTENEGRO NIVEL 075**

Item	Descripción	Unidad	Cantid.	Precio total (US\$)			
				Precio unitario (US\$)		Costo directo unitario (US\$)	Costo directo total (US\$)
				Suministro	Montaje		
1.00	Equipos mayores suministrado por el Cliente						
1.01	Tablero switchgear con 2 interruptores de entrada y 4 de salida en 4,16 kV	Pza	1.0	120,000.0	12,000.0	132,000.0	132,000.0
1.02	Tableros con Soft Starter en 4,16 kV, para bombas centrífugas de 933 kW de potencia instalada	Pza	3.0	102,000.0	10,200.0	112,200.0	336,600.0
1.03	Transformador de distribución de 225 KVA, 4,16/0,48 kV	Pza	1.0	20,000.0	2,000.0	22,000.0	22,000.0
1.04	Centro de control de motores en 480 V, 600 A	Pza	1.0	52,000.0	5,200.0	57,200.0	57,200.0
1.05	Sala eléctrica prefabricada, dimensiones: 15 x 4 x 6 m (Largo x Ancho x Altura)	Pza	1.0	480,000.0	48,000.0	528,000.0	528,000.0
1.06	Transformador de Distribución 5 KVA, 480/400-230 V	Pza	1.0	4,000.0	400.0	4,400.0	4,400.0
1.07	Tablero de Distribución en 230 V	Pza	1.0	3,000.0	300.0	3,300.0	3,300.0
1.08	Transformador de Control 1 KVA, 480/120 V	Pza	1.0	2,500.0	250.0	2,750.0	2,750.0
1.09	Tablero de Distribución en 120 V	Pza	1.0	2,500.0	250.0	2,750.0	2,750.0
1.10	Sistema HVAC Redundante sala eléctrica	Pza	1.0	180,000.0	18,000.0	198,000.0	198,000.0
1.11	Sistema Contraincendios (Detección) sala eléctrica	Pza	1.0	30,000.0	3,000.0	33,000.0	33,000.0
	<b>TOTAL EQUIPOS</b>						<b>1,820,000.0</b>
2.00	Por el Contratista						
2.10	Suministro y montaje de cables de fuerza, ducterías, bandejas						198,000.0
2.11	Suministro y montaje de sistemas de alumbrado						132,000.0
2.12	Suministro y montaje de sistemas de puesta a tierra						132,000.0
	<b>COSTO TOTAL ELÉCTRICO - ALTERNATIVA 2 PIQUE MONTENEGRO NIVEL 075 (US\$)</b>						<b>1,782,000.0</b>

**ALTERNATIVA N° 2 - PIQUE MONTENEGRO NIVEL 375**

Item	Descripción	Unidad	Cantid.	Precio total (US\$)			
				Precio unitario (US\$)		Costo directo unitario (US\$)	Costo directo total (US\$)
				Suministro	Montaje		
1.00	Equipos mayores suministrado por el Cliente						
1.01	Tablero switchgear con 2 interruptores de entrada y 4 de salida en 4,16 kV	Pza	1.0	120,000.0	12,000.0	132,000.0	132,000.0
1.02	Tableros con Soft Starter en 4,16 kV, para bombas centrífugas de 933 kW de potencia instalada	Pza	3.0	85,000.0	8,500.0	93,500.0	280,500.0
1.03	Transformador de distribución de 225 KVA, 4,16/0,48 kV	Pza	1.0	20,000.0	2,000.0	22,000.0	22,000.0
1.04	Centro de control de motores en 480 V, 600 A	Pza	1.0	52,000.0	5,200.0	57,200.0	57,200.0
1.05	Sala eléctrica prefabricada, dimensiones: 15 x 4 x 6 m (Largo x Ancho x Altura)	Pza	1.0	480,000.0	48,000.0	528,000.0	528,000.0
1.06	Transformador de Distribución 5 KVA, 480/400-230 V	Pza	1.0	4,000.0	400.0	4,400.0	4,400.0
1.07	Tablero de Distribución en 230 V	Pza	1.0	3,000.0	300.0	3,300.0	3,300.0
1.08	Transformador de Control 1 KVA, 480/120 V	Pza	1.0	2,500.0	250.0	2,750.0	2,750.0
1.09	Tablero de Distribución en 120 V	Pza	1.0	2,500.0	250.0	2,750.0	2,750.0
1.10	Sistema HVAC Redundante sala eléctrica	Pza	1.0	180,000.0	18,000.0	198,000.0	198,000.0
1.11	Sistema Contraincendios (Detección) sala eléctrica	Pza	1.0	30,000.0	3,000.0	33,000.0	33,000.0
	<b>TOTAL EQUIPOS</b>						<b>1,268,900.0</b>
2.00	Por el Contratista						
2.10	Suministro y montaje de cables de fuerza, ducterías, bandejas						189,585.0
2.11	Suministro y montaje de sistemas de alumbrado						126,390.0
2.12	Suministro y montaje de sistemas de puesta a tierra						126,390.0
	<b>COSTO TOTAL ELÉCTRICO - ALTERNATIVA 2 PIQUE MONTENEGRO NIVEL 375 (US\$)</b>						<b>1,708,265.0</b>

<b>COSTO TOTAL ELÉCTRICO - ALTERNATIVA 2 (US\$)</b>	<b>8,826,080.0</b>
---	--------------------

**Notas:**

- El suministro de energía será con dos puntos de alimentación en 4,16 kV configuración en anillo redundante por temas de seguridad por el uno de los alimentadores sufrirá un corte, para Pique Montenegro Nivel 075 el de los alimentadores será de 5563 KVA, y para Pique Montenegro Nivel 375 el de los alimentadores será de 5055 KVA, siendo que solo en cada nivel de pique UNO de ellos alimentará al sistema quedando el otro en stand by para entrar a alimentar el sistema ante el corte del primero por avería.
- La sala eléctrica prefabricada será con cerramiento adecuado para interior mina, ambiente húmedo y polvoriento, y deberá tener un sistema de climatización HVAC redundante con tecnología adecuada que no permita ser afectado por el ambiente polvoriento y húmedo del exterior.
- Los equipos eléctricos que irán dentro de la sala eléctrica tendrán un cerramiento Nema 12.

## CAPEX INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL – ALTERNATIVA 01 Y 02

Ítem	Descripción	Unidad	Cantid.	Precio total (US\$)			
				Precio unitario (US\$)		Costo directo unitario (US\$)	Costo directo total (US\$)
				Suministro	Montaje		
<b>ALTERNATIVA Nº 1 - BOMBEO DE LODOS EN UNA ETAPA</b>							
1.00	Equipos de medición y control (Por el Cliente)						
1.01	Sensor transmisor de flujo, magnético	Un	3	4,000.00	600.00	4,600.00	13,800.00
1.02	Transmisor de nivel ultrasónico	Un	1	1,200.00	180.00	1,380.00	1,380.00
1.03	Transmisor de Presión con diafragma	Un	1	1,400.00	210.00	1,610.00	1,610.00
1.04	Válvula de control, bola	Un	3	20,000.00	400.00	20,400.00	61,200.00
1.05	Válvula de control, cuchilla	Un	3	3,200.00	320.00	3,520.00	10,560.00
1.06	Estación de control 2 Válvulas	Un	3	1,000.00	150.00	1,150.00	3,450.00
1.07	Estación de control 3 motores	Un	2	1,400.00	210.00	1,610.00	3,220.00
1.08	Interruptor de nivel tipo boya	Un	2	150.00	22.50	172.50	345.00
1.09	Manómetro con diafragma	Un	2	280.00	42.00	322.00	644.00
1.10	Anunciador Sirena con baliza	Un	2	300.00	45.00	345.00	690.00
2.00	Instalaciones eléctricas para el sistema de Instrumentación y Control						
2.01	Cable de instrumentación, apantallado: 1p + 6h 16 AWG	m	250	1.0	0.30	1.30	325.00
2.02	Cable de control tipo TC, 3 cond. 14 AWG	m	200	2.0	0.60	2.60	520.00
2.03	Cable de control tipo TC, 7 cond. 14 AWG	m	150	3.2	1.50	4.70	705.00
2.04	Cable de Fibra óptica monomodo, 12 fibras	m	3,000	3.2	1.00	4.20	12,600.00
2.05	Tuberta conduit metálica 3/4", incluye fittings y accesorios	m	650	5.0	1.50	6.50	4,225.00
2.06	Tuberta conduit metálica 1", incluye fittings y accesorios	m	30	7.0	2.10	9.10	273.00
3.00	Instalaciones Control						
3.01	Controlador Lógico Programable, switch, UPS, gabinete	Glb	2	45,000.00	6,750.00	51,750.00	103,500.00
3.02	Interfase Hombre/Máquina	Glb	2	5,000.00	750.00	5,750.00	11,500.00
3.03	Estación de Supervisión, Computador de mesa, servidor, impresora	Glb	1	10,000.00	1,000.00	11,000.00	11,000.00
3.04	Servicio de Programación e Ingeniería del sistema de control	Glb	1	10,000.00		10,000.00	10,000.00
<b>COSTO DIRECTO TOTAL INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL US\$</b>							<b>261,647.00</b>
<b>ALTERNATIVA Nº 2 - BOMBEO DE AGUA EN DOS ETAPAS</b>							
1.00	Equipos de medición y control (Por el Cliente)						
1.01	Sensor transmisor de flujo, sonar	Un	6	20,000.00	800.00	20,800.00	124,800.00
1.02	Transmisor de nivel ultrasónico	Un	2	1,200.00	180.00	1,380.00	2,760.00
1.03	Transmisor de Presión con diafragma	Un	6	1,400.00	210.00	1,610.00	9,660.00
1.04	Válvula de control, bola	Un	6	20,000.00	400.00	20,400.00	122,400.00
1.05	Válvula de control, cuchilla	Un	6	3,200.00	320.00	3,520.00	21,120.00
1.06	Estación de control 2 Válvulas	Un	6	1,000.00	150.00	1,150.00	6,900.00
1.07	Estación de control 3 motores	Un	2	1,400.00	210.00	1,610.00	3,220.00
1.08	Interruptor de nivel tipo boya	Un	4	150.00	22.50	172.50	690.00
1.09	Manómetro con diafragma	Un	4	280.00	42.00	322.00	1,288.00
1.10	Anunciador Sirena con baliza	Un	4	300.00	45.00	345.00	1,380.00
2.00	Instalaciones eléctricas para el sistema de Instrumentación y Control						
2.01	Cable de instrumentación, apantallado: 1p + 6h 16 AWG	m	500	1.0	0.30	1.30	650.00
2.02	Cable de control tipo TC, 3 cond. 14 AWG	m	400	2.0	0.60	2.60	1,040.00
2.03	Cable de control tipo TC, 7 cond. 14 AWG	m	350	3.2	0.96	4.16	1,456.00
2.04	Cable de Fibra óptica monomodo, 12 fibras	m	3,000	3.2	1.00	4.20	12,600.00
2.05	Tuberta conduit metálica 3/4", incluye fittings y accesorios	m	1,000	5.0	1.50	6.50	6,500.00
2.06	Tuberta conduit metálica 1", incluye fittings y accesorios	m	100	7.0	2.10	9.10	910.00
3.00	Instalaciones Control						
3.01	Controlador Lógico Programable, switch, UPS, gabinete	Glb	4	45,000.00	6,750.00	51,750.00	207,000.00
3.02	Interfase Hombre/Máquina	Glb	4	5,000.00	750.00	5,750.00	23,000.00
3.03	Estación de Supervisión, Computador de mesa, servidor, impresora	Glb	1	10,000.00	1,000.00	11,000.00	11,000.00
3.04	Servicio de Programación e Ingeniería del sistema de control	Glb	1	20,000.00		20,000.00	20,000.00
<b>COSTO DIRECTO TOTAL INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL US\$</b>							<b>678,374.00</b>



Perdida Primaria en Tuberia

NV 050 AL NV 355

Ecuacion de Darcy-Weisbach

Caudal	m3/h	150	300	450	600	900
Caudal	m3/s	540	1080	1620	2160	3240
Caudal	lps	0.15	0.3	0.45	0.6	0.9
Diametro	pulg.	150	300	450	600	900
Diametro	m	17.25	17.25	17.25	17.25	17.25
Longitud	m	0.43815	0.43815	0.43815	0.43815	0.43815
Velocidad	m/s	750	750	750	750	750
Viscosidad	m2/s	0.99	1.99	2.98	3.98	5.97
Re		0.00000101	0.00000101	0.00000101	0.00000101	0.00000101
Coef. Rugosidad K		431575	863150	1294725	1726300	2589449
Factor de perdidas λ		0.000025	0.000025	0.000025	0.000025	0.000025

Coef. Rugosidad K

Factor de perdidas λ

Hrp	m	1.22	4.48	9.68	16.78	36.66
Diferencia Cotas	m	307	307	307	307	307
ADT	m	308.22	311.48	316.68	323.78	343.66
Bombas	4	77.06	77.87	79.17	80.95	85.92
Slysell 18"	0%	308.2	311.4	316.4	323.2	342.1
Slysell 18"	5%	310.7	312.5	317	323.5	341.7

Factor de perdidas λ

Tuberia	Regimen	Resultado λ
Lisa y rugosa	Laminar	1.48E-04
Lisas	Turb. Re<100000	0.012329
Lisas	Turb. Re<100000	0.01416989
Rugosas	Turb. Transicion	
Rugosas	Turbulento	

Poiseuille

Blasius

Colebrook

Karman-Prandtl

Coef. Rugosidad K	
Ac. laminado nuevo	0.05
Ac. laminado oxidado	0.23
Ac. Laminado c/Incrust.	2.2
HDPE	0.000025