

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS, GEOLOGIA Y CIVIL**

**ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS**



**“SEMIMECANIZACION DEL METODO DE CAMARAS Y PILARES EN  
LA MINA SHUNTUR”**

**TRABAJO DE TESIS**

**PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO DE MINAS**

**PRESENTADO POR:**

**EDMUNDO DIOMEDES TORRES VALDIVIA**

*Ayacucho - Perú*

*2010*

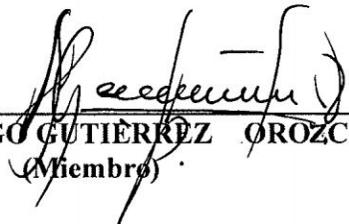
**“SEMIMECANIZACION DEL METODO DE CAMARES Y  
PILARES EN LA MINA SHUNTUR”**

**RECOMENDADO : 21 DE ENERO DEL 2010**

**APROBADO : 10 DE MAYO DEL 2010**



**Ing° CARLOS PRADO PRADO**  
(Presidente)



**Ing° N. HUGO GUTIERREZ OROZCO**  
(Miembro)



**Ing° GROVER RUBINA SALAZAR**  
(Miembro)



**Ing° VÍCTOR FLORES MORENO**  
(Miembro)



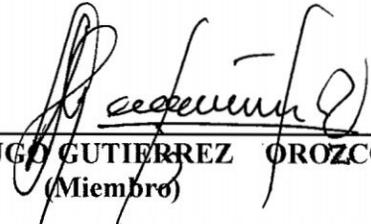
**Ing° JOSE HUGO DE LA CRUZ FLORES**  
(Secretario Docente)

Según el acuerdo constatado en el Acta, levantada el 10 de mayo del 2010, en la sustentación del trabajo profesional de tesis, presentado por el Bachiller en Ciencias de la Ingeniería de Minas Sr. Edmundo Diomedes TORRES VALDIVIA, con el trabajo de tesis titulado : “SEMIMECANIZACION DEL METODO DE CAMARAS Y PILARES EN LA MINA SHUNTUR”, fue calificado con la nota de CATORCE (14) por lo que se da la respectiva APROBACION.



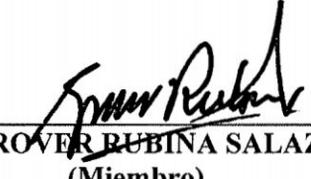
---

Ing° CARLOS PRADO PRADO  
(Presidente)



---

Ing° N. HUGO GUTIERREZ OROZCO  
(Miembro)



---

Ing° GROVER RUBINA SALAZAR  
(Miembro)



---

Ing° VICTOR FLORES MORENO  
(Miembro)



---

Ing° JOSE HUGO DE LA CRUZ FLORES  
(Secretario Docente)

## **DEDICATORIA**

*A mi madre Bertha, por su guía y apoyo  
Incondicional durante mis estudios.*

*A mi hija Camila Andrea que  
me inspira, con todo cariño*

## **AGRADECIMIENTO**

Mis sinceros agradecimientos al Empresario Sr Genaro Cárdenas Sulca, Gerente de la Empresa Especializada Alpha Ingeniería Subterránea, por haberme dado la oportunidad de laborar en la dirección de las operaciones de la Mina Shuntur

.De igual forma agradezco a los Profesores de la Escuela de Formacion Profesional de Ingeniería de Minas de la UNSCH, por sus sabias enseñanzas en mi formacion como Ingeniero de minas

## **INTRODUCCION**

El método de explotación adecuado que se aplica en un yacimiento es de suma importancia, tanto para la producción, seguridad y costos; parámetros cuya interacción determinan la rentabilidad de una empresa.

En la Mina Shuntur se viene aplicando el sistema convencional y el método de cámaras y pilares, cuyo rendimiento es bajo y no concuerda con los objetivos y metas planteados por la empresa. Para mejorar la producción se ha visto por conveniente semimecanizar la mina mediante la aplicación del Trackless Mining, que tiene muchas ventajas como es el alto rendimiento, reducción de los costos, uso reducido de la mano de obra y el menor tiempo de recuperación del capital invertido por la empresa.

La semimecanización planteada abarca la construcción de rampas, galerías y la preparación de los tajeos para la extracción mediante los equipos LHD, por ser la etapa de limpieza la más crítica en la explotación mediante cámaras y pilares.

## **RESUMEN**

El presente trabajo de tesis se ha desarrollado durante el año 2009, donde se ha planteado la necesidad de mejorar la explotación, a fin de incrementar la producción a 500 TMD y a este ritmo las reservas minerales cubicadas actualmente en la mina shuntur alcanzan para una operación de 4 años.

Para este fin el trabajo se ha dividido en 4 capítulos, así:

El capítulo I,- Generalidades. Trata aspectos generales como ubicación y accesibilidad, clima, antecedentes, organización, los cuales permiten conocer su situación actual de la mina.

El capítulo II.- Geología. Describe la geología regional, local y económico, donde se determina la cantidad de reservas minerales, como las leyes que posee el yacimiento y que constituye la base para la explotación planteada.

El capítulo III.- Semimecanización del Método de Cámaras y Pilares, constituye el capítulo central del trabajo y trata de los aspectos técnicos tendientes a la semimecanización de la explotación que se propone en la mina Shuntur.

El capítulo IV.- Medio ambiente. Detalla la posible generación de sustancias sólidas y líquidas que la explotación producirá durante el tiempo que dure la operación y afectará el medio ambiente, como también la mitigación y control de dichos agentes, como también en la etapa de cierre.

El capítulo V.- Aspectos económico y financieros considerados en la semimecanización del método de cámaras y pilares. Hace un análisis de los costos que la explotación originará, las inversiones requeridas y en base a los indicadores económicos elaborados determina que el proyecto es rentable y justifica su ejecución.

## INDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
INTRODUCCION	
RESUMEN	

### CAPITULO I

#### ASPECTOS GENERALES

1.1.	UBICACIÓN Y ACCESO.	1
1.2.	CLIMA Y VEGETACIÓN.	2
1.3.	ANTECEDENTES.	2
1.4.	OBJETO DEL TRABAJO.	3
1.5.	MÉTODO DE TRABAJO.	3
1.6.	JUSTIFICACIÓN.	4
1.7.	RECURSOS.	4
1.7.1.	RECURSO NATURAL:	4
1.7.2.	RECURSOS HIDRICOS:	4
1.7.3.	RECURSO HUMANO:	4
1.8.	MÉTODO DE TRABAJO.	4
1.9.	FISIOGRAFIA.	5
1.9.1.	FISIOGRAFIA REGIONAL.	5
1.9.2.	FISIOGRAFIA DEL AREA DE LA MINA.	6
1.10.	HIDROLOGIA.	6

### CAPITULO II

#### GEOLOGIA

2.1.	GEOLOGÍA REGIONAL.	7
2.1.1.	ESTRATIGRAFIA.	8
2.2.	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.	10
2.3.	GEOLOGÍA LOCAL.	10
2.4.	GEOLOGÍA ECONOMICA.	10
2.4.1.	GENESIS.	10
2.4.2.	MINERALIZACIÓN:	10
2.4.3.	ZONEAMIENTO.	11

2.4.4.	ALTERACIONES.	11
2.4.5.	ESTRUCTURAS MINERALIZADAS.	11
2.4.6.	RESERVAS MINERALES.	12
2.5.	POSIBILIDADES GEOLÓGICAS DEL YACIMIENTO.	13

### CAPITULO III

#### MECANIZACION DEL METODO DE CAMARAS Y PILARES.

3.1.	SISTEMA MECANIZADO.	14
3.2.	LABORES MINERAS.	14
3.3.	MÉTODO DE CAMARAS Y PILARES.	15
3.3.1.	ASPECTOS GEOTÉCNICOS.	16
3.4.	DISEÑO DEL TAJO.	17
3.4.1	DISEÑO DEL BLOCK DE EXPLOTACIÓN.	17
3.5.	EXPLOTACIÓN.	21
3.5.1.	PERFORACIÓN Y VOLADURA.	21
3.5.2.	CARGUIO.	23
3.5.3.	ACARREO.	24
3.6.	PERSONAL.	24
3.7.	COSTOS DE EXPLOTACIÓN.	24
3.8.	CONTROLES DE LAS OPERACIONES.	25

### CAPÍTULO IV

#### MEDIO AMBIENTE

4.1.	PLAN DE MANEJO Y CONTROL DEL MEDIO AMBIENTE.	26
4.1.1.	CONTROL Y MANEJO DE AGUAS ÁCIDAS DE MINA.	26
4.1.2.	DISPOSICIÓN DE MATERIAL ESTÉRIL O DESMONTE DEL INTERIOR MINA Y SUPERFICIE.	27
4.1.3.	PLAN DE MANEJO DE AGUAS RESIDUALES.	28
4.1.4.	PLAN DE MANEJO DE AGUAS INDUSTRIALES.	29
4.1.5.	DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS.	30
4.2.	PLAN DE SEGURIDAD E HIGIENE MINERA Y SALUD OCUPACIONAL	31
4.2.1.	PLAN DE SEGURIDAD E HIGIENE MINERA.	31
4.2.2.	PLAN DE CONTINGENCIA.	34
4.3.	MEDIDAS DE PREVENCIÓN, CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES MÁS RELEVANTES.	36
4.3.1	MEDIDAS PREVENTIVAS.	36

4.3.2.	MEDIDAS CORRECTIVAS.	37
4.3.2.1.	MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE LOS EFECTOS EN EL AMBIENTE FÍSICO.	37
4.4.	PLAN DE CIERRE.	38
4.4.1.	ASPECTOS GENERALES.-	38
4.4.2.	MEDIDAS DE MITIGACIÓN EN LA ETAPA DE ABANDONO.	39
4.4.2.1.	OBJETIVOS.	39
4.4.2.2.	CONSIDERACIONES ESPECÍFICAS.	39
4.4.2.3.	ELEMENTOS DE DISEÑO.	40
4.4.2.4.	CRITERIOS PARA EL CIERRE.	40
4.4.2.5.	MONITOREO EN EL PERIODO DE POST CIERRE.	41

## CAPITULO V

### ASPECTOS ECONOMICO-FINANCIEROS CONSIDERADOS EN LA MECANIZACION DEL METODO DE CAMARAS Y PILARES

5.1.	COSTOS DE PRODUCCIÓN.	42
5.2.	VALOR DE LAS RESERVAS.	43
5.3.	ESCALA DE PRODUCCIÓN MINA.	43
5.4.	VIDA DE LA MINA.	43
5.5.	DEPRECIACION DE ACTIVOS.	43
	TOTAL INVERSIONES:	47
5.6.	CRONOGRAMA DE LA INVERSIÓN.	47
5.7.	FINANCIAMIENTO DE LA INVERSIÓN.	47
5.8.	EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA.	48
5.8.1.	ESTADOS FINANCIEROS.	48
5.8.2.	VALOR ACTUAL NETO (VAN).	48
5.8.3.	TASA INTERNA DE RETORNO (TIR).	48
5.8.4.	PERIODO DE RETORNO.	49
5.9.	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.	50
5.10.	RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA- FINANCIERA.	50
	CONCLUSIONES:	51
	RECOMENDACIONES:	54
	BIBLIOGRAFIA	55

# CAPITULO I

## ASPECTOS GENERALES

### **1.1. UBICACIÓN Y ACCESO.**

La Mina Shuntur se encuentra ubicada a 23 Km. al NW de la ciudad de Huaraz, distrito de Pira, provincia de Huaraz, departamento de Ancash, a una altitud de 3,345 m.s.n.m entre las coordenadas geográficas (ver plano N°1)

Latitud            9° 26' 30" Sur

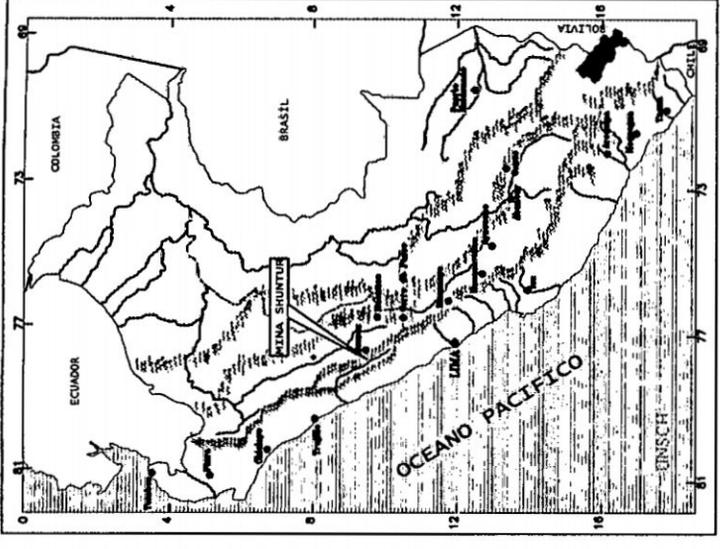
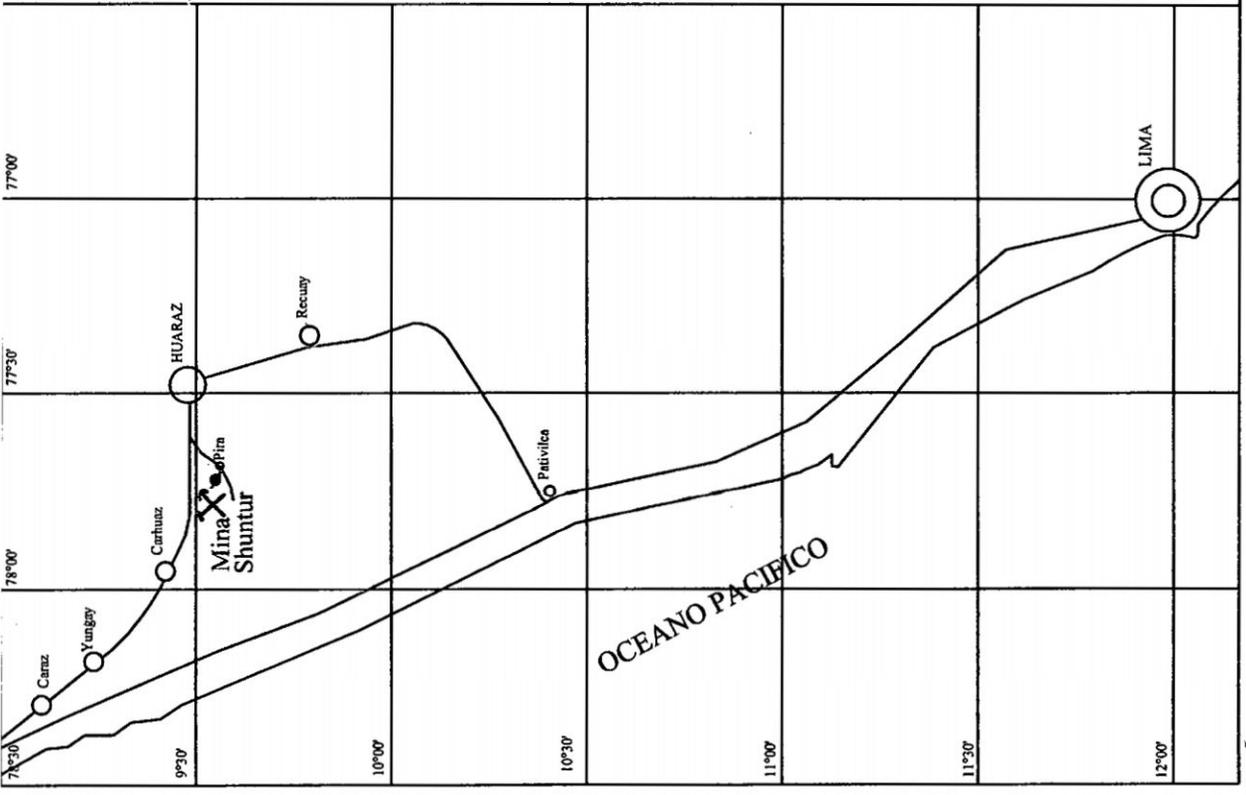
Longitud        77° 35' 10" Oeste

Y coordenadas UTM:

8941.180 N            200745 E

La planta concentradora se halla ubicada en el margen izquierdo del Río Pira.

El acceso a esta mina desde la ciudad de Huaraz se realiza de la siguiente manera:



FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS, GEOLOGIA Y CIVIL	
ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS	
<b>UBICACION Y ACCESO</b>	
<b>MINA SHUNTUR</b>	
DIBUJO: E. Torres Valdivia	ESCALA: 1/6750,000
	FECHA: Enero 2010
	PLANO 1

TRAMO	TIPO DE CARRETERA	DISTANCIA KM	TIEMPO HORAS
Lima – Huaraz	Asfaltada	409	6.0
Huaraz - Pira	Afirmada	70	2.0
Pira – Mina	Trocha carrozable	2	0.1
Total		481	8.1

## 1.2. CLIMA Y VEGETACIÓN.

En esta parte de la cordillera de los andes, se presenta dos estaciones bien definidas, una estación húmeda entre los meses de noviembre a abril, caracterizado por precipitaciones de lluvia y granizo, donde la temperatura es de 24°C durante el día y de 10 °C durante la noche. La otra estación es seca entre los meses de mayo a octubre, donde la temperatura en el día es de 16°C y en la noche baja 7°C.

La vegetación en la zona consta de árboles de tallo alto como: eucaliptos y quenuales que crecen en la quebradas y pequeños arbustos propios de de esta región.

## 1.3. ANTECEDENTES.

La Mina Shuntur fue prospectada el año 1973 por el Banco Minero del Perú, dentro de su política de fomentar el desarrollo minero en la región de Ancash. En esa oportunidad se realizaron trincheras y pequeños inclinados, lográndose tomar muestras que fueron analizados en el laboratorio del BM, cuyos resultados fueron de bastante interés económico.

En el año de 1980 es pedido como concesión al estado por el Sr. Alberto Quintana, que luego de aceptado, se apertura la galería en el nivel-0 manto Sagitario, desarrollándose 150 m. y un tajo, obteniéndose más de 1,000 TM, de mineral que fueron enviados a la Planta Concentradora de Catac en Recuay. Está

mina posteriormente es abandonada por problemas económicos.

El año 2004, la mina pasa a manos de la Empresa Shuntur S.A.C, quién explota la mina con una producción de 50 TMD y luego de construido la planta concentradora aumenta su producción a 200 TMD para luego llegar a extraer 250 TMD de los mantos Sagitario, Esperanza y Diamante. Actualmente se tiene proyectado semimecanizar la mina y ampliar la planta concentradora.

#### **1.4. OBJETO DEL TRABAJO.**

##### **OBJETIVO GENERAL:**

Constituir un modelo en la semimecanización del método de explotación de Cámaras y Pilares en la explotación de mantos mineralizados.

Servir al suscrito como tema de tesis, para optar el título de ingeniero de minas.

##### **OBJETIVO ESPECIFICO:**

El presente trabajo es para contribuir a la productividad de la empresa haciendo las operaciones de explotación sean eficientes y de bajo costo, mediante la semimecanización del método de explotación de cámaras y pilares.

#### **1.5. MÉTODO DE TRABAJO.**

El desarrollo del presente trabajo comprende dos etapas.

##### **A.- Recopilación de información básica:**

Comprende toma de muestras rocosas, control de tiempos de equipos, datos de precios de materiales y equipos, toma de datos de rendimientos de personal y equipos, datos geológicos, datos de seguridad y de medio ambiente.

**B.- Trabajos de gabinete:**

Ensayos de laboratorio para hallar las propiedades físicas y mecánicas de la muestra tomadas, procesamiento y análisis de datos obtenidos, elaboración de planos geológicos, cuadros geotécnicos y de costos unitarios por labores, diseño de explotación, diseño para la deposición, control y mitigación de residuos que la explotación generara y finalmente la redacción de tesis.

**1.6. JUSTIFICACIÓN.**

Debido a la baja de precios de los metales básicos, debido a la crisis económica mundial y el constante incremento de los costos, es de necesidad mecanizar la explotación a fin de lograr la eficiencia y productividad, lo cual dará como resultado la rentabilidad esperada por la empresa.

**1.7. RECURSOS.****1.7.1. RECURSO NATURAL:**

El mineral existente en el yacimiento, constituye en principal recurso natural y que es objeto del presente trabajo.

**1.7.2. RECURSOS HIDRICOS:**

El agua para trabajos de mina y uso en campamentos, es captado de puquiales y de la laguna Huiñoc y que son almacenados en reservorios, de donde se distribuye mediante tuberías, el agua es escasa en épocas secas de junio a noviembre para lo cual se capta el agua que drena de interior mina hacia la superficie para almacenar en un pozo de concreto y luego mediante el uso de una bomba hidráulica se bombea a un reservorio que se encuentra en la parte mas alta de la galería superior.

### **1.7.3. RECURSO HUMANO:**

La mano de obra no calificada es abundante en la zona, los pobladores tienen cierta experiencia en trabajos mineros, en cambio la mano de obra calificada es escasa, por lo que es llevada de otros lugares.

## **1.8. FISIOGRAFIA.**

### **1.8.1. FISIOGRAFIA REGIONAL.**

La Mina Shuntur está ubicado en la cordillera occidental andina, la misma que en Ancash está dividida en tres elementos bien definidos, que corren paralelos en dirección Noreste – sudeste: la Cordillera Blanca, el valle del Río Santa y la Cordillera Negra.

La Cordillera Blanca es llamada así porque sus picos, muchos de los cuales superan los 6,000 msnm, están perpetuamente cubiertos de nieve. El Nevado Huascarán, el pico más elevado del Perú con una altitud de 6,768 msnm, es parte de esta cadena.

El valle del Río Santa en la zona del proyecto, tiene aproximadamente 165 Km. de largo, desde las nacientes del Río Santa hacia el sur hasta el Cañón del Pato al norte. El valle separa a la Cordillera Blanca, que se ubica al este, de la Cordillera Negra al oeste. La Cordillera Negra, llamada así debido a su falta de nevados y glaciares, es una cadena montañosa con picos que no alcanzan los 5,000 msnm.

### **1.8.2. FISIOGRAFIA DEL AREA DE LA MINA.**

En el área de la mina se han identificado tres unidades fisiográficas principales: la meseta alto andina, el valle de erosión y el cañón de erosión. La meseta alto andina se caracteriza por una topografía ondulante a moderadamente empinada. La mina debido a su elevación de 4,000 msnm se encuentra en esta última unidad fisiográfica.

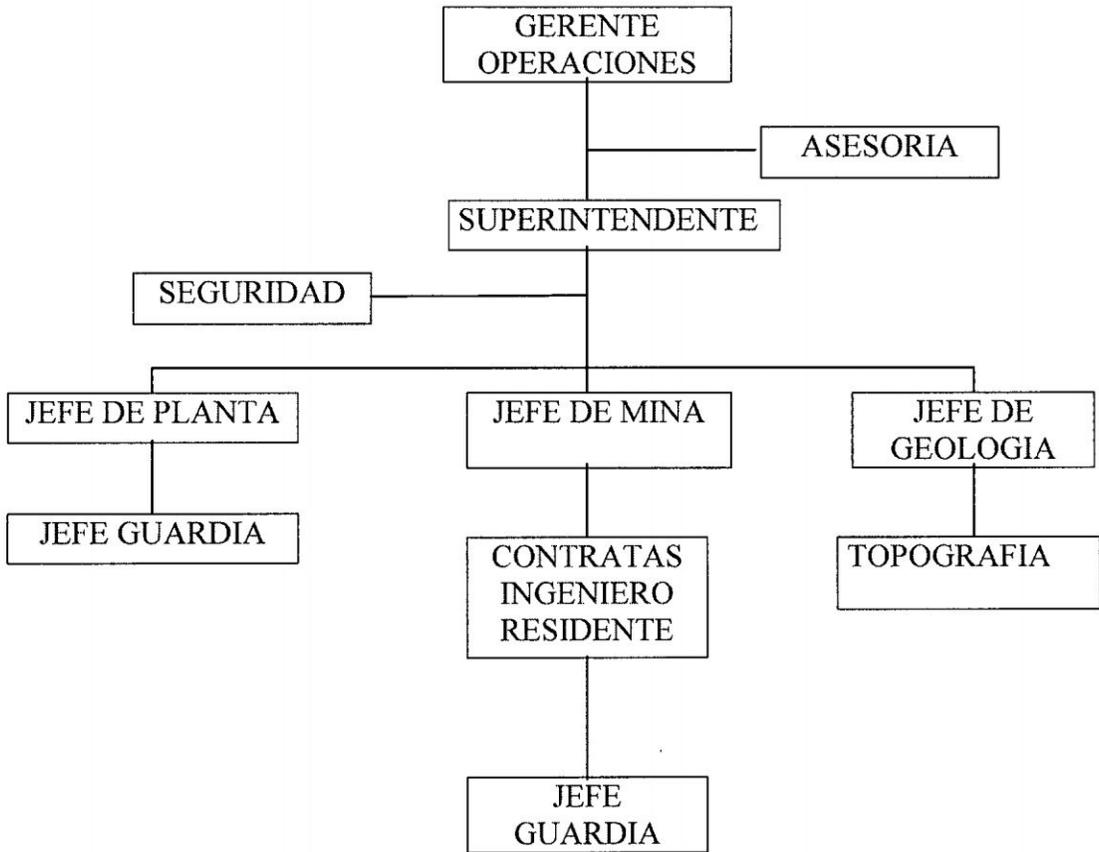
### **1.9. HIDROLOGIA.**

En la región de la mina Shuntur, las aguas drenan a la cuenca del Pacífico, como es el río Santa, el cual a su vez es tributario el Río Pira, que se halla a 2.5 Km. del yacimiento.

### **1.10. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA.**

La Mina Shuntur, está organizado bajo los lineamientos de una administración lineal, donde las jerarquías y responsabilidades están claramente definidos como puede observarse en el organigrama (Lámina N° 1). Este tipo de organización ha dado resultados positivos, por lo que se continúa aplicándose. Por otro lado las deferentes contratas tienen a su vez su organización propia.

# ORGANIGRAMA MINA SHUNTUR



LAMINA N° 01

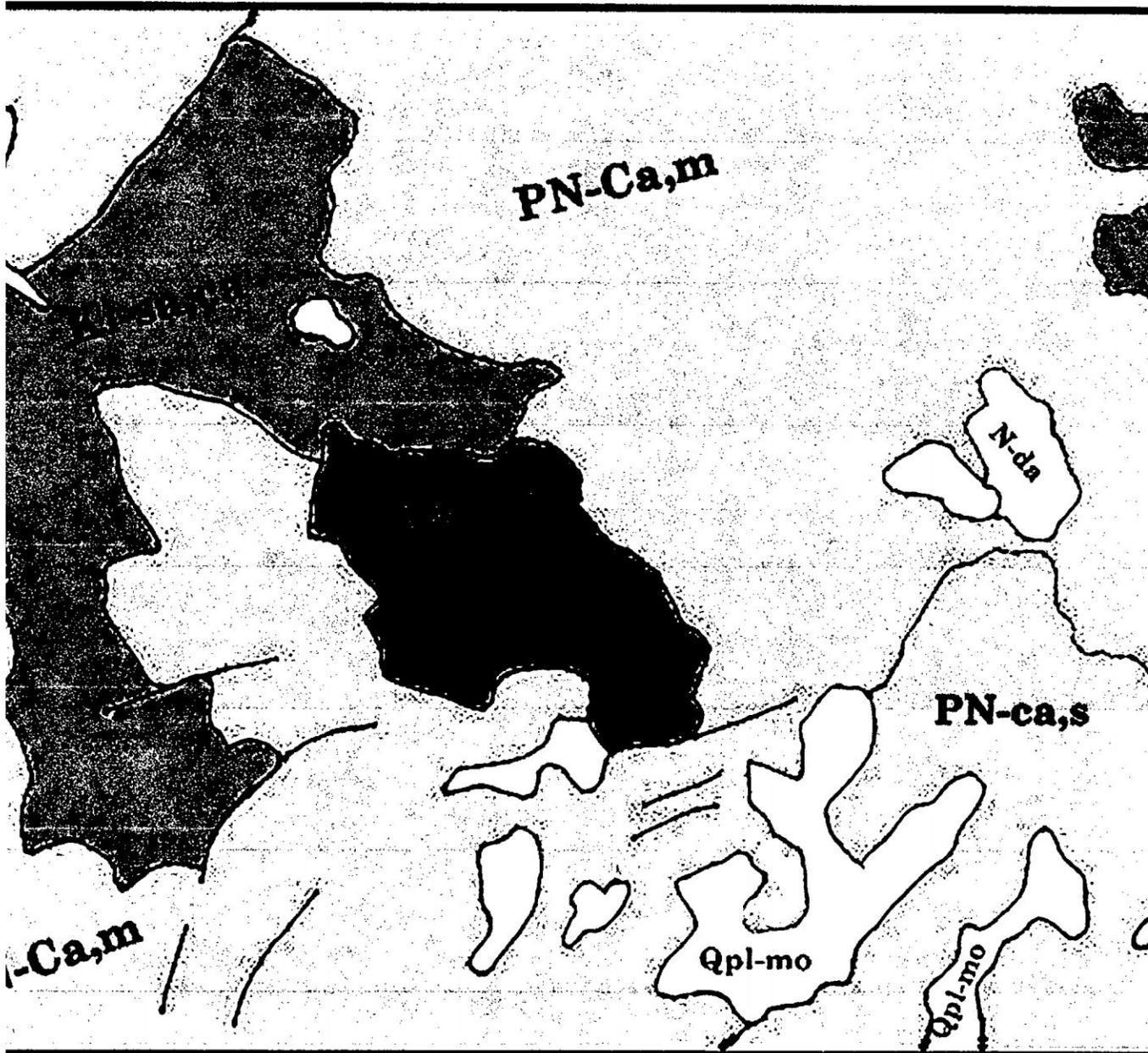
## **CAPITULO II**

### **GEOLOGIA**

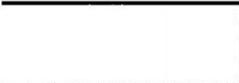
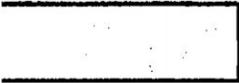
#### **2.1. GEOLOGÍA REGIONAL.**

Esta parte de la Cordillera Negra, está constituida mayormente por sedimentos los mesozoicos bastante plegados, encima una cobertura volcánica Cenozoica ondulada, intruídos por rocas intrusivas constituidos por granodioritas y tonalitas, que es parte del Batolito costanero.

En la zona del yacimiento, las rocas más antiguas que se tienen, son sedimentarias de edad cretácica, depositadas en ambiente marino somero, que han sido intensamente plegadas producto de una tectónica compresiva. Luego ocurre una fase distensiva, que favoreció el desplazamiento de rocas volcánicas sub-aéreas durante el Terciario. Se tiene reconocido cuatro unidades volcánicas que han sido cortadas por brechas volcánicas e intrusiones porfiríticas sub-volcánicas.



**LEYENDA**

	Depósitos morrénicos
	Dacitas
	Tonalita y granodiorita pira
	Pórfido cuarcífero
	Grupo calipuy medio
	Formación Santa-Carhuaz

En la cordillera negra se observa que superponiéndose a los sedimentos con fuerte discordancia angular y erosional se emplazan los volcánicos del Grupo Calipuy (Ver plano N° 02).

### **2.1.1. ESTRATIGRAFIA.**

#### **A. ROCAS SEDIMENTARIAS:**

La secuencia estratigráfica es la siguiente:

#### **FORMACION CARHUAZ – SANTA (Ki-sa-ca).**

La Formación Santa, es de facies marina y suprayace concordantemente o con ligera discordancia paralela a Chimú. Se compone de calizas y margas oscuras, intercaladas con lutitas negras y grises fosilíferas. Su grosor varía de 100 a 350 m. es de edad valanginiana superior.

La Formación Carhuaz, es una formación mayormente continental. Consta de una espesa secuencia de lutitas arenosas, areniscas de colores parduscos a rojizos en capas finas a delgadas. Solamente la parte inferior contiene algunas intercalaciones de calizas marinas y niveles de yeso. Tiene un grosor variable desde algunos cientos de metros hasta un máximo de 1,500 m. la edad que se le signa es valanginiana superior- aptiana.

#### **B. ROCAS INTRUSIVAS.**

#### **TONALITA-GRANODIORITA PIRA(P-to/gd-pi).**

Es una roca intrusiva que está compuesto por plagioclasa, cuarzo, hornblenda, feldespato potásico, biotita, de color gris claro de textura granular, que se ha originado por la fusión de las rocas a grandes profundidades. Aflora en el área de Pira y parte de la Mina Shuntur. La presencia de feldespato potásico confirma que es una granodiorita, que en realidad existe una variación desde tonalita a granodiorita. La edad de este intrusivo es del Paleógeno de la era del cenozoico.

### **PORFIDO CUARCIFERO (P-pc).**

Al oeste de la mina y en inicio de la quebrada Chacchón, existe pequeños afloramientos a manera de Stock de roca compuesto de cuarzo, diseminados en una matriz de roca mas fina. La roca también es de edad paleógeno.

### **DACITAS (N-da):**

Al este de la mina, en dirección de la ciudad de Huaraz, existe stocks de dacita, que es una roca efusiva, compuesto por plagioclasa, cuarzo, feldespato potásico, horblenda, piroxeno, de color gris claro, de grano muy fino. La edad de esta roca se le asigna al paleógeno.

## **C. ROCAS VOLCANICAS.**

### **VOLCANICOS CALIPUY MEDIO (PN-ca-m) :**

Litológicamente consiste de una espesa serie de derrames y piroclásticos, mayormente andesíticos, dacíticos y riolíticos, estratificados en bancos medianos a gruesos de colores grises y verdosos. Localmente contienen intercalaciones de capas delgadas de areniscas, lutitas y calizas muy silicificadas. En la zona cubre gran parte del distrito de Pira continua a lo largo de la cordillera negra. Este volcánico es del cretáceo superior – Terciario Inferior. En el área de la mina, se presentan el miembro medio y más al este el miembro superior que mayormente está conformado por derrames lávicos.

## **D. CUATERNARIO.**

### **DEPOSITOS MORRENICOS (Qpl-mo).**

El afloramiento de rocas volcánicos terciarias del grupo Calipuy, hace de esta zona de notable interés, pues es conocido que estas rocas volcánicas están

ligadas a fases de mineralización económica en diversas áreas.

El cuaternario está constituido por depósitos aluviales y coluviales que se hallan en las quebradas, planicies y alrededor de las lagunas.

## **2.2. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.**

Las fallas mayores son de dirección NW cortadas por el sistema NE. Las de segundo orden son de dirección EW y NS, ambas probablemente son sistemas de distensión. Un último evento ha generado fallas normales de bajo ángulo que generalmente buzcan hacia el sur. Las zonas que probablemente han sido conductos de la mineralización son la intersección de los sistemas NW y NE, las fallas EW y NS.

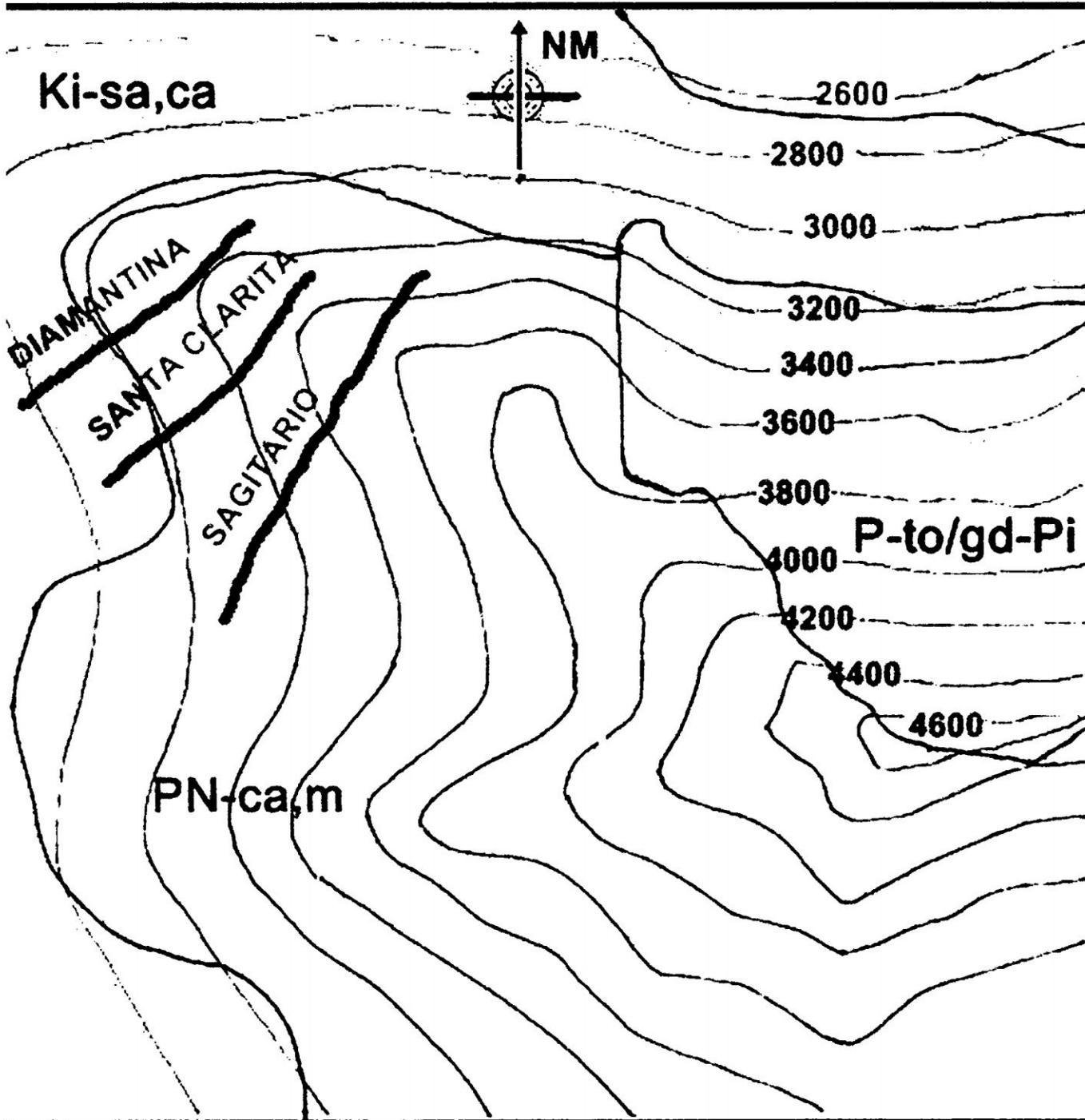
## **2.3. GEOLOGÍA LOCAL.**

El yacimiento de Shuntor se halla emplazado en las rocas sedimentarias de la Formación Santa-Carhuaz y rocas volcánicas del Grupo Calipuy (miembro medio), intruídos por la tonalita Pira (ver plano N° 03). La mineralización se presenta en mantos con potencias de 3 a 5 m. con buzamiento de 30° a 45°SE y en longitudes que sobrepasan los 500 m.. Las cajas están conformadas por calizas de color gris oscura, que se hallan en capas de 30 m. a 40 m. de espesor y con algunas fracturas y alteradas por la acción hidrotermal. Sobre los mantos de calizas se encuentran las andesitas dacíticos del Grupo Calipuy.

## **2.4. GEOLOGÍA ECONOMICA.**

### **2.4.1. GENESIS.**

El yacimiento es de origen hidrotermal, donde el mineral se ha depositado en la roca calcárea de la formación Santa-Carhuaz, constituyendo mantos de mineral.



### LEYENDA

-  Grupo Calipuy medio
-  Formación santa carhuaz
-  Tonalita/granodiorita Pira
-  Contacto geológico
-  Estructura mineralizada

#### **2.4.2. MINERALIZACIÓN:**

El mineral está constituido por argentita ( $\text{SAg}_2$ ), la galena ( $\text{SPb}$ ), calcopirita ( $\text{S}_2\text{FeCu}$ ) y la blenda ( $\text{SZn}$ ), que comprende la mena y el mineral de ganga está conformado mayormente por pirrotita y otros como cuarzo y trazas de illita, caolinita, barita, alunita, pirita, enargita, tetraedrita, hematina, poetita y acantita.

#### **2.4.3. ZONEAMIENTO.**

El soneamiento de la mineralización en el yacimiento se presenta tanto vertical como horizontal.

En los niveles superiores de la mina la ley de plata supera las 3 Oz/TM, igualmente aumenta el Plomo y disminuye en los niveles inferiores, en cambio aumenta el Zinc, como también el cobre; sin embargo más abajo debe disminuir el Zn. En lo que respecta al zoneamiento horizontal, en la parte central del yacimiento las leyes de plomo, plata y zinc se mantienen estables, en cambio en los extremos del yacimiento aparece la calcopirita y desaparece los demás minerales.

#### **2.4.4. ALTERACIONES.**

En el contacto del mineral y cajas se presenta la alteración hidrotermal constituida por la silicificación, dando como resultado la formación de un skarn incipiente.

Por otro lado las rocas que se presentan en el área de la mina, han sido afectadas por alteración supergénica, dando como resultado la formación de goetita y limonitas que dan una coloración amarillenta característica.

#### **2.4.5. ESTRUCTURAS MINERALIZADAS.**

Las estructuras mineralizadas y que actualmente vienen siendo explotadas son:

##### **MANTO SAGITARIO:**

Este manto tiene una potencia de 5.2 m. con rumbo de N 30° E y buzamiento de 45° SE y ha sido desarrollado en subterráneo 350 m. y explotado en los niveles: Niv-1, Niv-0 y Niv- (-1). La mineralización de mena está constituida por galena, blenda, chalcoporita y argentita.

##### **MANTO SANTA CLARITA:**

El manto Santa Clarita es paralelo al manto Sagitario, tiene una potencia de 4.50 m. con rumbo de N 35° E y buzamiento de 42° SE y se tiene desarrollado en subterráneo 260 m. y explotado en el nivel 0. Tiene valores altos de Cu.

##### **MANTO ESPERANZA:**

El manto Esperanza se halla desarrollada 270 m. tiene una potencia de 4.8 m. y leyes altos en Pb y Zn. Su rumbo es de N 40° E y buzamiento 43° SE. Se viene explotando en los niveles: Niv-1 y Niv-0. Contiene valores apreciables de cobre.

##### **MANTO DIAMANTINA:**

El manto Diamante se halla al SE del manto Esperanza y ha sido desarrollado en subterráneo en una longitud de 300 m. Tiene un rumbo de N 46° E y buzamiento de 37° SE. Tiene valores altos en plata y plomo y Cu.

#### **2.4.6. RESERVAS MINERALES.**

Las reservas minerales cubicadas al 30 de julio del 2009, alcanzan los

720,448 TMS, conforme se detalla en el cuadro siguiente:

Cuadro N° 2.4.6  
RESERVAS DE MINERAL MINA SHUNTUR  
AL 30 DE JULIO DEL 2009

CATEGORIA	POTEN. MTS.	TONELAJE TMS	L E Y E S			
			OzAg/TM	%Pb	%Cu	%Zn
Probado	5.10	432,500	6.20	3.53	0.57	7.23
Probable	4.80	287,948	5.80	3.24	0.51	6.75
Total		720,448				
Promedio	4.95		6.04	3.41	0.55	7.04

## 2.5. POSIBILIDADES GEOLÓGICAS DEL YACIMIENTO.

El yacimiento de acuerdo a los sondajes realizados, en el Manto Sagitario presenta mineralización económica hasta los - 300 m. y actualmente se viene trabajando en el Nivel (-2), que corresponde a una distancia de -100 m por lo que falta explotar 200 m. restantes.

Las otras estructuras faltan ser prospectados, sin embargo como en el caso anterior deben profundizar hasta la cota donde termina la Formación Santa Carhuaz.

Por lo expuesto el yacimiento tiene un gran potencial mineralógico y puede contener reservas que prolongará la vida de la mina por varios años.

**CAPITULO III**  
**SEMIMECANIZACION DEL METODO DE CAMARAS Y**  
**PILARES.**

**3.1. SISTEMA SEMIMECANIZADO.**

La empresa Minera Shuntur, empezó su explotación, con el método de cámaras y pilares convencional, empleando perforadoras Jack Leg con taladros de 4, 6 pies. El acarreo subterráneo se realiza desde los shut con carros mineros empujados a pulso y mediante una locomotora a batería de 1.5 TC de peso., obteniéndose una producción de 250 TMD (7,500 TMS por mes).

A fin de aumentar la producción a 500 TMD, reducir los costos, cumplir con las metas programadas, se ha visto por conveniente mecanizar las operaciones de explotación mediante la aplicación del trackless, para lo cual se modificará la sección de las labores de acceso existentes y la construcción de rampas de acceso.

### **3.2. LABORES MINERAS.**

#### **GALERIAS:**

Para la aplicación del trackless y considerando el equipo más grande que transitará (volquete), tendrá una sección de 4 x 4 m. y se desarrollará sobre el manto, pegado hacia la caja techo y con una gradiente de 1%, con su respectiva cuneta de 0.40 x 0.30 m.

#### **RAMPAS:**

Constituye la labor de acceso a los niveles inferiores y también a los tajeos y tendrán una sección de 4 x 4 m. con gradiente de 12%, altura de paso de 18 m. con su respectiva cuneta.

#### **CHIMENEAS:**

Las chimeneas a construirse son de dos tipos: simples de sección de 1.5 x 1.5 m y de 2 x 2 m. y contruidos mediante el método convencional (plataforma de madera + perforadora stoper).

### **3.3. MÉTODO DE CAMARAS Y PILARES.**

El método de cámaras y pilares semimecanizado se aplicará, por las siguientes características del yacimiento.

La mineralización económica se presenta en mantos con buzamiento promedio de 30°

- ✓ Los mantos tienen potencias comprendidos entre 4 a 6 m.
- ✓ Las cajas son medianamente competentes.
- ✓ La distribución del mineral es regular.
- ✓ El mineral es duro y de alta resistencia.

**VENTAJAS.**

- ✓ Permite trabajar en varios frentes.
- ✓ Es selectivo, el estéril que puede presentarse, es dejado como pilar de sostenimiento del tajeo.
- ✓ Se obtiene una alta producción.
- ✓ Los costos de explotación son relativamente bajos.

**DESVENTAJAS:**

- ✓ Se pierde mineral en los pilares que se dejan dentro del tajeo, que aproximadamente es del 30%.
- ✓ Requiere mucha preparación como es el caso de la construcción de las ventanas, subniveles y las chimeneas laterales al tajeo.

**3.3.1. ASPECTOS GEOTÉCNICOS.**

Con el objeto de conocer las características geomecánicas del manto mineralizado, se ha realizado la evaluación correspondiente en las galerías tanto superior e inferior de la mina, obteniéndose el siguiente resultado:

**Cuadro N° 3.3.1A**

DESCRIPCION	MINERAL	CAJAS
Potencias ( m.)	4 – 6	
Resist. a la compresión uniaxial (MPa)	12.48	10.78
Resistencia a la tracción (MPa) (KPa)	10.81 (1,059)	8.02( 1,010)
Módulo de elasticidad E (MPa)	2,540	2,370
Coefficiente de Poisson (v)	0.18	0.16
Densidad (KN/m3)	29.42	25.50
RQD	70	65
GSI	55	50

Cuadro N° 3.3.1B Tipos de Sostenimiento

TIPO DE ROCA	RQD	RMR	Q	SOSTENIMIENTO RECOMENDADO
I	91 – 100	81 – 100	40 – 100	Pernos ocasionales
II	76 - 90	61 – 80	10 - 40	Pernos 1.5 x 1.5 m.
III	51 - 75	41 – 60	4 - 10	Pernos 1.0 x 1.0 m.+ Shotcrete
IV	25 – 50	21 – 40	1 – 4	Cimbras metálicas a 1.5 m.

### 3.4. DISEÑO DEL TAJO.

#### 3.4.1 DISEÑO DEL BLOCK DE EXPLOTACIÓN.

##### DISEÑO DE CAMARAS Y PILARES:

Datos:

Manto mineralizado, se encuentra, a 150 m. debajo de superficie. La evaluación geomecánica:

Resistencia del mineral a la compresión uniaxial ( $\sigma_c$ ) = 12.48 MPa

Resistencia a la tracción mineral ( $\sigma_t = 10.81 \text{ kg/cm}^2$ ) = 1,059 KPa

Densidad del mineral ( $\gamma$ ) = 3,000 Kg/m<sup>3</sup> = 29.42 KN/m<sup>3</sup>

Densidad de las cajas ( $\gamma$ ) = 2,600 Kg/m<sup>3</sup> = 25.50 KN/m<sup>3</sup>

##### 1.- Estimación de la luz máxima:

$$\sigma_T = \frac{\gamma \cdot L^2}{2t} \Rightarrow L^2 = \frac{2t \cdot \sigma_T}{\gamma}$$

Donde :  $\sigma_T$  = resistencia a la tracción del mineral en KPa

$\gamma$  = densidad del mineral, KN/m<sup>3</sup>

t = tracción de techo que colapsará como producto de la falta de sustentación.

$$L^2 = \frac{2 \times 1 \times 1,059}{29.43} = 8.48 \text{ metros.}$$

## 2.- Espaciamiento entre pilares:

$$W_o = \frac{8.48}{\sqrt{2}} = 6.00 \text{ metros}$$

## 3.- Resistencia del pilar:

La resistencia del pilar se calcula usando la fórmula de Salomón y Munro:

$$\sigma_p = K \frac{(W^\alpha)}{H^\beta}$$

Donde:  $\sigma_p$  = resistencia del pilar en MPa

$K$  = representa la resistencia de un bloque de roca, medida bajo el criterio de Hoek y Brown en MPa.

$W$  = ancho del pilar, en metros.

$H$  = altura del pilar en metros.

$\alpha, \beta$  = parámetros obtenidos de manera empírica. Salomón y Munro les asignaron los siguientes valores:  $\alpha = 0.46$   $\beta = 0.66$

Ahora se calculará el  $K = \sigma'_1$

El criterio de falla generalizado de Hoek – Brown para macizos rocosos fracturados está definido por:

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci} \times \left( m_b \times \frac{\sigma'_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$$

Donde:  $\sigma'_1$  y  $\sigma'_3$ , son los esfuerzos efectivos principales, mayor y menor en la condición de falla

$m_b$  = es el valor de la constante  $m$  de Hoek y Brown para el macizo rocoso.

$s$  y  $a$  = son constantes que dependen de las características del macizo

rocoso.

$\sigma_{ci}$  = es la resistencia a la compresión uniaxial de los trozos o bloques de roca intacta, que conforman el macizo rocoso (MPa).

A continuación debe calcularse el índice Geológico de resistencia (GSI):

$$\text{GSI} = \text{RMR} - 5$$

$$= 60 - 5 = 55$$

$$m_b = m_i \times \exp. \left( \frac{\text{GSI} - 100}{28} \right)$$

$m_i$  = constante de roca: 20 (Mineral)

$$m_b = 20 \times \exp. \left( \frac{55 - 100}{28} \right) = 20 (2.7184)^{-1.607} = 4.009$$

$$s = \exp. \left( \frac{55 - 100}{9} \right) = \exp. \left( \frac{55 - 100}{9} \right) = 6.7364$$

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci} \times \left( m_b \times \frac{\sigma'_3 + s}{\sigma_{ci}} \right)^a$$

$$a = 0.5 \quad \sigma_{ci} = 12.48 \text{ MPa} \quad \sigma'_3 = 0$$

$$\sigma'_1 = 0 + 12.48 \times (4.009 \times 0 + 6.7364)^{0.5} = 32.69 \text{ MPa}$$

La resistencia del Pilar, en función del ancho del pilar, resulta:

$$\text{Sp (MPa)} = k \frac{(W^a)}{H^b}; \quad K = \sigma'_c$$

$$\text{SP} = 32.69 \left( \frac{3^{0.46}}{4^{0.66}} \right) = 21.50 \text{ MPa}$$

#### 4.- Fuerzas solicitantes del pilar.

Corresponden a las fuerzas que actúan sobre el pilar y se calcula con la siguiente fórmula:

$$\sigma_v \text{ (MPa)} = 10^{-3} \cdot \gamma \cdot h$$

Donde:  $\gamma$  densidad del mineral =, KN/m<sup>3</sup>

$h$  = altura de la roca entre la cresta pilar y superficie = metros

sin embargo los niveles están divididos cada 50 m.

$$\sigma_v = 10^{-3} \times 29.43 \times 50 = 1.47 \text{ MPa}$$

Finalmente se calcula los esfuerzos solicitantes del pilar:

$$\sigma_p \text{ (MPa)} = \sigma_v \left( \frac{W_p + W_o}{W_p} \right)^2$$

Donde:  $W_p$  = ancho pilar = 3 m.

$W_o$  = espacio entre pilares = 6.0 m.

$$\sigma_p = 1.47 \left( \frac{3 + 6}{3} \right)^2 = 13.23 \text{ MPa}$$

#### 5.- Resultados del diseño de pilar:

$W_p$ (m)	$W_o$ (m)	$\sigma_p$ (MPa)	$S_p$ (MPa)	FS	Rec (%)
3.0	6.0	13.23	21.95	1.66	72

Como el espaciamiento máximo del pilar  $W_o \leq 6$  m., con un ancho de 3 m. para que no falle por tracción se obtiene un factor de seguridad de FS=1.66 y se logra una recuperación del mineral del 72%, lo cual se considera aceptable.

#### PREPARACIÓN DEL TAJEO.

La preparación consiste en construir galerías paralelas al manto

mineralizado de 4m. x 4 m. de sección, de donde se ejecutan ventanas de 3 m. x 3 m. y separadas a 4 m. luego se delimita el tajeo con chimeneas de 1.5m x 1.5m. espaciados a 50 m. De las chimeneas y dejando un puente de 3.0 m. encima de las ventanas se corre el subnivel hasta comunicar las chimeneas laterales.

De las ventanas se levantan chimeneas de 2 m. x 2 m. hasta comunicar al subnivel, quedando de esta forma preparado el tajeo de explotación. (ver lámina N° 2)

### 3.5. EXPLOTACIÓN.

#### 3.5.1. PERFORACIÓN Y VOLADURA.

A partir del subnivel se explota el tajeo realizando perforaciones mediante máquinas jack leg, con barrenos de 4, 6 y 8 pies, brocas de 36 y 38 mm. Los taladros tienen una inclinación de 70° y mallas de 1.0 m. x 1.0 m. y conforme al siguiente cálculo:

#### 1. Cálculo del burden:

Según el modelo de Konya:

$$B = 3.15 \times D \times (\rho_e)^{0.33}$$

&r

Donde: B = burden ( pies)

D = diámetro de la carga explosiva en pulgadas

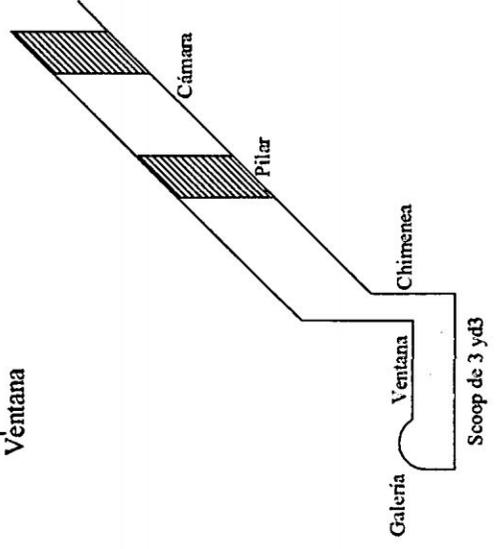
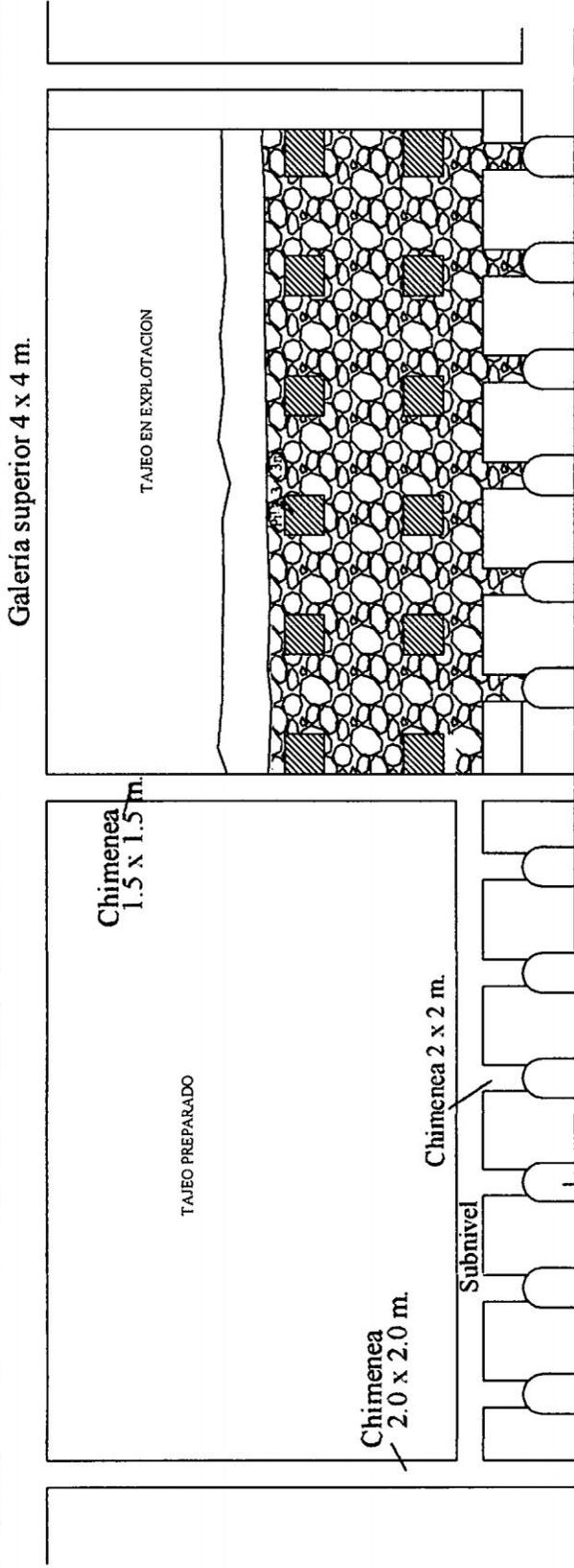
$\rho_e$  = densidad del explosivo, gr/cm<sup>3</sup>

$\rho_r$  = densidad del mineral en gr/cm<sup>3</sup>

Datos:

Dinamita semigelatinosa de 65%

$$\rho_e = 1.14 \text{ gr/cm}^3 \quad \rho_r = 3.00 \text{ gr/cm}^3 \quad D = 38 \text{ mm.} = 1.50 \text{ pulg.}$$



METODO DE EXPLOTACION  
CAMARAS Y PILARES

$$B = 3.15 \times 1.50 \times \frac{(1.14)^{0.33}}{3.00} = 3.43 \text{ pies} = 1.05 \text{ m.}$$

$$B = 1.0 \text{ m.}$$

## 2. Cálculo del espaciamiento:

$$E = B = E = 1.0 \text{ m.}$$

La malla resultante es una malla cuadrada de 1.0m x 1.0 m

## 3. Cálculo de la carga explosiva:

### PARA TAJOS:

Para el cálculo de carga total de explosivos se utilizó el modelo matemático de Hansen

$$Q_t = 0.028 \left( \frac{H}{B} + 1.5 \right) \times B^2 + 0.4 \times Fr \left( \frac{H}{B} + 1.5 \right) \times B^3$$

Donde  $Q_t$  = carga total de explosivo por taladro, Kg

$H$  = longitud del taladro, m. = 2.40 m.

$B$  = burden, m. = 1.0 m.

$Fr$  = factor de roca (Tabla)= 0. 47 Kg/m<sup>3</sup>

Tabla: Factor de roca.

TIPO DE ROCA	Fr Kg/m <sup>3</sup>	$\sigma_c$ MPa	$\sigma_t$ MPa
I	0.24	21	0
II	0.36	42	0.5
III	0.47	105	3.5
IV	0.59	176	8.5

Reemplazando:

$$Q_t = 0.028 \frac{(2.40 + 1.5)}{1.0} \times 1^2 + 0.4 \times 0.47 \frac{(2.40 + 1.5)}{1.0} \times 1^3$$

$$= 0.1092 + 0.7332 = 0.8424 \text{ Kg /taladro.}$$

Carga total: N° de taladros perforados = 24

$$Q_{\text{total}} = 24 \text{ taladros} \times 0.8424 \text{ Kg/tal.} = 20.22 \text{ Kg.}$$

La cantidad de toneladas producidas por disparo es:

Con los 24 taladros perforados se logra disparar un área de = 4 m. x 6 m.

$$= 24 \text{ m}^2$$

Eficiencia = 0.85%

$$\text{Tonelaje} = 24 \text{ m}^2 \times 2.40 \text{ m.} \times 0.85 \times 3.0 \text{ TM/m}^3 = 146.88 \text{ TM}$$

### **PARA FRENTE:**

#### **CALCULO DE NUMERO DE TALADROS**

<b>Nro DE TALADROS</b>		
SECCION	4*4 mt	14.08
PERIMETRO		15.01
E		0.55
K		2
<b>NT=P/E+KS</b>		<b>55.45</b>

<b>DATOS</b>	
Fc= Kg/m3	1.2
Long.Tal ( mt)	2.4
Área= 4x4 m2	14.08
Cant.Expl. (Kg)	40.5504
Volumen (m3)	33.792
Explos/talad	0.82756

### DISTRIBUCION DE CARGA EXPLOSIVA

	TALADRO	Kg/Tal	total Kg	Cart/tal	Total Cart	AJUSTANDO	
						cart/tal.	total cart.
ARRANQUE	5	1.08	5.4	13.48	67	12	60
AYUDA	4	1.117	4.468	13.94	56	11	44
SUB AYUDA	20	1.117	22.34	13.94	279	11	220
CUADRADORES	6	0.58	3.48	7.24	43	8	48
ALZAS	7	0.72	5.04	8.99	63	8	56
ARRASTRES	7	1.117	7.819	13.94	98	11	77
ALIVIO							
	<b>49</b>		<b>48.55</b>		<b>606</b>		<b>505</b>

Los cálculos del cuadro se hizo una serie de ajustes llegándose a un estándar como se muestra en el cuadro sombreado.

#### 4. Explosivos y accesorios:

Para el carguio tanto del cebo y el resto de la columna de carga, se utiliza dinamita semigelatina de 7/8" x 7" x 65% y como accesorios el carmex y mecha rápida.

El mineral disparado se acumula y se extrae solamente el 40 % y el resto del mineral queda como sobrecarga, para continuar con la perforación y una vez terminado con la rotura del block, se extrae todo el mineral dejando las cámaras vacías y los pilares sosteniendo a las cajas.

Las perforadoras utilizadas en la explotación son del tipo Jack Leg, marca Seco que tiene un consumo de aire de 170 CFM y RNP de 110 CFM.

#### 3.5.2. CARGUIO.

El carguio del mineral roto, es realizado desde las ventanas ubicadas en la parte inferior del tajeo, mediante scoops de las siguientes características:

SCOOP	MARCA	MODELO	CAPACIDAD Yd <sup>3</sup>
Wagner Mining	W.M	ST-3.5	3.5
Toro	Tamrock	Type 151D	1.5
Jarvis Clak	J.C	EJC-100D	3.0

#### RENDIMIENTOS DE LHD:

yd3	m3	t (min.)	vel. (Km./hr)	Dens. (tn/m3)	cap.cuchara(Tn)	dist.(m)	RENDIMIENTO (Tn/Hr)
3.5	2.7	4.5	6.5	3	6.9	200	42.12
3	2.3	5	7	3	5.9	150	38.97
1.5	1.2	4	7.5	3	3.1	150	24.22

$$R = \frac{50 * L}{t + \frac{2 * D}{16.67 * S}}$$

DONDE:

R : Rendimiento ( Tn/hr )

L : Capacidad Cuchara ( Tn )

D : Distancia en ( m.)

t : Tiempo fijos( min.)

S : Velocidad

#### 3.5.3. ACARREO.

El mineral proveniente de los tajeos es almacenado en los Ores Pass, de donde es cargado a los volquetes de 25 TM de capacidad y luego transportado a través de la rampa (interior mina) y carretera (superficie), hasta la planta de tratamiento ubicado a 2.5 Km. de distancia.

### 3.6. PERSONAL.

El personal que requerido para los trabajos de explotación en el tajeo, está conformado de la siguiente manera:

OCUPACION	CANTIDAD
Perforista	01
Ayudante perforista	01
Operarios	03
Capatáz	<u>01</u>
	06

### 3.7. COSTOS DE EXPLOTACIÓN.

El costo de explotación, para el método de cámaras y pilares, se ha calculado teniendo en cuenta las diferentes actividades que se realizan, los precios actualizados de materiales, equipos, mano de obra y los rendimientos logrados en esta mina. El costo de explotación se detalla en el cuadro N° 3.9

### 3.8. CONTROLES DE LAS OPERACIONES.

Los controles a realizarse durante la explotación comprenderán las siguientes acciones:

a.- Control de la dilución: se evitará la dilución del mineral con material estéril proveniente de las cajas o de áreas estériles, cuya presencia puedan bajar la ley del mineral. Para lograr esto se diseñará mallas apropiadas y el sentido de los taladros, como también la cantidad de carga explosiva.

b.- Se agilizará la explotación del tajeo es decir el tiempo de corte se reducirá en lo posible para evitar desprendimiento de las cajas y parte de los pilares dejados.

c.- La partes a desprenderse tanto del techo, cajas y pilares se evitarán colocando pernos tipo split set.

**CUADRO N° 3.8**  
**COSTO DE EXPLOTACION POR CAMARAS Y PILARES**  
**MINA SHUNTOR**

DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	PRECIO	COSTO	COSTO	
			UNITARIO	PARCIAL	TOTAL	
			US \$	US \$	US \$	
.- MANO DE OBRA:						
Maestro Perforista	Tarea	1,00	13,33	13,33		
Ayudante Perforista	Tarea	1,00	10,67	10,67		
Operador Scoop	Tarea	1,00	13,33	13,33		
Operarios	Tarea	2,00	10,00	20,00		
Capatáz	tarea	0,25	15,00	3,75		61,08
Leyes Sociales (106.37 %)				64,97	126,05	
.- EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS						
Dinamita semigelatinosa de 65%	Kg	20,22	3,50	70,77		
Carmex	U	24,00	0,90	21,60		
Mecha rápida	M	14,00	1,00	14,00	106,37	
.- EQUIPO DE PERFORACION:						
Perforadora Jack Leg	H.M	4,00	10	40,00		
Barrenos 4'	M.	28,80	0,55	15,84		
Barrenos 8'	M	28,80	0,76	21,89		
Cargador de anfo	H.M	2,00	10	20,00	97,73	
.-SOSTENIMIENTO:						
Pernos split set de 7'	U	8,00	16,80	134,40	134,40	
.- LIMPIEZA:						
Scoop diesel de 3.5 yd <sup>3</sup>	HM	6,00	45,00	270,00	270,00	
.- EQUIPO DE PROTEC.PERSO.						
8% de costo de la mano de obra					100,84	
.-HERRAMIENTAS:						
El 5% del costo de mano de obra					6,30	
.- AIRE COMPRIMIDO:						
Compresora de 750 CFM	HM	8,00	55,00	440,00	440,00	
Costo total US \$:					1281,69	
Gastos Generales 10%					128,17	
Imprevistos 5%					64,08	
Utilidad 10%					128,17	
Total general US \$					1.602,11	
Tonelaje obtenido por diparo					146,88	
COSTO/TONELADA US \$/TM					10,91	

## **CAPÍTULO IV**

### **MEDIO AMBIENTE**

#### **4.1. PLAN DE MANEJO Y CONTROL DEL MEDIO AMBIENTE.**

Dentro de la Gestión Ambiental de la Empresa Minera Shuntur, la protección y cuidado del medio ambiente como parte de la política de la empresa, debe comenzar en los niveles más altos, es decir, Gerencia General, Gerencia de Operaciones y Gerencias adjuntas, desde los que se transmiten las tareas a todos los niveles operativos y administrativos de la Compañía Minera.

##### **4.1.1. CONTROL Y MANEJO DE AGUAS ÁCIDAS DE MINA.**

Aguas ácidas que drenan del interior mina por diferentes niveles o de la superficie, serán canalizadas o colectadas mediante tuberías y chimeneas al nivel principal de extracción (cota más baja) hacia la superficie, donde se captará para almacenar en una presa especial denominado Estación de Colación o pozas de sedimentación en serie, a fin de eliminar los sólidos que contienen esta aguas o simplemente separar los lodos precipitados por sedimentación utilizando floculantes

con la finalidad de acelerar la velocidad de sedimentación de los sólidos, con la salvedad que antes de ingresar a la poza de sedimentación No. 1, es tratada con dicha solución (floculante) y la fase líquida con pH aún ácida se envía a la poza de neutralización para su tratamiento (Método Activo), es un método eficiente pero demanda mayores costos de operación. El otro Método es Pasivo (ANOXIC DRAIN LIMESTONE), son menos eficientes pero los costos son mucho menores; el método consiste en que las aguas ácidas de la estación de colación se envían a una zanja o trinchera previamente impermeabilizada tanto el piso como las paredes con geomembrana, luego se calcula el volumen de caliza que debe consumir las aguas ácidas según la capacidad de la poza o trinchera, descargar la cantidad necesaria y exacta de caliza para dicha poza y caudal de aguas ácidas predeterminadas que debe ingresar, finalmente cubrir la poza con material de suelo para revegetarla. El ingreso de aguas ácidas a la poza se cortará de acuerdo al tiempo calculado.

El agua de la poza de neutralización aún con sólidos finos en suspensión, se envía a la poza de lodos de sedimentación a fin de que los finos se sedimenten y el agua decantada con un pH más o menos 7.8 a 8.0 se descarga al ambiente por reboce pero con metales pesados disueltos totales dentro de los límites máximo permisibles, puede ser usada en el riego de áreas verdes (ver lámina N° 3).

#### **4.1.2. DISPOSICIÓN DE MATERIAL ESTÉRIL O DESMONTE DEL INTERIOR MINA Y SUPERFICIE.**

El material estéril (mineral de baja ley) o desmonte proveniente del interior mina o de la superficie que tradicionalmente se depositaban a partir de las bocaminas hacia la superficie, de acuerdo a las disposiciones y normas ambientales vigentes dichos materiales se tienen que enviar a botaderos especiales, donde previa compactación e impermeabilización del terreno se



almacenan hasta su capacidad máxima, luego se cubren por capas variables de 30 ó 40 cm. de espesor, alternando primero con arcilla, arena, arcilla y finalmente la capa superior con tierra vegetal a fin de revegetar con especies nativas de la zona; sin embargo, la capa superior de tierra vegetal puede ser de mayor espesor según el tipo de planta que se quiere instalar. Este proceso se denomina "encapsulamiento", con el propósito de aislar el oxígeno y precipitaciones del ambiente que pueden generar aguas ácidas a partir de material sulfurado. Asimismo, es importante rehabilitar el terreno superficial disturbado por movimiento de tierras, a fin de darle el perfil y cobertura vegetal original aproximada, en cumplimiento a los planes de cierre inicial, intermedio y final (ver lámina N° 4) parte de las normas ambientales para las actividades minero-metalúrgicas del país. (Ver lámina N° 5)

#### **4.1.3. PLAN DE MANEJO DE AGUAS RESIDUALES.**

En lo que corresponde al plan de manejo ambiental y medidas de mitigación de aguas residuales o aguas servidas durante la etapa de las operaciones mineras, cuando se opera a pequeña escala como en este caso, pequeña minería, esta agua serán colectados a través de una red de alcantarilla y conducidos mediante tuberías hacia un tanque séptico construido de concreto, donde se efectuarán los controles de calidad de agua antes de su descarga al ambiente sobre una cama de caliza y arena instalada dentro de un tanque de percolación construido a base de ladrillos labrados.

En caso que las operaciones crezcan en el futuro con el consiguiente aumento del recurso humano, se tendría que seleccionar y elegir un lugar para la disposición de aguas servidas para su tratamiento, utilizando cualquiera de los métodos más convenientes a fin de no contaminar el medio ambiente

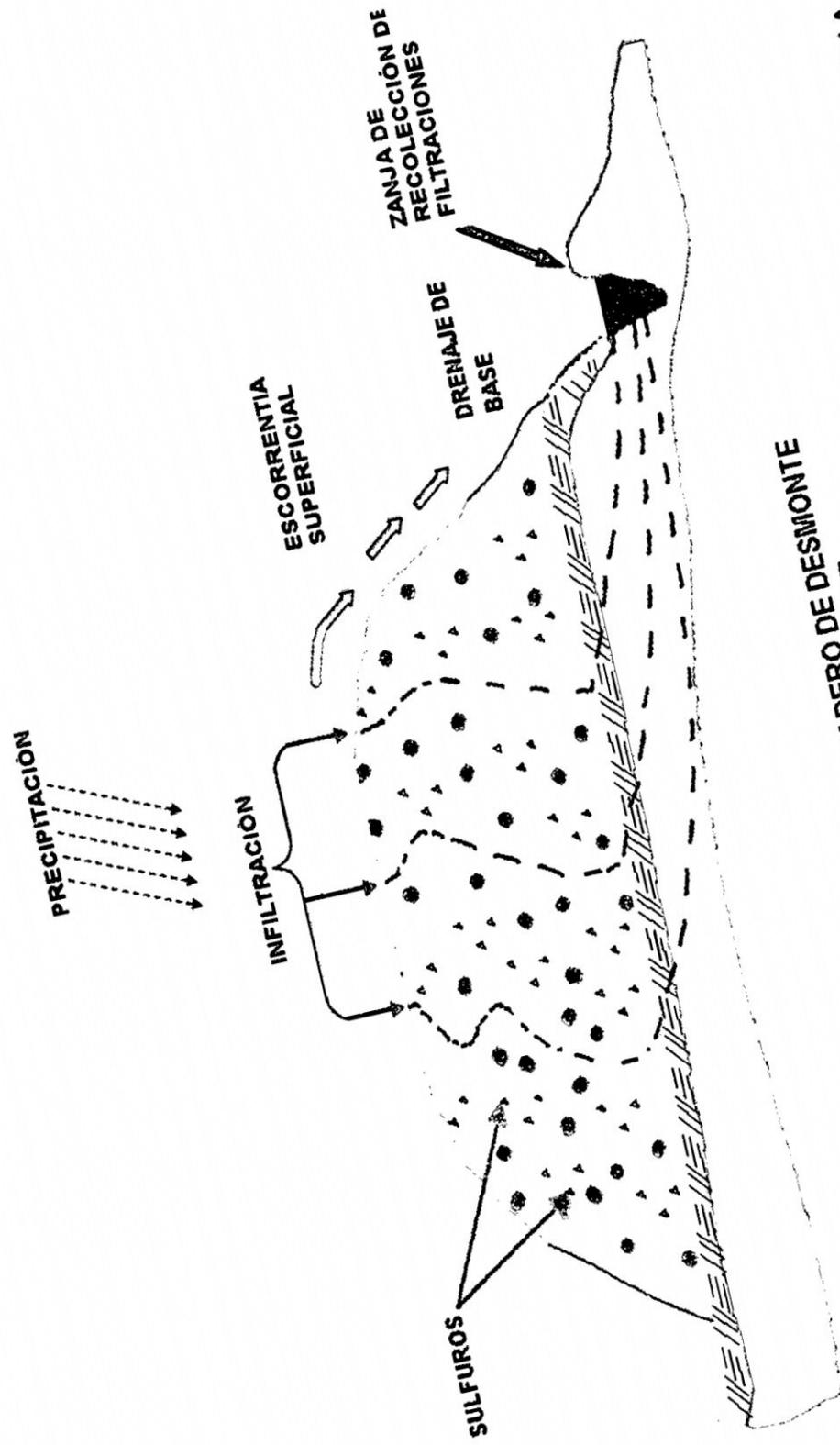


FIGURA 2-a BOTADERO DE DESMONTE  
PILAS DE DESMONTE

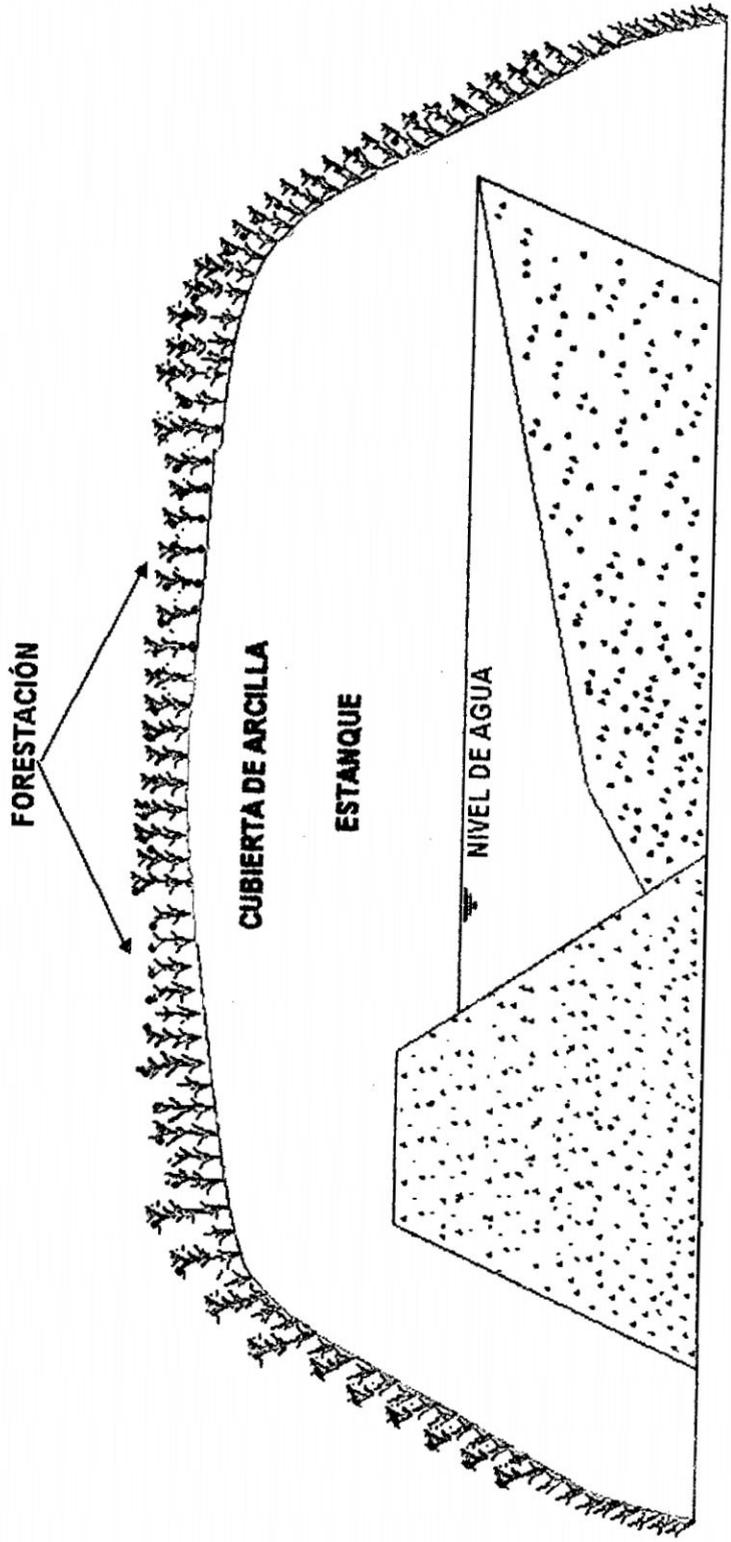


FIGURA 2-b PRESA DE RELAVES CONCLUIDA EN PROCESO DE REHABILITACION

fundamentalmente al medio físico y biológico. El proceso se inicia con la recepción de los desagües domésticos en la cámara de acondicionamiento, donde una rejilla impide el ingreso de los elementos no tratables. En esta cámara el material es triturado para ser homogenizado y luego bombeado a la cámara de aireación, donde las bacterias contenidas en los residuos orgánicos son activadas por inyección de aire desde la base de la cámara. Luego de 24 horas, las bacterias han consumido ya casi todo el material orgánico.

La carga orgánica no consumida, conjuntamente con las bacterias, es sedimentada en los tanques de sedimentación y luego recirculada a la cámara de aireación, mientras que el agua clara es descargada a la planta de tratamiento y para ser usada en el regadío de áreas verdes.

#### **4.1.4. PLAN DE MANEJO DE AGUAS INDUSTRIALES.**

Las descargas directas de los residuos industriales como son los hidrocarburos, lubricantes, grasa y otras sustancias provienen de los talleres de mantenimiento, maestranza y como también de la planta de beneficio. Desde luego, a tales desperdicios se suman las aguas ácidas provenientes de la lixiviación de las chatarras metálicas de hierro de herramientas, piezas de equipos y maquinarias que están regadas a campo abierto y forman parte del "panteón de chatarras".

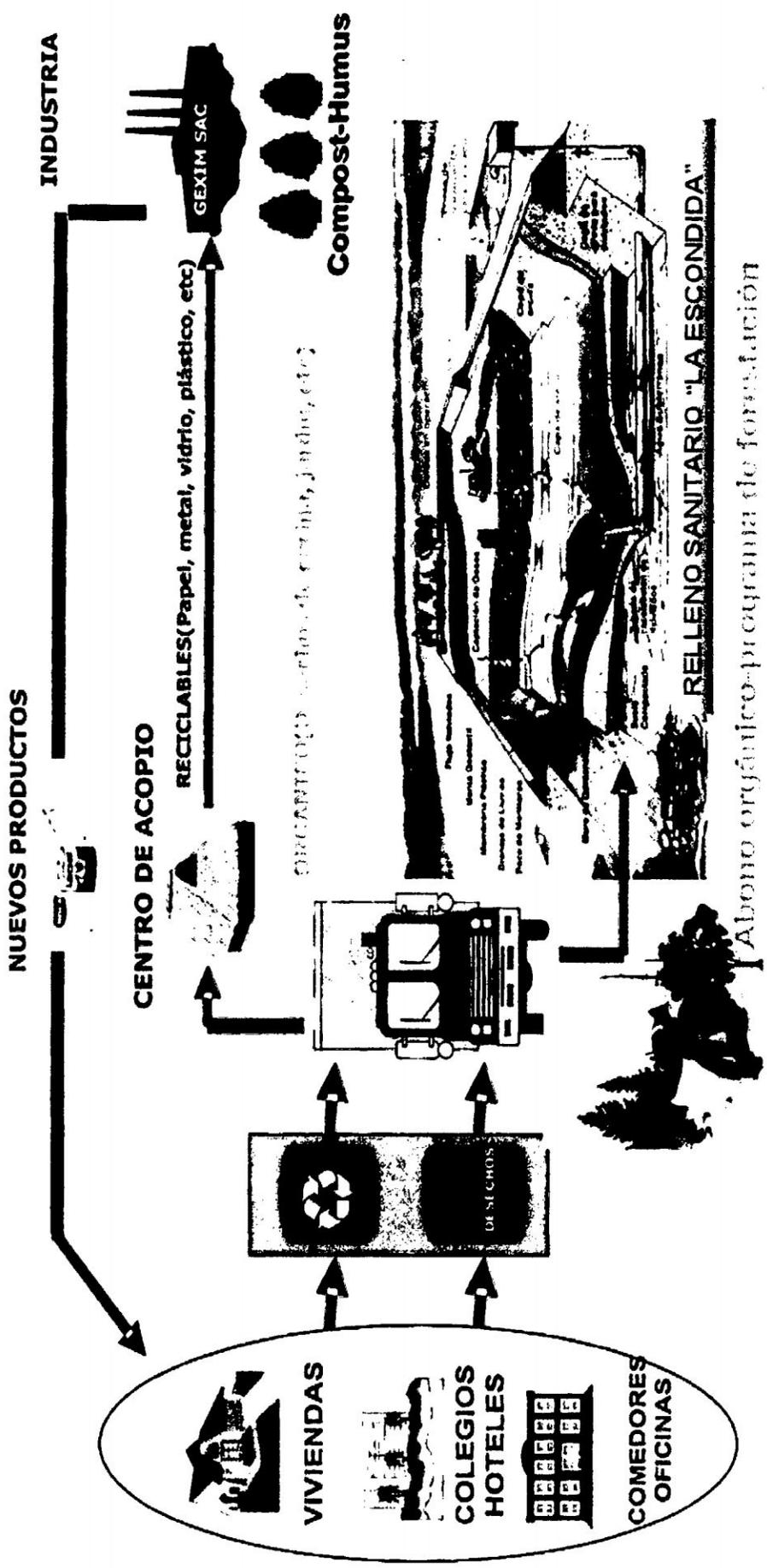
Por consiguiente, el control y manejo adecuado de aguas industriales en los talleres de mantenimiento y de maestranza, donde a la vez se realizan la carga y descarga de combustibles tanto a los equipos y maquinarias, así como la alimentación a los tanques de los surtidores de los grifos, como también las operaciones de lavado y engrase deben estar sobre pisos totalmente pavimentados y limpios, de tal manera que los desperdicios industriales no escurran al suelo del ambiente abierto.

#### **4.1.5. DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS.**

El manejo sostenible de los residuos sólidos domiciliarios debe empezar con la selección y segregación de los desechos en el domicilio de la fuerza laboral del campamento minero; es decir, desde el último trabajador hasta la plana ejecutiva, de tal manera que, se clasifiquen mínimamente en: 1. papel y cartones (color blanco); 2. Variedad de polietileno y otros materiales no degradables (color azul); 3. Material orgánico (color marrón); 4. Material tóxico (color rojo). Cada uno de los materiales no degradables, los reciclables y los tóxicos tendrán una disposición especial; en cambio, los materiales degradables y los orgánicos previa procesamiento en una planta de compostaje se enviarán a un relleno sanitario debidamente diseñado. De tal manera que, todos los residuos sólidos domiciliarios estén dispuestos adecuadamente cada uno en su lugar y así no se atenten a la preservación y conservación de la ecología y ecosistemas del lugar y de la zona adyacente del proyecto minero.

El proyecto debe contemplar la construcción de un relleno sanitario por el método de trinchera que es el más adecuado, y como ya se ha señalado líneas arriba luego de la colección y selección de los residuos sólidos del campamento e industriales, los desechos sólidos orgánicos básicamente son dispuestos en el relleno sanitario en un lugar alejado, pero tampoco más allá de 15 Km. que reúna las condiciones mínimas necesarias. Los residuos reciclables son evacuados fuera del campamento para su disposición final (aceites residuales, chatarra metálica, plásticos, vidrios, papeles, cartones, etc.). Se recomienda que los aceites usados se evacuen a través de la Empresa Lubricantes Filtrados Marte para proceder a su re-refinación o regeneración para luego ser utilizados nuevamente por los vehículos. Las botellas de gaseosa descartable también se recomiendan ser evacuados mediante la Empresa Gexim para la confección de frazadas para los trabajadores. (ver lámina N° 6)

**FIG. No. 3: GESTIÓN AMBIENTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS DE LA EMPRESA MINERA SHUNTUR S.A.**



## **4.2. PLAN DE SEGURIDAD E HIGIENE MINERA Y SALUD OCUPACIONAL**

### **4.2.1. PLAN DE SEGURIDAD E HIGIENE MINERA.**

#### **a) Condiciones de seguridad:**

La empresa deberá encargarse de asegurar:

- ✓ Que los equipos, maquinaria, herramientas y materiales que se emplean reúnan las condiciones de seguridad necesaria y adecuada en cada caso.
- ✓ Que todos los elementos estacionarios que pueden constituir como causa potencial de accidentes tales como piques, maquinaria, casa fuerza y otros estén debidamente protegidas.
- ✓ Que las zonas de trabajo, los depósitos y almacenes sean accesibles solamente a las personas autorizadas.
- ✓ Que el abastecimiento de los implementos de protección y de seguridad sean oportunas.

#### **b) Instalaciones Mecánicas:**

- ✓ Toda máquina o equipo mecánico que por la disposición o funcionamiento de sus órganos ofrezca peligro, deberá ser convenientemente resguardado.
- ✓ Se colocarán carteles en sitios visibles indicando mediante leyendas y dibujos ilustrados, los posibles peligros que puedan existir y la forma de evitarlos.
- ✓ Es responsabilidad del Jefe del Programa, hacer preparar instrucciones escritas para el uso del personal encargado de manejar diversos equipos y maquinarias. En las instrucciones se darán detalles sobre el manejo, limpieza, reglas de seguridad y otros detalles para obtener una operación eficiente, eficaz y segura.

**c) Materiales Inflamables:**

- ✓ Se deberá llevar un control riguroso de todas las existencias de materiales inflamables tales como aceites, lubricantes, combustibles, etc.
- ✓ Los aceites, lubricantes, gasolina, petróleo y demás inflamables, cuando estén contenidos en sus propios envases, deberán almacenarse en depósitos dedicados a este objeto y tratando en lo posible, de almacenar los distintos inflamables independiente.
- ✓ En las instalaciones se tendrá disponible equipo y materiales adecuados para combatir rápidamente cualquier amago de incendio tales como extintores, arena, agua, mangueras, etc.

**d) Agentes Químicos y Físicos:**

- ✓ El programa de Seguridad e Higiene Minera deberá contar con el equipo adecuado para detectar y evaluar los agentes químicos (polvos) y físicos (ruido), que puedan presentarse en las labores e instalaciones, manteniéndolos en perfectas condiciones.
- ✓ En ninguna labor minera se mantendrá concentración de polvo en el aire por encima de 200 millones de partículas / m<sup>3</sup> de aire.

**e) Trabajos en Labores:**

Serán programados anteladamente los trabajos para la construcción de caminos seguros, seleccionándose los equipos que permitan efectuar el trabajo con mayor seguridad.

Los operadores de los equipos de perforación deberán ser entrenados para conocer y observar los límites de seguridad y carga del equipo, exhibiéndose en la cabina del operador un aviso de los límites de

seguridad de carga.

Todo personal usará con obligatoriedad los implementos de seguridad tales como el caso, protectores visuales, protectores de oídos y zapatos de seguridad.

Todos los accesos deberán señalizarse para evitarse accidentes.

**f) De los Accidentes de Trabajo:**

- ✓ Queda terminantemente prohibido el ingreso de personas extrañas a las labores o instalaciones, salvo previa autorización de los responsables de alta dirección.
- ✓ Queda prohibido el ingreso a las labores de toda persona que se encuentra bajo los efectos del alcohol o enfermedad.

**g) Salud Ocupacional:**

Todo postulante a cualquier tipo de trabajo minero será sometido a los exámenes médicos pre-ocupacional, de control anual, integral y de retiro.

Los trabajadores víctimas de enfermedad ocupacional tendrán derecho a las siguientes prestaciones:

Primeros auxilios proporcionados por la empresa minera como la atención médica, quirúrgica y especializada, asistencia hospitalaria y de farmacia, así como también la reeducación ocupacional.

Se deberá proveer de un botiquín debidamente implementado con medicinas de primeros auxilios.

En todas las secciones de trabajo deberá existir y mantenerse permanentemente en condiciones adecuadas los elementos necesarios para el aseo del personal.

**h) Capacitación:**

El personal que trabaja será seleccionado sobre la base de su educación y su capacidad para manejar asuntos ambientales. Se proporcionará capacitación actualizada y especializada de manera periódica al personal, según se requiera por el Departamento del Medio Ambiente y del Departamento de Capacitación.

El departamento resaltará los objetivos globales y las responsabilidades específicas de cada trabajador para asegurar y mejorar el rendimiento en la preservación y conservación del medio ambiente en cada sección de las operaciones.

**4.2.2. PLAN DE CONTINGENCIA.****a) Aspectos Generales:**

El Plan de Contingencia que a continuación se desarrolla establece las acciones a seguir en la Compañía Minera Shuntur, S. A. en caso de emergencias ambientales, de tal modo que el personal de la compañía se encuentre en capacidad de responder efectivamente a situaciones extremas.

Las actividades programadas consideran la capacitación y el adiestramiento del personal de la compañía en el uso de equipos a emplearse en caso de emergencias. Este tipo de programas será dirigido a trabajadores de la empresa, pobladores de la zona y comunidades del entorno.

Las acciones descritas son de carácter cuantitativo. Las decisiones que tomará el personal que enfrente una emergencia dependerán en última instancia de la evaluación que haga de la situación, su experiencia, su criterio y el rol que toca desempeñar.

**b) Organización:**

La organización en el presente Plan de Contingencia estará encargada de coordinar los recursos humanos y físicos a movilizar en este tipo de emergencias ambientales.

Se establecerá un Comité de Seguridad Ambiental, el cual coordinará las principales acciones y tomará las decisiones básicas a seguir antes, durante y después de una emergencia. Para cumplir con tal fin, éste deberá estar provisto de todos los sistemas de comunicación y facilidades para el control del siniestro.

El personal que conforma este comité es el siguiente:

- ✓ Gerente General.
- ✓ Superintendente de Producción.
- ✓ Jefe del Programa de Seguridad e Higiene Minera.
- ✓ Jefe del Área de Medio Ambiente.
- ✓ Médico encargado de Salud Ocupacional.
- ✓ Representante de los trabajadores.

**c) Capacitación:**

Se preparará un Plan Anual de Capacitación y Entrenamiento como "Las Cuadrillas de Salvataje Minero" que estarán debidamente entrenados, debiendo renovar su instrucción en períodos no mayores de tres meses: Este programa incluirá los siguientes aspectos:

- ✓ La capacitación del personal en el mantenimiento, operación, y transporte en el uso y manejo adecuado de los equipos usados en caso de emergencias;
- ✓ La realización de simulacros de distintos tipos de emergencia, tomando en

cuenta los posibles lugares de ocurrencia, las acciones a tomar y los recursos físicos a emplear.

- ✓ La elaboración de estadística de desastres indicando causas, magnitud y zonas afectadas, determinando la frecuencia y los riesgos involucrados; y
- ✓ El conocimiento en el empleo de los equipos de primeros auxilios, alarmas y procedimientos para el manejo de equipos de seguridad.

**d) Casos Específicos de Emergencias:**

El emplazamiento minero de la Empresa Shuntur, S. A., como en el caso de cualquier instalación industrial, está sujeto a la ocurrencia de situaciones extremas de diferente magnitud y naturaleza, razón por la cual se debe prever la respuesta a tales emergencias. Se mencionan a continuación algunos incidentes posibles de presentarse:

- Derrames de combustibles, lubricantes, solventes y otros hidrocarburos líquidos.
- Incendios de diversos orígenes.

**4.3. MEDIDAS DE PREVENCIÓN, CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES MÁS RELEVANTES.**

**4.3.1. MEDIDAS PREVENTIVAS.**

Se refieren a las diferentes medidas que permitirán prevenir los posibles efectos degradantes al medio ambiente que consistirá en el establecimiento de procedimientos, equipos y demás medios que mitigarán la frecuencia y magnitud de los posibles daños ambientales que podrían ocasionar a todos los componentes ambientales sensibles por la mala utilización o sobreexplotación de los recursos y medidas básicas se

consideran los siguientes:

- ✓ Medidas de mitigación desarrolladas con el uso de una tecnología adecuada.
- ✓ Realizar actividades para elevar el nivel de la conciencia ambiental de los trabajadores estableciendo un Programa de Educación Ambiental.

#### **4.3.2. MEDIDAS CORRECTIVAS.**

##### **4.3.2.1. MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE LOS EFECTOS EN EL AMBIENTE FÍSICO.**

Para mitigar los posibles efectos al medio físico que podrían originarse como consecuencia de las actividades desarrolladas, es necesario efectuar las siguientes medidas correctivas:

###### **a) Recuperación original de perfil del suelo:**

Con el propósito de restaurar y rehabilitar la degradación de la topografía del suelo se ejecutará las medidas siguientes: almacenamiento y manejo adecuado de los desmontes que servirán para la rehabilitación, renivelación necesaria para mantener una superficie estable para ser usado en proyectos diversos.

###### **b) Efectos sobre la calidad de la atmósfera:**

Para evitar las alteraciones por partículas de polvo en suspensión generados por el tránsito de los vehículos de transporte, tanto así en la clasificación y carguío del mineral de la tolva principal se utilizará agua mediante el riego y para el caso del movimiento a vehículos y erosiones eólicas se efectuará el recubrimiento de la berma de la carretera mediante materiales que permitan estabilizar la superficie.

**c) Mitigación de los efectos por los ruidos:**

Para controlar y mitigar los efectos de los ruidos en caso que éstos sobrepasen los límites máximos permisibles, se aislarán mediante la construcción de paredes o forestación que servirán como pantallas vegetales en superficie.

**4.3.2.2. MITIGACIÓN DE IMPACTOS EN EL AMBIENTE BIOLÓGICO.**

La preservación y conservación del ambiente biológico que engloba a la ecología y a los ecosistemas terrestres y acuáticos es de vital importancia, debido a que se conservarán los suelos como material de restauración de las áreas disturbadas; asimismo, se evitará la erosión de los suelos con la construcción de andenerías de piedra para retener los sedimentos conservando la flora y fauna propias del lugar.

**4.3.2.3. MITIGACIÓN DE IMPACTOS EN EL AMBIENTE SOCIO ECONÓMICO.**

- Se desarrollará un programa de asistencia permanente a los centros poblados más cercanos.
- Se brindará apoyo en mantenimiento de vías de comunicación a las diferentes comunidades.
- Se está generando nuevas oportunidades de trabajo de mano de obra directa e indirecta.

**4.4. PLAN DE CIERRE.****4.4.1. ASPECTOS GENERALES.-**

El propósito del Plan de Cierre inicial, intermedio y final es establecer estrategias para las instalaciones de mina, planta, campamento y servicios auxiliares, asimismo; implementar programas para rehabilitar áreas disturbadas por

las operaciones mineras-metalúrgicas antes, durante y después de concluidas las operaciones.

El Plan de Cierre consiste en la toma de tecnologías que se requieran para alcanzar la seguridad física y la protección ambiental a largo plazo en el entorno de la operación minera y preparación mecánica. Para ello es de vital importancia tener en cuenta las condiciones climáticas y ambientales específicas del lugar donde está emplazado el asiento minero.

#### **4.4.2. MEDIDAS DE MITIGACIÓN EN LA ETAPA DE ABANDONO.**

##### **4.4.2.1. OBJETIVOS.**

Los objetivos fundamentales que se espera alcanzar con el Plan de Abandono o Cierre de las operaciones mineras, son las siguientes:

- Asegurar la recuperación del terreno ocupado por las operaciones mineras, ya sea para su uso original o para otros proyectos alternativos.
- Proteger la salud y la seguridad pública.
- Prevenir la degradación física y química ambiental.
- La protección de la salud e integridad física de las poblaciones cercanas y el medio ambiente, el mantenimiento de la estabilidad física.
- Un uso beneficioso de la superficie de la tierra una vez que se concluyan con las operaciones de explotación minera.

##### **4.4.2.2. CONSIDERACIONES ESPECÍFICAS.**

El plan general de cierre de las operaciones de explotación y mecánica de materiales de construcción deberá tener en consideración los aspectos siguientes:

- Las carreteras de acceso.
- Pilas de desechos sólidos y suelos.

- Instalaciones de campamentos y servicios auxiliares.
- Medidas que garanticen la estabilidad del suelo superficial.
- La reforestación de la zona.
- La estabilidad física comprenderá actividades de control, mantenimiento y/o ejecución de obras para asegurar la estabilidad de infraestructura, construcciones y terreno donde fue ocupada por la actividad minera-metalúrgica: bocamina, labores mineras, talud natural, cancha de relaves, etc.
- La estabilidad química comprenderá programas, actividades de control y/o ejecución de obras para asegurar la mitigación de la contaminación química por efluentes, durante y post cierre, causando por infiltraciones de aguas ácidas y contaminación atmosférica.

#### **4.4.2.3. ELEMENTOS DE DISEÑO.**

Para el plan de restauración se tendrá en cuenta los siguientes elementos de diseño:

- Características del material.
- La renivelación.
- La reforestación de la zona.
- La estabilidad física.
- El cercado y control de accesos.
- La demolición/remoción.

#### **4.4.2.4. CRITERIOS PARA EL CIERRE.**

Los criterios adoptados para el cierre o abandono son las siguientes:

Características físicas de las operaciones mineras y canchas de desmonte.

Potencial para contrarrestar los hechos extremos; como terremotos y vientos huracanados, etc.

Uso requerido de la tierra después de las actividades de explotación y depósitos de desmonte.

#### **4.4.2.5. MONITOREO EN EL PERIODO DE POST CIERRE.**

Se efectuará con el objeto de evaluar el cumplimiento, éxito y medidas de cierre de las labores mineras y preparación mecánica mediante el monitoreo que contemplará los siguientes aspectos:

- **Estabilidad física de las operaciones mineras:**  
Donde se llevará a cabo el monitoreo de la estabilidad física.
- **Impactos ambientales que incluirá los recursos del aire:**  
Aquí se continuará con el monitoreo de la calidad del aire.
- **Éxito de la reforestación de la zona:**  
El monitoreo posterior al cierre de las operaciones permitirá verificar los programas de mitigación preventiva.

**CAPITULO V**

**ASPECTOS ECONOMICO-FINANCIEROS CONSIDERADOS EN**

**LA SEMIMECANIZACION DEL METODO DE CAMARAS Y**

**PILARES**

**5.1. COSTOS DE PRODUCCIÓN.**

El costo de producción para una producción de 15,000 TM por mes se estima en el siguiente monto:

	US \$ / TM
- Preparación y desarrollo mina	4.50
- Costo de explotación	10.91
- Tratamiento de mineral	17.09
- Gastos directos mina – planta	18.50
- Gastos administración	7.00
- Gastos de venta	<u>10.00</u>
Costo de producción unitario	= 68.00

## 5.2. VALOR DE LAS RESERVAS.

La empresa tomando en cuenta la calidad de los concentrados de mineral y condiciones de pago ha establecido la siguiente fórmula para la valorización de su mineral de cabeza.

$$1 \text{ Oz Ag/TM} = \text{US } \$ 5.32$$

$$1 \% \text{ Pb} = \text{US } \$ 3.93$$

$$1\% \text{ Cu} = \text{US } \$ 9.51$$

$$1\% \text{ Zn} = \text{US } \$ 5.84$$

Por lo que el valor del mineral de las reservas resulta:

$$6.04 \text{ Oz Ag} \times \text{US\$ } 5.32 = \text{US } \$ 32.13$$

$$3.41 \% \text{ Pb} \times \text{US\$ } 3.93 = \text{US } \$ 13.40$$

$$0.55 \% \text{ Cu} \times \text{US } \$ 9.51 = \text{US } \$ 5.23$$

$$7.04 \% \text{ Zn} \times \text{US } \$ 5.84 = \underline{\text{US } \$ 41.11}$$

$$\text{Total US } \$ = \text{US } \$ 91.87$$

## 5.3. ESCALA DE PRODUCCIÓN MINA.

La producción programada es de 500 TMD ( 15,000 TMD) y 180,0000 TM anuales de mineral de cabeza, que serán extraídos mediante la aplicación del método de Cámaras y Pilares semimecanizado

## 5.4. VIDA DE LA MINA.

Para un ritmo de producción de 180,000 TM anuales y teniendo reservas de 720, 448, la vida de la mina resulta:

$$\text{Vida mina} = \frac{702,448 \text{ TM}}{180,000 \text{ TM/año}} = 4 \text{ años}$$

## 5.5. DEPRECIACION DE ACTIVOS.

Los activos actuales y los por adquirirse, tienen un valor de US \$ 2'750,000

y se considera un valor de salvamento del 20 %. Aplicando la depreciación lineal tenemos:

$$\text{Depreciación anual} = \frac{\text{Valor activos} - \text{Valor salvamento}}{\text{Años vida mina}}$$

$$\text{Depreciación} = \frac{2'750,000 - 550,000}{4} = \$ 550,000$$

Para efectos de mecanización de la explotación es necesario realizar inversiones en mina y como la planta concentradora será ampliado para un tratamiento de 500 TMD, es necesario realizar inversiones conforme el detalle siguiente:

## I. ACTIVOS:

### A.- MINA:

Desarrollo mina:	US\$
- 500 m. de galerías de 3 x 3 m. x 350 \$/m.	= 175,000
- 800 m. de rampas de 3 x 3' x 370 \$/ m.	= 296,000
- 250 m. de chimeneas de 4'x 4'x 140 \$/m.	= <u>35,000</u>
Subtotal \$	= 506,000
Equipos mina:	
- 10 Perforadoras neumáticas Jack Leg	= 50,000
- 05 Perforadoras neumáticas Stoper	= 25,000
- 2 Scoops diesel de 3.5 yd <sup>3</sup>	= 500,000
- 04 Ventiladoras eléctricos de 60 HP	= 60,000
- 02 Electrobombas de 50 HP	= 20,000

- 02 Compresoras de 1,000 PCM	=	<u>90,000</u>
Subtotal \$	=	745,000
Total US \$	=	1'251,000

### B.- PLANTA CONCENTRADORA:

Equipo adicional:

1 Alimentador	24"x 10'	25,000
1 Chancadora de quijada	30" x 14"	45,000
1 Silo de finos	500 ton	120,000
1 Molino de bolas	8' x 8'	150,000
2 Agitador	20' x 19'	60,000
3 Celdas	10' x 15'	75,000
1 Espesador	50' x 10'	50,000
1 Filtro prensa	4 m x1m	<u>40,000</u>
Total US \$ =		565,000

### C.- MEDIO AMBIENTE.

- Construcción de Pozas de sedimentación	
para aguas ácidas mina	150,000
- Trabajos de encapsulamiento de desmonte mina	200,000
- Construcción de sistema de tratamiento de	
Aguas servidas campamento mina	<u>150,000</u>
Total US \$ =	500,000

**RESUMEN INVERSIONES:**

Mina	= US \$	1'251,000
Planta Concentradora	= US \$	565,000
Medio Ambiente	= US \$	500,000
Subtotal	= US \$	2'316,000
Imprevistos (10%)	= US \$	231,600
Escalamiento (5%)	= US \$	<u>115,800</u>
Total inversión	= US \$	2'663,400

**C.- CAPITAL DE TRABAJO.**

El capital de trabajo, a fin de poder mantener la mina en operación, es necesario adquirir materiales, reactivos, combustibles, pagar sueldos y jornales, combustible, energía y transporte, se requiere del siguiente monto.

	US \$ / mes
- Sueldos y jornales	80,000
- Materiales	55,000
- Bolas y aceros	25,000
- Reactivos	46,000
- Combustibles	50,000
- Energía	60,000

- Transporte 20,600

336,600

**TOTAL INVERSIONES:**

Mina – Medio Ambiente - planta = US \$ 2'663,400

Capital de trabajo = US \$ 336,600

Total = US \$ 3'000,000

**5.6. CRONOGRAMA DE LA INVERSIÓN.**

La implementación del proyecto de ampliación se estima en un tiempo de 09 meses, conforme se detalla en el cuadro N° 5.7.

**5.7. FINANCIAMIENTO DE LA INVERSIÓN.**

El capital requerido para la ejecución del proyecto de semimecanización de la explotación de US \$ 3'000,000 será financiado por la banca comercial con garantía de activos que la Empresa posee, de acuerdo a las condiciones siguientes:

- Tasa de interés para moneda extranjera = 15 %
- Tiempo de amortización = 3 años
- Pagaderos en cuotas iguales = US \$ 1',000,000

El cuadro de amortización resulta:

AÑO	CAPITAL	INTERÉS	AMORTIZACIÓN	TOTAL
1	3'000,000	450,000	1'000,000	1'450,000
2	2'000,000	300,000	1'000,000	1'300,000
3	1'000,000	<u>150,000</u>	<u>1'000,000</u>	<u>1'150,000</u>



900,000                      3'000,000                      3'900,000

## 5.8. EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA.

### 5.8.1. ESTADOS FINANCIEROS.

Para poder determinar los ingresos y egresos, como también la disponibilidad de recursos económicos, que el proyecto generará durante la explotación; se ha elaborado el cuadro de estado de ganancias y pérdidas y el cuadro del flujo de fondos, que se muestra en el cuadro N° 5.8.1

### 5.8.2. VALOR ACTUAL NETO (VAN).

Para este análisis se ha considerado una tasa de actualización (i) del 30 %, que incluye la tasa de interés, utilidad y factor de riesgo.

El cálculo correspondiente resulta:

AÑO	FLUJO	FACTOR ACTUALIZ. $F = 1/(1+i)^n$	FLUJO ACTUALIZ
0	3'000,000	1.00000	(3'000,000)
1	1'514,918	0.76923	1'165,320
2	2'001,518	0.59172	1'184,338
3	2'151,518	0.45517	979,306
4	3'645,924	0.35013	<u>1'276,543</u>
			+ 1'605,507

VAN = US \$ 1'605,507

**CUADRO N° 5.9.1  
ESTADO DE GANANCIAS Y PERDIDAS**

Año	0	1	2	3	4	TOTAL
Producción de mineral semestral (TMS)		180.000	180.000	180.000	180.448	720.448
Valor de la producción \$		16.536.600	16.536.600	16.536.600	16.577.758	66.187.558
Costo de Producción \$		12.240.000	12.240.000	12.240.000	12.270.464	48.990.464
<b>UTILIDAD BRUTA</b>		4.296.600	4.296.600	4.296.600	4.307.294	12.889.800
Depreciación de actuivos		550.000	550.000	550.000	550.000	2.200.000
Reinversión (10%)		429.660	429.660	429.660	430.729	1.719.709
Utilidad antes de impuestos:		3.316.940	3.316.940	3.316.940	3.326.564	13.277.384
Impuestos (30%)		995.082	995.082	995.082	997.969	3.983.215
<b>UTILIDAD NETA</b>		2.321.858	2.321.858	2.321.858	2.328.595	9.294.169
<b>FLUJO DE FONDOS</b>						
<b>FUENTES:</b>						
Utilidad neta		2.321.858	2.321.858	2.321.858	2.328.595	9.294.169
Depreciación		550.000	550.000	550.000	550.000	2.200.000
Reinversión		429.660	429.660	429.660	430.729	1.719.709
Total fuentes:		3.301.518	3.301.518	3.301.518	3.309.324	13.213.878
<b>USOS:</b>						
Pago deuda		1.000.000	1.000.000	1.000.000		3.000.000
Capital de trabajo		336.600			-336.600	336.600
Intereses (15% anual)		450.000	300.000	150.000		900.000
Inversión	-3.000.000					
Total usos		1.786.600	1.300.000	1.150.000	-336.600	4.236.600
<b>FLUJO NETO</b>		1.514.918	2.001.518	2.151.518	3.645.924	9.313.878

### 5.8.3. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR).

Para hallar la tasa interna de retorno, se aplicó la siguiente fórmula:

$$TIR = - E/(1+r)^0 + F1/(1+r)^1 + F2/(1+r)^2 + F3/(1+r)^3$$

Donde:

E = Inversión.

F1,...,F3 = Flujos generados

r = Tasa

$$TIR = - \frac{3'000,000}{(1+r)^0} + \frac{1'514,918}{(1+r)^1} + \frac{2'001,518}{(1+r)^2} + \frac{2'151,518}{(1+r)^3} + \frac{3'645,924}{(1+r)^4}$$

El cálculo se realiza por tanteo, dando valores a "r", hasta obtener un valor que se aproxime a cero, obteniéndose:

$$TIR = 55.45 \%$$

Como este valor es superior a la tasa de actualización fijada para el proyecto, la inversión propuesta para efectos de ampliación resulta rentable.

### 5.8.4. PERIODO DE RETORNO.

Conocido como Payback, es el tiempo en que debe recuperarse el capital invertido.

AÑO	1	2	3
Flujo	1'514,918	2'001,518	2'151,518
Factor Actualización.	0.76923	0.59172	0.45517
Flujo Actualizado.	1'165,320	1'184,338	979,306
Flujo acumulado.	1'165,320	2'349,658	3'328,964

$$\text{Flujo mensual año 3} = \frac{979,306}{12} = 81,609$$

12

Cantidad que falta cubrir =  $3'000,000 - 2'349,658 = 650,342$

Número de meses =  $\frac{650,342}{81,609} = 7.97 \Rightarrow 8$  meses

81,609

Tiempo de recuperación del capital = 2 años 8 meses.

### 5.9. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.

A fin de conocer hasta que punto es rentable el presente proyecto, se ha hecho el análisis de sensibilidad considerando dos factores: precio y costo de producción, conforme se observa en los cuadros N° 5.9. A y 5.9. B

Respecto a los precios, el proyecto es rentable hasta una disminución del 5.66 %, es decir 86.21 \$/TM.

En cuanto a los costos, el proyecto es rentable hasta un incremento de los costos de producción en un 5.64 % que corresponde a 73.64 \$ / TM.

### 5.10. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA- FINANCIERA.

Conforme a los resultados mostrados por el cuadro de los estados financieros, como de los índices financieros, el proyecto es rentable y justifica su ejecución, la misma que deberá realizarse según las actividades y tiempo mostrados en el cronograma de inversión. En el caso de una mejora en el precio de los metales de la Ag, Pb, Cu y Zn explotados en la Mina Shuntur la rentabilidad aún será mayor y además se podrá explotar los minerales marginales actualmente dejados en ciertos sectores de la mina.

**ANALISIS DE SENSIBILIDAD A LOS PRECIOS**  
**CUADRO N° 5.9.A**  
**ESTADO DE GANANCIAS Y PERDIDAS**

Valor de las reservas US \$/TM

86,21

	Año	0	1	2	3	4	TOTAL
Producción de mineral semestral (TMS)			180.000	180.000	180.000	180.448	720.448
Valor de la producción \$			15.517.800	15.517.800	15.517.800	15.556.422	62.109.822
Costo de Producción \$			12.240.000	12.240.000	12.240.000	12.270.464	48.990.464
<b>UTILIDAD BRUTA</b>			3.277.800	3.277.800	3.277.800	3.285.958	9.833.400
Depreciación de activos			550.000	550.000	550.000	550.000	2.200.000
Reinversión (10%)			327.780	327.780	327.780	328.596	1.311.936
Utilidad antes de impuestos:			2.400.020	2.400.020	2.400.020	2.407.362	9.607.422
Impuestos (30%)			720.006	720.006	720.006	722.209	2.882.227
<b>UTILIDAD NETA</b>			1.680.014	1.680.014	1.680.014	1.685.154	6.725.196
<b>FLUJO DE FONDOS</b>							
<b>FUENTES:</b>							
Utilidad neta			1.680.014	1.680.014	1.680.014	1.685.154	6.725.196
Depreciación			550.000	550.000	550.000	550.000	2.200.000
Reinversión			327.780	327.780	327.780	328.596	1.311.936
Total fuentes:			2.557.794	2.557.794	2.557.794	2.563.749	10.237.131
<b>USOS:</b>							
Pago deuda			1.000.000	1.000.000	1.000.000		3.000.000
Capital de trabajo			336.600			-336.600	336.600
Intereses (15% anual)			450.000	300.000	150.000		900.000
Inversión		-3.000.000					0
Total usos			1.786.600	1.300.000	1.150.000	-336.600	4.236.600
<b>FLUJO NETO</b>			771.194	1.257.794	1.407.794	2.900.349	6.337.131
TIR=		-3.000.000	0,76923	0,59172	0,455166136	0,350127797	30
TIR =		30	593.226	744.257	640.780	1.015.493	2.993.756

**ANALISIS DE SENSIBILIDAD A LOS COSTOS**  
**CUADRO N° 5.9B**  
**ESTADO DE GANANCIAS Y PERDIDAS**

Costo de Producción US \$/TM 73,64

Año	1	2	3	4	TOTAL
Producción de mineral semestral (TMS)	180.000	180.000	180.000	180.448	720.448
Valor de la producción \$	16.536.600	16.536.600	16.536.600	16.577.758	66.187.558
Costo de Producción \$	13.255.200	13.255.200	13.255.200	13.288.191	53.053.791
<b>UTILIDAD BRUTA</b>	3.281.400	3.281.400	3.281.400	3.289.567	9.844.200
Depreciación de activos	550.000	550.000	550.000	550.000	2.200.000
Reinversión (10%)	328.140	328.140	328.140	328.957	1.313.377
Utilidad antes de impuestos:	2.403.260	2.403.260	2.403.260	2.410.610	9.620.390
Impuestos (30%)	720.978	720.978	720.978	723.183	2.886.117
<b>UTILIDAD NETA</b>	1.682.282	1.682.282	1.682.282	1.687.427	6.734.273

**FLUJO DE FONDOS**

<b>FUENTES:</b>					
Utilidad neta	1.682.282	1.682.282	1.682.282	1.687.427	6.734.273
Depreciación	550.000	550.000	550.000	550.000	2.200.000
Reinversión	328.140	328.140	328.140	328.957	1.313.377
Total fuentes:	2.560.422	2.560.422	2.560.422	2.566.384	10.247.650
<b>USOS:</b>					
Pago deuda	1.000.000	1.000.000	1.000.000		3.000.000
Capital de trabajo	336.600			-336.600	336.600
Intereses (15% anual)	450.000	300.000	150.000		900.000
Inversión					0
Total usos	1.786.600	1.300.000	1.150.000	-336.600	4.236.600
<b>FLUJO NETO</b>	773.822	1.260.422	1.410.422	2.902.984	6.347.650
TIR=	0,76923	0,59172	0,455166136	0,350127797	30
TIR=	595.248	745.812	641.976	1.016.415	2.999.451

### **CONCLUSIONES:**

1. La Mina Shuntur se halla ubicado en la Cordillera Negra, políticamente se encuentra en la distrito de Pira, provincia de Huaráz, departamento de Ancash.
2. Regionalmente en la zona, afloran rocas desde el mesozoico, hasta el cuaternario reciente, siendo las formaciones más importantes Carhuaz – Santa y los volcánicos Calipuy, que han sido intruídas por tonalitas y granodioritas.
3. El yacimiento Shuntur se halla emplazada en rocas sedimentarias de la Formación Carhuaz – Santa y rocas volcánicas del Grupo Calipuy, miembro medio, con mantos de potencia de hasta 5.0m y buzamiento de 30 a 40°.
4. Las reservas de mineral cubicadas al 30 de julio del 2009, asciende a 720,448 TMS, conformado por galena, calcopirita, blenda y argentita, con leyes de 6.04

Oz Ag/TM, 3.41% de Pb, 0.55% de Cu y 7.04 % Zn. Y la escala de producción contemplada es de 500 TMD y considerando las reservas de mineral cubicadas, la vida de la mina es de 4 años.

5. El método de explotación es de Cámaras y Pilares convencional, el cual será semimecanizado con el empleo de equipos LHD o los scoops diesel de 1.5 a 3.5 yd<sup>3</sup> de capacidad, que depositarán en los ore pass, de donde será transportado por volquetes hasta la planta concentradora distante a 2.5 KM.
6. De acuerdo al cálculo de esfuerzos, considerando los aspectos geomecánicos del macizo rocoso, las dimensiones del Pilar resultan de 3m x 3m. y un ancho de cámara de 6 m.
7. Las dimensiones del tajeo de explotación tendrá un largo de 50 m. por un alto de 50m. delimitadas por galerías de 4 x 4 m. y chimeneas. El acceso al tajo será mediante rampas.
8. En la perforación se utilizará perforadoras Jack Leg y barrenos de 8' de largo y la malla de 1 x 1 m. empleándose como explosivo dinamita y como accesorio Carmex y mecha rápida.
9. La seguridad, higiene minera y el tratamiento de los residuos sólidos y líquidos que la explotación de la mina producirá, estas serán tratadas de acuerdo a las normas y técnicas de seguridad y medio ambiente, a fin de evitar la contaminación del medio físico, biológico y humano colindante a la mina.
10. Para la ejecución del proyecto de semimecanización propuesta, es necesario

realizar inversiones en la mina, planta concentradora, medio ambiente y capital de trabajo, cuyo monto es de US \$ 3'000,000 que será financiado por la Banca Nacional con garantía de activos que posee la empresa.

11. De acuerdo a la evaluación económica financiera, basados en los indicadores económicos detallados en el trabajo, el proyecto es rentable

### **RECOMENDACIONES:**

1. El yacimiento de Shuntur requiere un conocimiento mejor de la geología, por lo que se recomienda hacer un estudio geológico detallado.
2. En las estructuras conocidas y que vienen trabajándose actualmente, se recomienda continuar con el programa de exploraciones para determinar su profundización.
3. Para llevar a cabo el proyecto de mecanización de la explotación, se debe cumplir con el cronograma propuesto y cuyo tiempo fijado es de 8 meses.
4. Se recomienda mejorar la ventilación, previo estudio, el cual permitirá hacer uso de agentes explosivos de menor costo, como también mejorar el ambiente de trabajo, algo contaminado por el uso de equipos LHD.
5. En el sostenimiento, dejar de emplear el consumo de madera y reemplazar en gran parte con pernos de roca, malla metálica y shotcrete.

**BIBLIOGRAFIA**

- 1.- Bustillo Revuelta M.      MANUAL DE EVALUACION Y DISEÑO DE  
EXPLORACIONES MINERAS  
Entorno Gráfico S.L  
Madrid 1997
  
- 2.- Canter Larry              MANUAL DE ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL  
3ra. Edición.  
Edit. McGraw Hill  
Mexico 200
  
- 3.- Hoek.E. Brown E.T      EXCAVACIONES SUBTERRÁNEAS EN ROCA.  
Edit. McGraw Hill  
Nueva York 1980
  
- 4.- Instituto Tecnológico Geominero de España.      MANUAL DE EVALUACION  
TECNICO-ECONOMICA DE PROYECTOS MINEROS  
DE INVERSION.  
Madrid 1997
  
- 5.- Llanque Mosquera E.      EXPLORACION SUBTERRANEA-METODOS Y

CASOS PRACTICOS.

Universidad Nacional del Altiplano.

Puno 1995

6.- López Jimeno

MANUAL DE PERFORACION Y VOLADURA DE  
ROCAS.

Instituto Tecnológico Geominero de España.

Madrid 1998

7.- MEM

GUIA PARA EL CIERRE Y ABANDONO DE MINAS

Primera Edición.

Edit. Format & Impresiones.

Sub Sector Minería. Lima 1997