

**UNIVERSIDAD NACIONAL “DANIEL ALCIDES CARRIÓN  
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE  
MINAS**



---

**“REDUCCION DEL IMPACTO AMBIENTAL MEDIANTE LA  
TÉCNICA DE RELLENO HIDRAULICO EN TAJOS.  
COMPAÑIA MINERA CHUNGAR S.A.C. PASCO.”**

---

**T E S I S**

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

**PRESENTADO POR:**

**Bach. BERAUN MENDOZA, Yhonny Alex**

**Asesor: Mg. Luis Alfonso, UGARTE GUILLERMO**

**PASCO – PERÚ 2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MINAS**

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



**“REDUCCION DEL IMPACTO AMBIENTAL MEDIANTE  
LA TECNICA DE RELLENO HIDRAULICO EN TAJOS  
EN COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR SAC. PASCO”**

Presentado por:

**Bach. BERAUN MENDOZA, Yhonny Alex**

Sustentado y aprobado el día cuatro de enero del Dos Mil Diecinueve ante la comisión de Jurados

---

Ing. Toribio GARCIA CONTRERAS  
PRESIDENTE

---

Mg. Edwin Elías SÁNCHEZ ESPINOZA  
MIEMBRO

---

Mg. Silvestre Fabián BENAVIDES CHAGUA  
MIEMBRO

## DEDICATORIA

### **A Dios**

Por haberme dado la vida, salud y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional y además de su infinita bondad y amor.

### **A mi Madre**

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

### **A mi Padre**

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado a salir adelante y por su amor.

## **AGRADECIMIENTO**

Me van a faltar páginas para agradecer a las personas que se han involucrado en la realización de este trabajo, sin embargo merecen reconocimiento especial mi Madre y mi Padre que con su esfuerzo y dedicación me ayudaron a culminar mi carrera universitaria y me dieron el apoyo suficiente para no decaer cuando todo parecía complicado e imposible.

De igual forma, agradezco a la Compañía Minera Chungar SAC, por darme las facilidades para realizar el trabajo de investigación.

A los catedráticos de la escuela de formación profesional de ingeniería de Minas, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, por sus conocimientos y enseñanzas

Finalmente, a mi asesor, a los jurados calificadores que con sus observaciones y sugerencias han enriquecido el presente estudio de investigación

## INDICE

	<b>Página</b>
<b>DEDICATORIA</b>	2
<b>AGRADECIMIENTO</b>	3
<b>ÍNDICE</b>	4
<b>RESUMEN</b>	11
<b>INTRODUCCION</b>	12

## CAPITULO I

### **1.0. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

1.1. Identificación del problema	13
1.2. Formulación del problema	14
1.2.1. Problema general.	14
1.2.2. Problemas específicos.	14
1.3. Formulación de objetivos.	14
1.3.1 Objetivo principal	14
1.3.2 Objetivos específicos	15
1.4. Justificación e importancia del estudio.	15
1.5. Alcances y limitaciones	16

## CAPITULO II

### 2.0. GENERALIDADES DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1.	Unidad Económica Animón.	17
2.1.1.	Ubicación y accesibilidad.	17
2.1.2.	Clima y vegetación.	19
2.1.3.	Fisiografía.	19
2.1.4.	Recursos naturales.	19
2.2.	Geología.	20
2.2.1.	Geología regional.	20
2.2.2.	Geología local.	22
2.2.3.	Geología estructural.	22
2.2.3.1.	Plegamientos	22
2.2.3.2.	Intrusivos.	24
2.2.3.3.	Fracturamiento.	26
2.2.4.	Geología económica.	28
2.2.4.1.	Mineralización.	28
2.2.4.2.	Mineralogía.	31
2.2.4.3.	Zoneamiento.	34
2.2.4.4.	Paragénesis.	35
2.3.	Métodos de minado.	37

## CAPÍTULO III

### 3.0. MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes del estudio	41
3.2. Bases teóricas.	42
3.2.1. Impacto ambiental.	42
3.2.1.1. Clasificación.	43
3.2.2.2. Evaluación.	43
3.2.2.3. Identificación.	44
3.2.2.4. Valoración de la gravedad.	45
3.2.2. Impacto ambiental de la minería	45
3.2.2.1. Impacto sobre la atmosfera.	46
3.2.2.2. Impacto sobre el agua	49
3.2.2.3. Impacto sobre el suelo	51
3.2.2.4. Impactos en el medio biológico.	52
3.2.2.5. Impactos en al medio socio- económico cultural.	53
3.2.3. Relleno hidráulico.	55
3.2.3.1. Pulpa.	55
3.2.3.2. Ventajas.	55
3.2.3.3. Desventajas.	57

3.2.3 4. Comportamiento mecánico del relleno hidráulico.	57
3.3. Definición de términos básicos.	59
3.4. Hipótesis	63
3.4.1. Hipótesis general	63
3.4.2. Hipótesis específicas	63
3.5. Identificación de variables.	63
3.6. Operacionalización de variables	64

## **CAPITULO IV**

### **4.0. DESCRIPCION DEL ESTUDIO**

4.1. Planta concentradora.	65
4.1.1. Concentrados y relaves	65
4.1.2. Capacidad de la planta de relleno hidráulico.	66
4.2. Transporte de relleno hidráulico desde planta concentradora hasta los Tajos.	67
4.3. Preparación y rellenado del tajo.	69
4.3.1. Preparación.	69
4.3.2. Rellenado del tajo.	70
4.3.3. Tiempo de relleno de un tajo.	72
4.3.4. Metros cúbicos rellenados: Enero – julio 2018.	73
4.4.5. Metros cúbicos: relave y relleno. Enero – julio 2018	73
4.4. Disposición de relaves en los tajos para reducir el impacto ambiental	73
4.5. Ventajas y desventajas en depositar relaves en tajos.	74



## **CAPITULO V**

### **5.0. METODOLOGÍA Y TECNICAS DE INVESTIGACIÓN**

5.1.	Tipo y nivel de investigación.	76
5.2.	Métodos de investigación.	76
5.3.	Diseño de investigación.	77
5.4.	Población y muestra.	
5.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	78
5.6.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	79

## **CAPITULO VI**

### **6.0. RESULTADOS**

6.1.	Presentación, análisis e interpretación.	81
6.1.1.	Concentrados y relaves.	81
6.1.2.	Hidrociclones y planta relleno hidráulico	82
6.1.3.	Metros cúbicos rellenos: Enero – julio 2018.	83
6.1.4.	Metros cúbicos: Relave y relleno. Enero – julio 2018.	84
<b>CONCLUSIONES</b>		<b>86</b>
<b>RECOMENDACIONES.</b>		<b>87</b>
<b>REFERENCIA BIBLIOGRAFICA</b>		<b>88</b>

<b>ANEXOS:</b>	90
Matriz de consistencia.	91
Instrumentos de recolección de datos.	92
Otros.	93

## FIGURAS

Fig. 2.1. Ubicación y accesibilidad. U.E. Animón	18
Fig. 2.2. Geología Regional. Cía. Minera Chungar. U.E. Animón	21
Fig. 2.3. Método de corte y relleno ascendente (CRAM) U.E. Animón	38
Fig. 2.4. Método de taladros largos: Perforación y voladura del tajo	40
Figura A.1. Planta de Relleno Hidráulico. Unidad Económica Animon	94

## CUADROS

Cuadro N° 4.1. Concentrado y relaves	66
Cuadro N° 4.2. Hidrociclones planta relleno hidráulico	66
Cuadro N° 4.3. Metros cúbicos rellenos: Enero – julio 2018	73
Cuadro N° 4.4 Metros cúbicos: relave y relleno. Enero – julio 2 018	73
Cuadro N° 6.1. Resultados: Concentrados y relaves	81
Cuadro N° 6.2. Resultados: Hidrociclones planta relleno hidráulico	82
Cuadro N° 6.3. Resultados: Metros cúbicos rellenos: Enero – julio 2018	83
Cuadro N° 6.4 Resultados: Metros cúbicos: relave y relleno . Enero – julio 2 018	84

## **DIAGRAMAS**

Diag. N° 4.1. Relleno Hidráulico: Planta de procesos – Interior mina	60
--	----

## **FOTOGRAFIAS**

Fotografía N° 4.1. Entelado del dique	70
Fotografía N° 4.2. Relleno del tajo	72
Fotografía N° A.1. Balanza marcy de gravedad específica y de densidad de pulpa	92
Fotografía N° A.2. Flujómetro ultrasonido n0644004	92
Fotografía N° A.3. Silo : Relleno Hidráulico	93
Fotografía N° A.4. Rampa Mirko: Transporte de Relleno Hidráulico y otros servicios	93

## **GRAFICOS**

Gráfico N° 6.1. Concentrados y relaves	81
Gráfico N° 6.2. Hidrociclones planta R.H.	81
Grafico N° 6.3. Metros cúbicos rellenos: Enero – julio 2018	83
Grafico N° 6.4. Metros cúbicos: relave y relleno. Enero – julio 2 018	84

## RESUMEN

El objetivo general del estudio es medir la reducción del impacto ambiental con la técnica de relleno hidráulico en los tajos. Compañía Minera Chungar. Unidad Económica Animón. La hipótesis con que se operativizó es: La técnica del relleno hidráulico en tajos influye en la reducción del impacto ambiental. La metodología empleada fue de enfoque cuantitativo, experimental, estadístico e inductivo.

El resultado más importante del estudio es: los metros cúbicos rellenos a los tajos durante los meses de enero a julio del 2018 fue de 143374 (46%) M3 del relave total producido, que se podría incrementar realizando estudios adecuados para tal fin.

La principal conclusión es: la técnica de relleno hidráulico utilizando en el relleno de tajos explotados en interior mina es una solución parcial al problema de control ambiental en la compañía minera Chungar. Unidad Económica Animón

**Palabras claves:** Reducción del impacto ambiental, técnica, relleno hidráulico, tajos.

## INTRODUCCION

El relleno hidráulico se empleó por primera vez el año 1864 en la mina Shenandoahen Pennsylvania, Estados Unidos, después se fue mecanizando y optimizando su uso en la explotación en la minería subterránea.

En el Perú se aplicó relleno hidráulico en el año 1937 en la mina Lourdes de Cerro de Pasco con la finalidad de controlar incendios, implementándose luego al ciclo de minado.

En la Unidad Económica Animón se viene utilizando el relleno hidráulico desde el año 1995. Antes de su aplicación se utilizaba desmonte para rellenar los tajos explotados en interior mina

El presente estudio se ampara en la posibilidad de aprovechar parte del relave producido por el tratamiento de minerales en rellenar los tajos explotados en interior mina, con la finalidad de reducir el impacto ambiental en superficie, empleando la técnica de relleno hidráulico. El presente estudio se justifica en: la eliminación o disminución de sustancias químicas vertidas a las lagunas de Huaroncocha, Naticocha, Llacsacocha y otras, para mejorar la calidad del agua a fin de que pueda ser mejor utilizada; así mismo, la utilización de espacios geográficos ocupados por las canchas de relave en espacios que se podrían utilizar para el pastoreo de animales de la zona.

El objetivo general del estudio es medir la reducción del impacto ambiental con la técnica de relleno hidráulico en los tajos. Compañía Minera Chungar. Unidad Económica Animón.

## **CAPITULO I**

### **1.0 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1. Identificación del problema**

El mayor problema ambiental que genera la industria minera es la deposición de residuos sólidos en la superficie

La técnica de relleno hidráulico en la minería subterránea constituye una ventaja técnico-económica para mejorar la productividad y eficiencia y lo más importante es reducir el impacto ambiental producido por el depósito de relaves en la superficie adyacente a las operaciones mineras; ya que, una parte de los relaves es transportado hacia los tajos explotados en interior mina para ser rellenos.

En la Unidad Económica Animón se viene utilizando el relleno hidráulico desde el año 1995. Antes de su aplicación se utilizaba desmonte para rellenar los tajos en interior mina

El presente estudio se respalda en la posibilidad de aprovechar parte del relave producido por el tratamiento de minerales en rellenar los tajos explotados en interior mina con la finalidad de reducir el impacto ambiental en superficie, para ello se emplea la técnica de relleno hidráulico aplicando los conocimientos de mecánica de fluidos para el transporte de la pulpa hacia los tajos a rellenar disminuyendo el impacto ambiental en la superficie.

## **1.2. Formulación del problema**

### ***1.2.1. Problema general.***

¿Cómo medir la reducción del impacto ambiental con la técnica de Relleno Hidráulico en tajos? Compañía Minera Chungar.S.A.C. Pasco.?

### ***1.2.2. Problemas específicos.***

1. ¿De qué manera se puede manejar la mayor cantidad de relave en el relleno de tajos explotados en interior mina?
2. ¿Como explicar la técnica disponible con la finalidad de que la disposición de relave en interior mina no ocasione problemas operativos?

## **1.3. Formulación de objetivos.**

### ***1.3.1. Objetivo general.***

Medir la reducción del impacto ambiental con la técnica de Relleno Hidráulico en tajos. Compañía Minera Chungar.S.A.C. Pasco.

### **1.3.2. Objetivos específicos.**

1. Manejar la mayor cantidad de relave en el relleno de tajos explotados en interior mina.
2. Explicar la técnica disponible con la finalidad de que la disposición de relave en interior mina no ocasione problemas operativos.

## **1.4. Justificación e importancia del estudio.**

### **. Justificación social:**

La eliminación o disminución de sustancias químicas vertidas a las lagunas de Huaroncocha, Naticocha y otras, para mejorar la calidad del agua a fin de que pueda ser mejor utilizada.

La utilización de espacios geográficos ocupados por las canchas de relave en espacios para el pastoreo de animales de la zona.

### **Justificación Técnica.**

Se justifica en la evaluación técnica del sistema y envío de Relleno Hidráulico desde la planta concentradora hasta los tajos en interior mina.



Reside en localizar las mejores opciones de disposición de relaves en los tajos explotados en interior mina, decantarlas y recircular el agua.

### **1.5. Alcances y limitaciones.**

Durante el desarrollo del presente estudio no se tuvo limitaciones en lo que se refiere a la recolección de informaciones, debido a las facilidades que se tuvo y la bibliografía consultada.

## CAPITULO II

### 2.0. GENERALIDADES DEL ÁREA DE ESTUDIO

#### 2.1. Unidad Económica Animón

##### ***2.1.1. Ubicación y accesibilidad.***

La Unidad Económica Animón, propiedad de la Compañía Minera Chungar SAC., produce concentrados de zinc, plomo y cobre. Se encuentra ubicada en el flanco oriental de la cordillera occidental.

Políticamente se encuentra ubicada en el distrito de Huayllay, Provincia y Región Pasco, a una altura de 4 600 m.s.n.m., a 46 Kms. al Sur Este de la ciudad del Cerro de Pasco, dentro de la hoja 23-K – Ondore. En las coordenadas U.T.M.:

N-8´780,728      E-344654

**Accesibilidad.** La mina es accesible por tres vías:

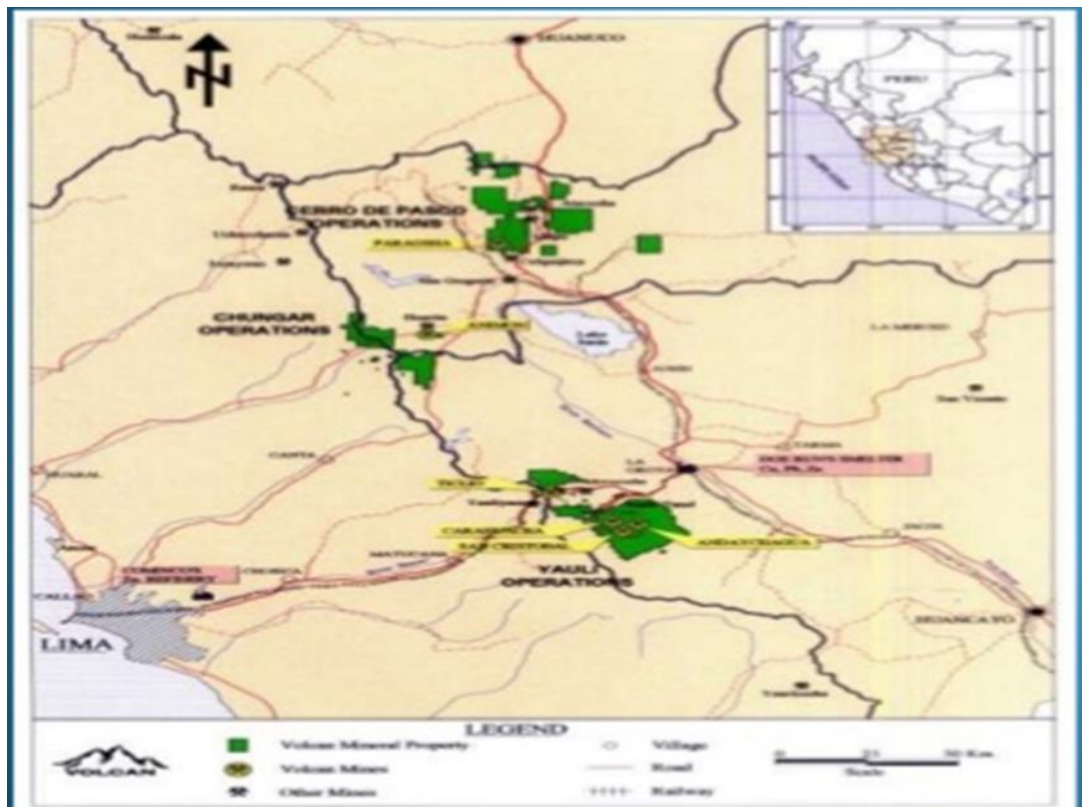
Lima – La Oroya – cruce Villa de Pasco – Huayllay - Animón 328

Kms. 6 horas

Lima – Huaral – Animón 225 Kms. 5 horas

Lima – Canta – Animón . 219 Kms. 5 horas

**Fig. 2.1. Ubicación y accesibilidad: Unidad Económica Animon**





### **2.1.2. *Clima y vegetación.***

La zona presenta un clima frígido y seco, típico de puna una, con temperaturas variadas de: 3°C a 4° C bajo cero, entre los meses de enero y marzo presentando precipitaciones pluviales y el resto del año es seco con presencia de heladas entre abril – junio.

La vegetación en la zona es muy escasa debido al clima frígido, la vegetación es casi escasa ya que en la mayor parte existen pocos lugares en los que se encuentra material aluvial favorables a la vegetación. Es típica de la región puna y cordillera donde se observa “ichus” y otros pastos silvestres características de la zona.

### **2.1.3. Fisiografía.**

La unidad Económica Animon se encuentra ubicada a 4 600 m.s.n.m. dentro de la superficie puna, en un ambiente glaciario, con superficies suaves y altitudes sobre los 4 200 m.s.n.m.

### **2.1.4. Recursos naturales.**

La zona cuenta con un recurso vital primario, el agua, que proviene directamente de las Lagunas: Llacsacocha, Naticocha y Huaroncocha; que sirve tanto para las actividades mineras como para el consumo doméstico.

La zona no cuenta con otros recursos vitales primarios, por lo que los centros de abastecimiento de material y otros productos de pan llevar proceden de las ciudades de: Lima, Cerro de Pasco, Huancayo, Huánuco, Oroya y otras ciudades adyacentes.

## **2.2. Geología.**

### **2.2.1. Geología regional.**

Las unidades lito estratigráficas que afloran en la región 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

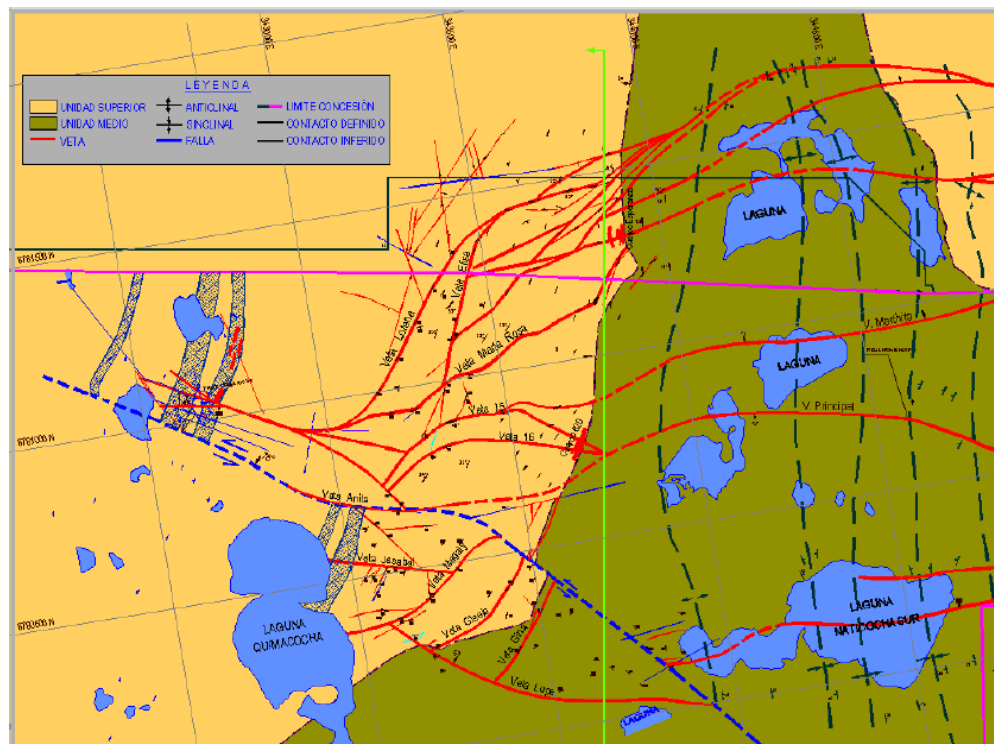
la Cordillera Occidental, desde la divisoria continental hacia el Este y está constituido por areniscas arcillitas y margas de coloración rojiza o verde en estratos delgados con algunos lechos de conglomerados y esporádicos horizontes lenticulares de calizas grises; se estima un grosor de 2 385 metros 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.

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 del 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.

**Fig. 2.2. Geología Regional: Cia Minera Chungar.U. E. Animón**



### **2.2.2. Geología local**

El yacimiento de Animón litológicamente está conformado por rocas sedimentarias 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 de distinguen dos formaciones bien marcadas:  
Formación inferior y formación superior.

### **2.2.3. Geología estructural**

#### **2.2.3.1. Plegamientos.**

Por acción de la Orogénesis Incaica, por esfuerzos compresivos Este-Oeste, los sedimentos preterciarios y terciarios han sido fuertemente plegados en estructuras que se orientan en forma regional al N 25° w. La manifestación tectónica principal de la zona es el anticlinal de Huarón, cuyas características son las siguientes:

1. Es un pliegue asimétrico, con el flanco oriental de mayor buzamiento 50°-60°E que el occidental 35°-42°W.
2. El plano axial se orienta al N 20°-30°W y se inclina al oeste.
3. El plano axial presenta en la parte central del distrito una suave convexidad hacia el Este.
4. El eje del anticlinal presenta doble hundimiento; la parte norte se hunde 15°-20° al Norte y la parte Sur 5° a 8° al Sur.

Las dimensiones de la estructura son de 20 Km. a lo largo de la zona axial longitudinal y 6 Km. a lo largo de



la zona axial transversal (se toma como horizonte guía el techo del chert Córdova).

A 3.5 Km. al oeste del anticlinal de Huarón se ubica el sinclinal de Quimacocha cuyo plano axial es paralelo al anticlinal de Huarón.

La geometría del anticlinal de doble hundimiento implica que la estructura ha sido originada por una deformación dómica en respuesta a fuerzas tectónicas dirigidas hacia el Este y hacia arriba, la resultante mayor orientada a N65°E fue aplicada en la parte central del distrito y la resultante intermedia fue dirigida hacia arriba.

La ausencia de fracturas pre-intrusivas tensionales y de cizallamiento indican que la deformación del anticlinal se efectuó dentro de los límites elásticos específicos que caracterizan a las unidades litológicas, por lo tanto, la acumulación de una enorme energía, en estado latente dentro de la estructura fue el efecto concomitante a la acción de los esfuerzos de compresión en épocas preintrusivas.

Posterior al depósito de los piroclastos de Huayllay y en épocas post-minerales se registró un plegamiento adicional de poca intensidad (plegamiento Quichuano) que ha producido suaves ondulaciones en la formación Huayllay.

### **2.2.3.2. Intrusivos**

El relajamiento de las fuerzas tectónicas compresionales preintrusivas y la acción del rebote elástico concentrado a lo largo de la zona axial longitudinal y de la zona axial transversal (parte convexa del anticlinal flexionado) originaron zonas de tensión ó de debilidad a lo largo de los cuales se produjeron rupturas en el anticlinal.

Estas fracturas sirvieron posteriormente de canales de circulación y de precipitación de los fluidos ígneos de composición monzonítica cuarcífera y se formaron los diques axiales longitudinales y transversales. Los diques axiales longitudinales se presentan como un enjambre de 6 diques dentro de un cuerpo lenticular, cuya parte más ancha tiene 1.4 Km. y se orienta al N 25° w. Esta parte se adelgaza progresivamente en su recorrido de 3 Km. al norte y de 5 Km. hacia el Sur.

Los diques axiales longitudinales muestran una duplicación en los afloramientos debido a la acción de fallas normales de edad post intrusiva y premineral, las cuales se originaron durante el movimiento de ascensión de la parte central del anticlinal de doble hundimiento. El ancho de los diques longitudinales en superficie y en la parte central alcanza hasta 350 metros, en profundidad

tienden a adelgazarse y a buzarse  $85^{\circ}$ - $88^{\circ}$  al oeste. Los diques axiales transversales intruyen la parte oriental del anticlinal.

En esta zona se observan 3 diques orientados en dirección E-W y  $N 85^{\circ}W$  distribuidos en una zona de 300 metros de ancho. Hacia el Este los diques se adelgazan y se extienden por 350-400 metros de longitud.

En la zona central del anticlinal los diques axiales longitudinales y los diques axiales transversales se unen, adquieren su mayor potencia y son más abundantes.

#### **2.2.3.3. *Fracturamiento***

En épocas posteriores el emplazamiento de los diques axiales, el anticlinal de Huarón fue nuevamente comprimido por fuerzas dómicas cuya principal resultante fue orientada al  $S 80^{\circ} E$  y hacia arriba. Estas fuerzas sobrepasaron el límite elástico de las formaciones litológicas y dieron origen al fracturamiento transversal y longitudinal del anticlinal y al desplazamiento ascensional de la parte central del distrito.

El fracturamiento se realizó mediante dos conjuntos de fracturas preminerales: El conjunto transversal orientada en dirección E-W: y el conjunto longitudinal orientada en

la dirección N-S. El primer conjunto se caracteriza por presentar 2 sistemas de fracturas que tienden a converger en profundidad. Al primer sistema que buza  $70^{\circ}$ - $80^{\circ}$  al norte y se localiza en la parte media y sur del distrito, pertenecen una gran cantidad de fracturas, entre las que se encuentran las fracturas inversas mineralizadas de Andalucía, Restauradora (Principal), Cometa, Elena, Yanamina, Travieso, Alianza y Yanacrestón.

Al segundo sistema que buza  $80^{\circ}$ - $90^{\circ}$  al sur y se localiza en la parte norte pertenecen pocas fracturas entre los que se encuentran las fracturas inversas mineralizadas a Shiusha Norte, Mechita, Shiusha Sur, Pozo D y Patrik; en cambio hacia la parte suroeste (Quimacocha) se tiene mayor número de fracturas inversas mineralizadas que buza  $55^{\circ}$ - $65^{\circ}$  al sur como: Precaución, Cabrillas, Veta 15, Veta 16.

Mayormente debido a que las fuerzas de compresión Este-Oeste formadores del anticlinal de Huarón ocasionarán fallas longitudinales al eje del anticlinal y luego una gran ruptura en (x) equis de cizalla, con dos fallas Naticocha-Llacsacocha y Cometa- Huaychao en diferentes edades cada uno que han dividido en cuatro

partes el anticlinal de Huarón cada uno con minerales característicos.

El conjunto de fracturas orientados en dirección Norte-Sur que buzcan  $40^{\circ}$ - $55^{\circ}$  al oeste y se localizan en la parte W del distrito, se caracterizan por ser fracturas preminerales concordantes con la estratificación. Entre estos se tienen a las fracturas mineralizadas de Fastidiosa, San Narciso y Constancia. El bloque central del distrito, limitado por las fracturas extremas Pozo D. Shiusha, Fastidiosa y Restauradora, ha sido elevado por desplazamientos horsticos unos 600-700 metros con referencia a la parte estable de la zona Norte. Aunque el desplazamiento total se distribuye en varias fracturas, el desplazamiento relativo entre las paredes de cada fractura es de bastante magnitud; lo cual produce una situación de favorabilidad para la extensión y persistencia tanto lateral como en profundidad del fracturamiento pre-mineral.

Los fracturamientos post-minerales han sido de mucho menor magnitud que los preminerales y generalmente se han efectuado en forma concordante con los fracturamientos pre-minerales.

## **2.2.4. Geología económica**

### **2.2.4.1. Mineralización**

Seguidamente después de la formación de las primeras fracturas pre-minerales los cuales se iniciaron en la parte central del distrito, las soluciones hidrotermales primitivas las invadieron y circularon a lo largo de ellos a temperaturas relativamente altas. Los compuestos llevados en solución fueron precipitados en el siguiente orden paragenético: cuarzo lechoso, pirita, enargita y tetraedrita. La enargita es abundante en Inmediatamente después de la formación de las primeras fracturas pre-minerales los cuales se iniciaron en la parte central del distrito, las soluciones hidrotermales primitivas las invadieron y circularon a lo largo de ellos a temperaturas relativamente altas.

Las partes centrales del distrito y la tetraedrita (con poco contenido de plata) lo es en las partes exteriores del área de enargita. A este primer ciclo de precipitación mineral pertenecen las vetas Travieso, Alianza, Veta 4, Tapada, la parte sur de la Veta Fastidiosa y la parte norte de la Veta San Narciso.

La precipitación se realizó en un tiempo relativamente prolongado, lo que permitió la formación de cristales de diámetros medianos. En respuesta a pulsaciones

tectónicas adicionales que hicieron progresar el movimiento hórstico y permitieron la reapertura y ampliación de las fracturas existentes y la formación de nuevas fracturas adyacentes, se produjo una nueva actividad magmática con la consecuente inyección de un segundo ciclo de mineralización a mediana temperatura.

El movimiento diferencial de las cajas permitió que los precipitados del primer ciclo fueron brechados, intruidos y cementados por los minerales de la segunda etapa de mineralización, cuyo orden paragenético es el siguiente: cuarzo lechoso, pirita, marmatita y galena.

El tiempo de precipitación del segundo ciclo fue más prolongado que en el primer ciclo y el enfriamiento fue más lento, por lo cual se tienen cristales de mayor diámetro. Al segundo ciclo de mineralización pertenecen la Vetas: Santa Rita, Cometa, Providencia, Elena, parte oeste de Tapada, extremo oeste de Alianza, Veta 4, Yanacrestón, Patrik, Veta 17, Shiusha, Veta Pozo D y las bolsonadas de Bernabé y Sevilla. Este tipo de mineralización ha contribuido con el 50-60% del volumen total de los precipitados minerales.

La renovación de la actividad tectónica en una época posterior a la consolidación de los precipitados del segundo ciclo permitió que la parte central se elevara

aun más y que las fracturas preexistentes se alargaran y profundizaran en forma adicional y que se formaran otras nuevas estructuras. El brechamiento y el consecuente aumento en la permeabilidad de los minerales depositados facilitaron la circulación de nuevas soluciones hidrotermales de baja temperatura. Los precipitados respectivos presentan texturas colomorfos y botroidales y una cristalización fina; lo cual implica una precipitación rápida en un tiempo relativamente corto.

Lo característico de este ciclo es la precipitación abundante y continua de carbonatos; las cuales se inician con la siderita y evolucionan gradualmente a dolomita, rodocrosita y calcita. Pertenecen a este ciclo además de los carbonatos, la baritina, esfalerita rubia clara, esfalerita rubia rojiza, galena, tetraedrita argentífera (freybergita), polibasita y chalcopirita. Contienen este tipo de precipitados las bolsonadas Lourdes, la parte este de las vetas Elena, Providencia y Cometa; Veta Restauradora (Principal), Marthita, Nor Este, Andalucía y Precaución; la parte Norte de la Veta Fastidiosa y la parte sur de la Veta San Narciso.

Posterior a la precipitación de la esfalerita y galena de la tercera fase de mineralización se inició una débil



lixiviación hipógena que produjo una disolución parcial en los cristales y en las paredes de pequeñas fracturas.

#### **2.2.4.2. Mineralogía**

##### **Minerales de mena:**

**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, 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 ( $\text{Ag}_3\text{AsS}_3$ ):** 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:**

**Cuarzo ( $\text{Si}_2\text{O}$ ):** 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 la pirita y calcopirita. Es un mineral de amplia distribución acompañando a los minerales de mena.

**Calcita ( $\text{CO}_3\text{Ca}$ ):** 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 rellenando fracturas.

**Pirita ( $\text{S}_2\text{Fe}$ ):** 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 ( $\text{CO}_3\text{Mn}$ ):** 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 ( $S_2CuFe$ ):** 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 ( $MnSiO_3$ ):** Es un mineral del grupo de los silicatos, subgrupo inosilicatos y dentro de estos pertenece a las 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.

#### **2.2.4.3. Zoneamiento.**

En el distrito minero Animón - Huarón, los precipitados de los diferentes ciclos de mineralización se han distribuido en zonas concéntricas tridimensionales asimétricas. Los minerales de mayor temperatura, correspondientes al 1er ciclo de mineralización, se ubican en la parte central y se caracterizan por estar distribuidos en dos subzonas: Una en la parte central o núcleo compuesta esencialmente de pirita-enargita y otra que rodea a la anterior compuesta de abundante pirita-tetraedrita.

Los minerales de mediana temperatura, correspondientes al 2do ciclo de mineralización, se ubican en la zona intermedia. Estos precipitados intruyen y traslapan a los minerales del 1er ciclo y originan las asociaciones de minerales de cobre-zinc y plomo o minerales triples. El mineral característico es la marmatita acompañada de cristales triglifos de pirita y de poca galena. En esta zona se ubican la mayor cantidad de depósitos minerales del distrito. Los minerales de baja temperatura que han sido originados durante el 3er

ciclo de mineralización. Se han precipitado en las fracturas más jóvenes de la periferia del distrito.

Estos precipitados conforman la zona exterior de mineralización, los minerales típicos son: esfalerita rubia clara y esfalerita rubia rojiza, galena en megacristales y ganga botroidales de siderita, baritina y rodocrosita. Debido a las reaperturas de las fracturas, los precipitados del tercer ciclo han traslapado a las zonas ocupadas por los precipitados anteriores.

#### **2.2.4.4. Paragénesis**

La secuencia paragenética en cada ciclo sigue el orden siguiente: en el primer ciclo se precipitan minerales de alta temperatura (cuarzo lechoso, pirita, enargita, tetraetrita, tenantita; en el segundo ciclo minerales de mediana temperatura (cuarzo lechoso, pirita marmatita y galena) y en el tercer ciclo minerales de baja temperatura (siderita, baritina, esfalerita rubia, galena, freybergita, polibasita, chalcopirita, rodocrosita, cuarzo hialino y calcita.

El precipitado de los diferentes ciclos de mineralización presenta un Zoneamiento concéntrico tridimensional asimétrico: la zona de cobre, conformada por las asociaciones minerales de alta temperatura que

acompañan tanto a la enargita que se ubica en la parte central o núcleo como a la tetraedrita que se sitúa en la periferia; zona de zinc-plomo constituidos por los minerales de mediana temperatura, el mineral característico es la marmatita acompañado con cristales de piritita triglifa y poca galena, se ubica en la parte intermedia; y la zona de zinc-plomo y plata constituido por minerales de baja temperatura que se han precipitado en las fracturas más jóvenes de la periferia del distrito, estos conforman la zona exterior de mineralización, los minerales típicos son: esfalerita rubia, esfalerita rubia rojiza, mega cristales de galena y gangas botroidales de siderita, dolomita, barita, rodocrosita y calcita.

Debido a las reaperturas de las fracturas, los precipitados del tercer ciclo han traslapado a las zonas ocupadas por los precipitados anteriores. La veta Principal, Maria Rosa, Cabrillas, Marthita y otras vetas menores pertenecen a esta zona exterior. Debido a la renovación de la actividad tectónica posterior al segundo ciclo de mineralización, las fracturas preexistentes de las vetas Principal y Maria Rosa se alargan y profundizan más, en consecuencia, la profundidad de la mineralización llegará más o menos

600 metros por debajo de la superficie que se confirmará con la ejecución de sondajes diamantinos en el nivel 310.

### 2.3. Métodos de minado

#### ➤ *Método de Corte y Relleno Ascendente (CRAM):*

##### **Dimensiones del tajo:**

- Longitud: 150 m.
- Alto: 50 m.
- Ancho: 3 a 12 m.

##### **Preparaciones:**

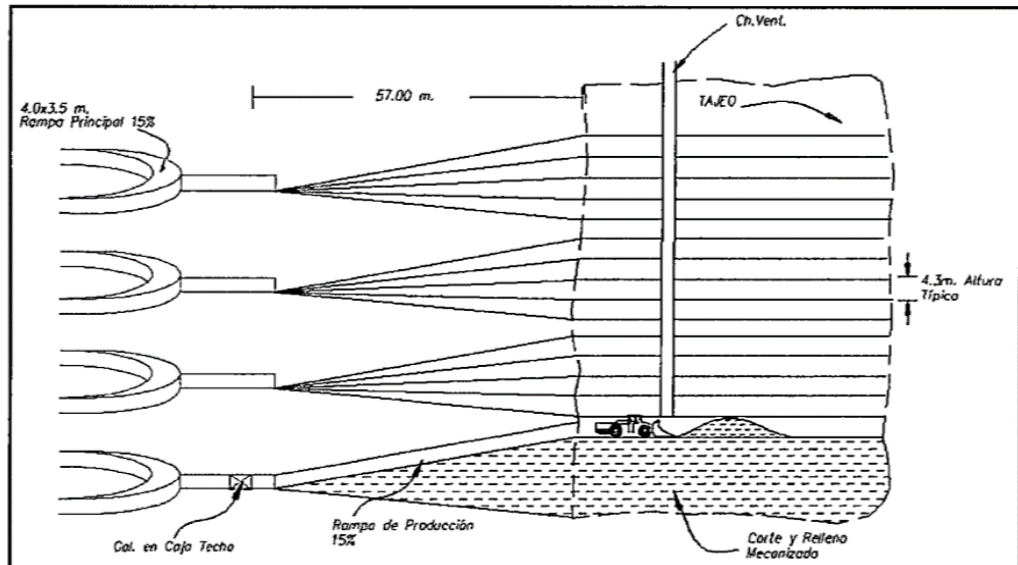
- By pass 3.0 m x 3.0 m.
- 02 rampas de acceso en "Z" (3,5 m x 3,0 m). positivo y negativo
- 01 chimenea para echadero de mineral (1 ,5 m x 1,5 m).
- 02 chimeneas de servicio (1 ,2 m x 1 ,2 m).
- 02 Acceso de la rampa a la veta (3.5m x 3m).

##### **Explotación:**

- Perforación horizontal (Bresting) con jumbo. Altura de corte 3 m.
- 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.

**Fig. 2.3. Método de corte y relleno ascendente (CRAM): U.E.**

**Animón**



### Ventajas:

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

### Desventajas:

- Sostenimiento riguroso (pernos y/o Shotcrete).
- Mayor avance en preparaciones.
- Bajo rendimiento a falta de relleno inmediato.

### ➤ **Método de taladros largos (sub level stoping)**

#### Dimensiones del tajo:

- Longitud: 75 m.
- Alto: 50 m.

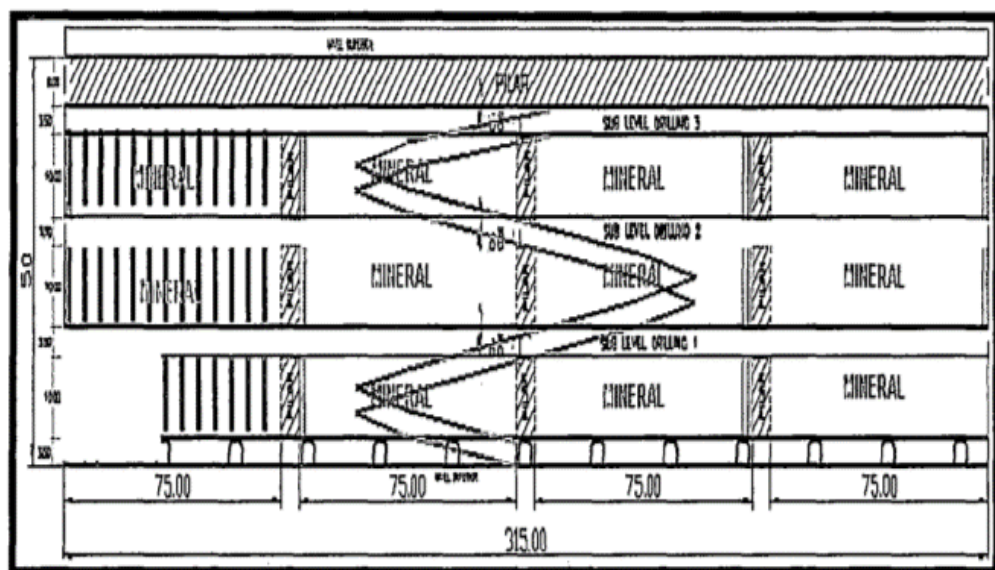


- Ancho: 3 a 12 m.

### 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.

Fig. 2.4. Método de taladros largos: Perforación y voladura del tajo



**Ventajas:**

- Manejable con la mecanización, por lo que, los tajeos son de alta eficiencia.
- El método es seguro y fácil para la ventilación.
- Recuperación de mineral superior al 90 %, La dilución puede estar debajo del 20 %.
- Las voladuras pueden ser realizadas una vez a la semana.

**Desventajas:**

- 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 III**

### **3.0. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1. Antecedentes del estudio.**

El relleno hidráulico se aplicó por primera vez el año 1864 en la mina Shenandoahen Pennsylvania, Estados Unidos, como control de la subsidencia, posteriormente se fue mecanizando y optimizando su uso en la explotación en la minería subterránea.

En el Perú se aplicó relleno hidráulico en el año 1937 en la mina Lourdes de Cerro de Pasco con la finalidad de controlar incendios, implementándose luego al ciclo de minado.

HUAMÁN MONTES, Lázaro Wilder.(2014). En su tesis *“Aplicación de relleno hidráulico en la Mina Jimena de Compañía Minera Poderosa*

S.A.". En su trabajo desarrolla la evaluación técnica-económica de aplicación de relleno hidráulico en la veta Jimena.

En el análisis técnico realizado, la pulpa tiene 76% de sólidos con una granulometría máxima de 3/8 de pulgada; para su transporte se utiliza tubería SCH-80 Ø4" y polietileno PN 12.5 Ø4".

Considerando una densidad de pulpa de 1.90 kg/L, gravedad específica de 2.65 kg/L y tubería de conducción de Ø4", se espera alcanzar un caudal de 45 a 55 m<sup>3</sup>/hora.

En la evaluación económica se determinó que se requiere una inversión inicial de capital de \$ 273 692, con costo de operación mensual de \$ 27 690 y un ahorro anual por encima de \$ 450 000.

YALE GUILLEN, Erles Crefel. (2013) en su tesis "*Construcción de la Planta de Relleno Hidráulico 100% relave*". Plantea la construcción de una nueva planta de relleno hidráulico "San Andrés" (100% relave) cota 3918 msnm, el cual permitirá reducir los costos de operación del relleno hidráulico.

Con la construcción de la planta de relleno hidráulico 100% relave se logra reducir el costo de operación de relleno hidráulico puesto en tajo, de 11.0 \$/m<sup>3</sup> a 6.5 \$/m<sup>3</sup>.

## 3.2 Bases teóricas.

### 3.2.1. *Impacto Ambiental.*

Gutiérrez Aponte J L, Refiere “Por impacto ambiental se entiende el efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente en sus distintos aspectos.”

#### 3.2.1.1. *Clasificación*

**1. Impacto ambiental irreversible.** Impacto cuya trascendencia en el medio, es de tal magnitud que es imposible revertirlo a su línea de base original.

Ejemplo: Minerales y desmonte a tajo abierto

**2. Impacto ambiental temporal.** Impacto cuya magnitud no genera mayores consecuencias y permite al medio recuperarse en el corto plazo hacia su línea de base original.

**3. Impacto ambiental reversible.** El medio puede recuperarse a través del tiempo, ya sea a corto, mediano o largo plazo, no necesariamente restaurándose a la línea de base original.

**4. Impacto ambiental persistente.** Los trabajos o sucesos practicados al medio ambiente son de influencia a largo plazo, y extensibles a través del

tiempo. Ejemplo: Derrame o emanaciones de ciertos químicos peligrosos sobre algún biotopo.

### **3.2.1.2. Evaluación.**

Evaluar los impactos ambientales de una operación minera, será de gran utilidad para manejarlos y cumplir con una parte de los requisitos exigidos en materia ambiental para el proceso de formalización.

Para evaluar los impactos es necesario que primero haga una identificación y posteriormente una valoración de su magnitud

Entre los impactos más patentes de la minería podemos citar: contaminación del agua y del aire, inestabilidad de los terrenos, afectación del paisaje, abandono de las actividades económicas tradicionales y el desplazamiento, de animales y plantas en vía de extinción, de su hábitat natural.

### **3.2.1.3. Identificación.**

Para percibir cómo se identifican los impactos que generan las actividades mineras, mencionamos los componentes que integran el medio ambiente:

**Medio abiótico.** Son los elementos que conforman el lugar donde habitan los seres vivos, tales como el agua, la luz, el suelo, la humedad y el aire.

**Medio biótico.** Es el conjunto de las especies de plantas, animales y otros organismos vivos.

**Medio socioeconómico.** Corresponde a las condiciones sociales, histórico-culturales y económicas de la población.

#### **3.2.1.4. Valoración de la gravedad.**

Identificado los impactos ambientales, se realiza la evaluación de la gravedad de las afectaciones, que debe realizarse teniendo en cuenta factores externos como: localización, tamaño del área, trabajos de construcción y montaje, métodos de explotación, cantidad de trabajadores, maquinaria utilizada, cercanía a vías de acceso, relieve del lugar, suelo, cercanía a asentamientos humanos y presencia de cuerpos de agua subterráneos y superficiales.

### **3.2.2. Impacto ambiental de la minería**

La actividad minera genera alteraciones en el medio natural, unas casi imperceptibles por los órganos de los sentidos y otras que representan claros impactos en los seres humanos y el medio en el que éstos se desarrollan

Existen normas estrictas para frenar el impacto que puede producir una explotación minera, que incluyen reglamentaciones referentes a la composición sólidos y líquidos vertidos, a las emisiones de polvo, ruidos, remediación del paisaje, etc., que a veces no se cumplen por el alto costo económico que representan, pero que deben ser asumidos, por las empresas para llevar a cabo la explotación.

#### **La actividad minera produce:**

Impacto ambiental en el medio físico: sobre la topografía, sobre la calidad del aire, sobre los suelos, sobre las aguas.

Impactos ambientales en el medio biológico: En el ecosistema terrestre, en el ecosistema acuático lentic (lagunas)

Impacto socioeconómico: alteración sobre los modos de vida y la economía de la región en la que se explota, que pueden ser en unos casos positivos y en otros negativos.



### **3.2.2.1. Impacto sobre la atmosfera. (A)**

#### **Polvo.**

Es uno de las mayores inquietudes en la contaminación atmosférica externa relacionada con los trabajos mineros. Proviene de dos fuentes:

#### **Fuentes Puntuales:**

- Sitios de carga de mineral y desechos sólidos (camiones, correas transportadoras)
- Sistema de transporte del mineral (correas transportadoras, tolvas)
- Planta seleccionadora del mineral al aire libre
- Escapes desde las instalaciones de succión de polvo.
- Chimeneas secadoras

#### **Fuentes difusas:**

- Zonas de descarga de desechos
- Espacios de acopio de la mena
- Rutas de transporte del mineral
- Sitios de disposición de estériles

El procesamiento de minerales, concretamente las operaciones de fundición, emiten cantidades masivas de partículas y gases aéreos potencialmente tóxicos.

Estos contaminantes aéreos pueden dañar a los trabajadores de minas como a la población ubicada a

bastante distancia de las operaciones mineras. Entre estos impactos podemos citar:

- Reducción de la visibilidad, smog y neblina.
- Impactos estéticos sobre casas, autos y vestimenta; decoloración y erosión de edificios debido a la presencia de ácidos
- Impactos en la salud de la población, la cual puede sufrir enfermedades respiratorias y alergias, erupciones en la piel, reacciones tóxicas debido a contaminantes aéreos, entre otros.
- Corrosión de metales, daños a equipo y entorpecimiento operacional.
- Impactos en la calidad del agua y la vida acuática.
- Contaminación de análisis de laboratorios por parte de contaminantes aéreos.

### **Lluvia ácida**

Se genera por los gases tóxicos emanados de las voladuras de minas a cielo abierto originando diversos efectos nocivos sobre los ecosistemas y los materiales, tales como:

- Aumentan la acidez de las aguas de ríos y lagos, traducándose en importantes daños en la vida acuática, tanto piscícola como vegetal.

- Acrecienta la acidez de los suelos, lo que involucra cambios en la composición de los mismos, produciéndose la lixiviación de nutrientes importantes para las plantas.
- La vegetación mostrada directamente a la lluvia ácida sufre no sólo las consecuencias del deterioro del suelo, sino también un daño directo que puede llegar a ocasionar incluso la muerte de muchas especies.
- La propiedad construida con piedra caliza experimenta muchos daños, dado que se transforma en yeso, y éste es disuelto por el agua con mucha mayor facilidad y al tener un volumen mayor, actúa como una cuña provocando el desmoronamiento de la piedra.
- Los materiales metálicos se corroen a mucha mayor velocidad.

#### **3.2.2.2. Impacto sobre el agua.**

El agua es utilizada para abastecer las diversas necesidades de procesamiento de minerales, supresión de polvos, etc. Debido a las cantidades considerables de agua que se utiliza en la minería, se reduce el suministro a los pueblos y ciudades; además,

pueden crear impactos negativos en lagos debido a la reducción de los niveles de agua o del afloramiento de agua dulce generando la sequía de los afluentes y reduciendo el nivel del agua en pozos vecinos.

Uno de los aspectos relevantes de la contaminación de las aguas por la actividad minera es el daño que produce a los organismos acuáticos, producto de los metales pesados. Los cianuros en determinadas concentraciones son letales para los peces y los sólidos suspendidos, provenientes de las etapas de molienda y beneficiación de minerales, que interfieren la capacidad de purificación del agua.

Los aportes de metales pesados, provienen del drenaje de las pilas de acopio del mineral, de los desechos estériles, así como también de las aguas de mina.

La infraestructura construida para apoyar una operación minera y sus operaciones de procesamiento, genera residuos de alcantarillados, de tratamiento de aguas, aceites, petróleo, combustibles diesel, etc.

Las rocas pueden generar ácido, movilizándolo muchos otros constituyentes químicos, los que podrían contaminar cuerpos de agua por décadas o incluso cientos de años después del cierre de la mina. Inclusive el uso de explosivos aumenta las concentraciones de

nitrate y amoníaco, provocando el incremento de la contaminación de cuerpos de agua.

Los desechos de las fundiciones tales como la escoria y el material particulado (polvo), pueden contaminar las aguas superficiales y subterráneas.

Estos impactos podrían producir daños, tales como:

- Al abastecimiento de agua para usos domésticos y municipales.
- Usos en la ganadería y agricultura.
- La salud de las personas.
- La pesquería y vida acuáticas.
- Usos industriales de agua.
- Entre los problemas asociados a los efectos específicos se hallan:
  - La interrupción del crecimiento y reproducción de fauna y flora acuática.
  - Daño a los ecosistemas (cadenas tróficas, comunidades, otros)
  - En algunos casos, contaminación de las fuentes de agua potable
  - Efectos corrosivos en las bases de los puentes

### **3.2.2.3. Impacto sobre el suelo.**

El impacto sobre el suelo es uno de los más importantes de la minería, y más difíciles de resolver, referido al drenaje ácido de la mina, que puede emanar desde diferentes actividades y lugares de la misma.

Entre ellos podemos citar:

- Trabajos en la superficie y subterráneos
- Desechos rocosos (provenientes de la planta chancadora)
- Sitios de depósito de estériles provenientes de la molienda y otros
- Desechos provenientes de embalses de relave, flotación y otros.

El drenaje se forma debido a la oxidación de minerales que, expuestos al aire y agua reaccionan formando ácido sulfúrico y hierro disuelto. Parte del hierro se puede precipitar formando en el fondo de los lechos una capa roja, naranja o amarilla, que contiene el drenaje de la mina. Este drenaje puede generar:

- Daños a la vegetación, que afecta a los cultivos, dejándolos potencialmente en calidad de tóxicos para el consumo humano y animal.
- Esterilidad de los suelos

- Impactos en la salud que podrían resultar del consumo de alimentos que fueron cultivados en tierras contaminadas.
- Contaminación de las fuentes de agua potable.
- Efectos corrosivos en las bases de los puentes.

#### **3.2.2.4. Impactos en el medio biológico.**

Denudación de los suelos: para los cercos y accesos, plataformas para campamentos, líneas de impulsión de agua potable y desagüe y obras civiles ejecutadas y por ejecutar.

Deterioro del hábitat para la flora y fauna: sobre todo en las zonas denudadas para la construcción de cercos, plataformas y vías de acceso.

Atracción de especies carroñeras debido a la mala disposición de la basura generada doméstica.

Proliferación de insectos debido a la mala disposición de la basura y falta de letrina para la evacuación de aguas servidas y de aguas estancadas.

Deterioro del hábitat para la fauna de la zona como resultado de los ruidos, presencia de maquinaria y trabajadores en el área rural.

### **3.2.2.5. Impactos al medio socio – económico cultural**

El desarrollo de la actividad minera provoca un flujo de trabajadores y sus familias hacia áreas que, a menudo, estaban escasamente pobladas. Seguido por el desarrollo de empresas e instalaciones de apoyo que causan un gran aumento en la actividad económica.

Mayor nivel de bienestar y desarrollo de la población como resultado del beneficio económico de los trabajadores.

Desarrollo de actividad comercial entre los pobladores locales y los trabajadores de la empresa.

Intercambio cultural debido al contacto del personal de la compañía, con los pobladores de los diversos centros poblados.

Mencionamos algunos de los impactos potencialmente negativos más comunes:

El paisaje se ve ligeramente afectado en su estética por la etapa de construcción de las obras, debido a la presencia de las instalaciones de infraestructura física, como: talleres



de mantenimiento, almacenes, casetas de guardianía, acumulación de desechos, excavaciones, entre otros.

Aumento de tránsito por vías locales y su costo de mantención.

Inflación respecto de costos de bienes, trabajo, propiedad, e impuestos

Impactos potencialmente negativos sobre el turismo

### **3.2.3. Relleno Hidráulico.**

Se define como relleno hidráulico al material que es transportado en forma de pulpa por tuberías. En su mayoría el material es relave; pero también se utiliza arenas, glaciares y otros materiales granulares que se encuentran en la naturaleza.

#### **3.2.3.1. Pulpa.**

Mezcla constituida por una fase sólida y una líquida, donde la fase líquida transporta a la sólida en suspensión.

**Pulpa homogénea** Este tipo de pulpa se comporta como un fluido plástico de Bingham, es decir que las propiedades del agua se afectan por la presencia de los sólidos, ejemplo: las arcillas.

**Pulpa heterogénea.** Los relaves, arenas, concentrados de minerales se comportan como

mezclas, ya que el líquido y los sólidos se comportan independientemente, denominándose al conjunto sólido-líquido, mezcla o pulpa heterogénea.

### **3.2.3.2. Ventajas.**

Cuando se utiliza relave de una planta concentradora el costo de la obtención del material es cero, ya que la planta cubre los costos de reducción de tamaño del material.

Cuando se utiliza el material detrítico producto de las labores de preparación y desarrollo se contribuye a maximizar la vida útil de las desmonteras y asimismo se minimiza el impacto ambiental.

El transporte en tuberías es mucho más económico, eficiente y rápido que con otro tipo de transporte.

Al depositarse el relleno hidráulico en forma de pulpa tiende a buscar su nivel en forma natural, eliminando así la necesidad de utilizar recursos adicionales para esparcirlo manual o mecánicamente.

El relleno hidráulico por la granulometría del material que es de fácil control permite una alta resistencia al movimiento de las cajas.

El relleno hidráulico permite aumentar la eficiencia y productividad en los tajos debido a la disminución del

consumo de madera y a la reducción del costo de minado por la versatilidad que brinda.

Se reduce la cantidad de polvo en las labores (tajos) y se mantiene fresco el ambiente.

### **3.2.3.3. Desventajas**

El sistema de relleno hidráulico requiere una alta inversión de capital, para lo cual es necesario tener un soporte financiero de aplicabilidad.

La introducción de agua en el relleno a la mina es un problema si el drenaje se realiza por bombeo.

Cuando se utiliza material con contenidos altos de pirita o pirrotita, al oxidarse estos sulfuros se produce una reacción exotérmica lo cual eleva la temperatura y produce anhídrido sulfuroso.

En el agua de drenaje del relleno siempre arrastra cierta cantidad de finos los cuales se depositan en los niveles inferiores de las labores rellenas.

### **3.2.3.4. Comportamiento mecánico del relleno hidráulico**

**Densidad Relativa.** Expresa el estado de compactación de relleno arenoso. La densidad relativa del relleno está en función de tres factores principales: forma de los

granos, granulometría, la manera de depositarse y forma de los granos.

- **La granulometría**, es el factor de mayor influencia en la densidad relativa, lo ideal es que el material sea bien graduado, de tal manera que se reduzca los vacíos al mínimo.
- **La manera de depositarse.** El relleno hidráulico influye también en la densidad relativa del mismo. La deposición del relleno en un solo punto permite que a cierta distancia las partículas sólidas se sedimenten en un ambiente calmo y sin perturbación.
- **Forma de los granos.** Una manera de esta sedimentación permite que los granos se acomoden en forma de arcos o bóvedas naturales, los cuales ante una presión o vibración tienden a reordenarse y ocupan más eficientemente los espacios.

**Efecto del agua en el relleno hidráulico.** El agua puede presentarse en el relleno hidráulico en dos formas: Flujo laminar y Flujo turbulento.

**Consolidación.** Es el cambio de volumen de una carga constante a medida que transcurre el tiempo.

**Compactación.** Es la densificación artificial de los suelos. Los materiales cohesivos se compactan mejor bajo cargas dinámicas.

**Cementación.** La cementación de los rellenos hidráulicos puede tomar muchos años, dependiendo principalmente de la composición química del relleno.

**Compresibilidad.** Los rellenos hidráulicos son los menos compresibles de todos los rellenos usados como soporte en minería subterránea. Rara vez se comprimen más del 20%, variando generalmente entre 5% y 10%.

**Gravedad específica de los sólidos.** Es la relación entre el peso específico del sólido y el peso específico del agua.

**Tamaño máximo de las partículas.** Debido a que las partículas de mayor tamaño tienden a sedimentarse más rápido que las partículas menores, es necesario conocer el tamaño máximo de las partículas sólidas para así determinar la velocidad máxima de sedimentación que tendrán.

**Dureza de los sólidos.** Esta característica determina el tipo y material del equipo a utilizarse en su transporte.

### 3.3. Definición de términos básicos

**Ambiente.** Alrededor de las cuales la organización opera, incluye agua, aire, tierra, recursos naturales, flora, fauna, humanos y sus interrelaciones.

**Atmósfera** Manto gaseoso que envuelve la tierra. Está formada por cuatro capas, cada una de las cuales cumple una función específica con la radiación solar y la cantidad de energía que llega a nuestro planeta. Estas capas son: Troposfera, Estratosfera, Ionosfera y Exosfera. (existe otra nomenclatura)

**Biosfera.** Según el concepto desarrollado por el geólogo ruso Vladimir Vernadsky (1926) la biosfera deberá contar, al menos, de tres requisitos: i) una región donde el agua pueda existir en cantidad, ii) una fuente de energía exterior (en nuestro caso el sol), iii) por último en su interior deben existir condiciones para que la materia pueda existir en estados y subestados sólido, líquido y gaseoso.

**Calidad del aire.** Normalización de los niveles de concentración de gases

**Concentrado:** Un producto intermedio fino y polvoriento del proceso de molienda formado por la separación de un metal valioso del desperdicio

**Concentradora:** Las instalaciones en las que se procesa el mineral para separar los minerales de la roca madre

**Contaminación ambiental.** Acción que resulta de la introducción por hombre, directa o indirectamente en el medio ambiente, de contaminantes, que tanto por su concentración, al superar los límites máximos permisibles establecidos, como por el tiempo de permanencia, hagan que el medio receptor adquiera características diferentes a las originales, perjudiciales o nocivas a la naturaleza, a la salud y a la propiedad (Art. 2, D.L. N° 016-93-EM).

**Contaminante ambiental.** Toda materia o energía que al incorporarse y/o actuar en el ambiente, degrada su calidad a un nivel que afecta la salud, el bienestar humano y pone en peligro los ecosistemas (Art.2, D.L. N° 016-93-EM).

**Desecho.** Cualquier sustancia sólida, líquida o gaseosa que no puede usarse por un organismo o por cualquier sistema que lo produce y debe ser eliminada. Lo normal es que se debieran diseñar métodos para su tratamiento y posterior eliminación evitando la contaminación al medio ambiente

**Desmonte.** Material formado por las rocas sin valor económico que se extrae del laboreo de una mina.

**Explotación** Actividades relacionadas con un depósito mineral que empiezan en el punto en que se puede estimar de manera razonable que existen reservas económicamente recuperables y que, en general, continúan hasta que la producción comercial empiece.

**Lluvia ácida.** Lluvia (o nieve) que es ácida (Ph menor de 6.5) producida por la reacción de la contaminación del aire, principalmente óxidos de sulfuro y nitrógeno, con la luz solar y el vapor agua atmosférico.

**Mena.** Mineral o conjunto de minerales con valor económico, que después del beneficio se obtiene un metal o conjunto de metales comercializables.

**Mineral.** Sustancia natural que se diferencia del resto por su origen orgánico, homogeneidad, composición química preestablecida y que corrientemente ostenta una estructura de cristal.

**Operación minera.** Conjunto de trabajos realizados en el arranque, extracción, tratamiento, transporte y comercialización de las sustancias económica materia de explotación, así como los servicios auxiliares prestados con esta finalidad.

**Pulpa.** Mezcla de mineral molido o pulverizado con agua o una solución acuosa. Mena o mineral que ha sido chancado y molido y se encuentra preparado con los reactivos listo para su proceso en las celdas de flotación.

**Relaves (o cola).** Material de desecho de una molienda luego de que se ha recuperado los minerales valiosos. Los cambios de precios en los metales preciosos y las mejoras de la tecnología a veces pueden hacer que los relaves adquieran un valor económico y se reprocesen en una fecha posterior.

**Relleno hidráulico.** Se define como relleno hidráulico al material que es transportado en forma de pulpa por tuberías. En su mayoría el material es el relave de planta concentradora, pero también se utiliza arenas glaciares y otros materiales granulares que se encuentra en la naturaleza

**Relleno.** Roca de desecho (estéril) o relave, utilizado para rellenar el vacío que se forma al extraer un cuerpo mineral.

**Suelo.** Material no consolidado de la superficie de la tierra capaz de sustentar vida vegetal. El suelo es producido por la acción del clima,



actividad biológica y el tiempo, en la formación geológica (roca madre) que está en la base. El suelo, según su uso, se divide en ocho categorías, que van desde aptos para todo cultivo, hasta suelos incultivables

**Tajo.** Bloque insitu de donde se arranca el mineral para extraerlo, luego beneficiarlo.

### **3.4. Hipótesis.**

#### **3.4.1. Hipótesis general.**

La técnica del relleno hidráulico en tajos influye en la reducción del impacto ambiental. Compañía Minera Chungar S.A.C. Pasco.

#### **3.4.2. Hipótesis específicas.**

1. Se puede utilizar la mayor cantidad de relave en el relleno de tajos operando mayor número de tajos vacíos
2. Con la finalidad de que la disposición de relave en interior mina no ocasione problemas operativos, se hará un mantenimiento constante de las máquinas, equipos y otros que operan en el transporte del relleno hidráulico.

### **3.5. Identificación de variables.**

**Variable independiente:**

Reducción del impacto ambiental

**Variable dependiente:**

Técnica del relleno hidráulico

### 3.6. Operacionalización de variables.

<b>VARIABLES</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>INDICADORES</b>
<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b> Reducción del impacto ambiental</p>	<p>Conservar medios: abióticos, bióticos y socio económicos.  Evitar: contaminación del agua y aire. Inestabilidad de terrenos, afectación del paisaje y otros</p>	<p>Valoración. Identificación. Evaluación Control</p>
<p><b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b> Técnica del relleno hidráulico</p>	<p>Transportar parte del relave hacia los tajos explotados en interior mina</p>	<p>Técnica. Eficiencia Costos Seguridad</p>

## **CAPITULO IV**

### **4.0. DESCRIPCION DEL ESTUDIO**

#### **4.1. Planta concentradora**

La planta concentradora tiene una capacidad de procesar promedio de 5500 TMSD, minerales de: zinc, plomo, cobre con contenidos de plata. Cuenta con: circuito de chancado, circuito de molienda, circuito de flotación, espesamiento y filtrado; y depósito de relaves, siendo la separación de los minerales por flotación

##### **4.1.1. Concentrados y relaves**

La Planta Concentradora al tratar 5,500 TMS /día produce un promedio de 660 (12%) TMS/día de concentrados y 4,840 (88%) TMS/día de relaves.

El relave producido, luego de la obtención de los concentrados de los minerales tratados, es enviado a la

Planta de Relleno Hidráulico para su clasificación y obtención de relleno, la diferencia es enviado a la Presa de Relaves.

#### **Cuadro N° 4.1 Concentrado y relaves**

<b>TRATAMIENTO TMSD</b>	<b>CONCENTRADOS TMSD</b>	<b>%</b>	<b>RELAVE TMSD</b>	<b>%</b>	<b>RADIO CONCENTRACIÓN</b>
5 500	660	12	4 840	88	8,33

Fuente: U.E. Animón

#### **4.1.2. Capacidad de la planta de relleno hidráulico.**

La capacidad de la Planta de relleno hidráulico está encuadrada en la capacidad de clasificación de relave común, los tanques de almacenamiento y las bombas adecuadas para su disposición en interior mina.

La recuperación o clasificación del relave depende de los hidrociclones que separan las partículas sólidas (under flow) de los finos (over flow) que son distribuidos como relleno de tajos en interior mina y el relave común en la presa de relaves respectivamente.

#### **Cuadro N° 4.2. Hidrociclones planta relleno hidráulico**

<b>HIDROCICLONES PLANTA R.H.</b>	<b>TMSD</b>	<b>%</b>
<b>UNDER FLOW (R.H.)</b>	2 226	46
<b>OVER FLOW (CANCHA RELAVE)</b>	2 614	54
<b>FEED (RELAVE)</b>	4 840	100

Fuente: U.E. Animón

#### **4.2. Transporte de relleno hidráulico desde planta concentradora hasta los tajos**

El residuo del proceso (relave) es enviado a través de 02 trenes de 2 bombas HR 250 c/u al nido de Hidrociclones D-15 en Planta de Relleno Hidráulico, donde se realiza la clasificación de partículas en dos fracciones: una fina llamada Over Flow y otra fracción gruesa denominada Under Flow.

La fracción fina, Over Flow, es trasladada hacia el tanque de transferencia "A", donde se mezcla con el agua de mina proveniente del tanque "C", y luego ésta es enviada hacia el cono profundo donde se realiza la separación sólido-líquido, obteniéndose en el rebose agua clarificada y en la descarga relave en pasta que circula hacia la cancha de relaves superficial. El rebose de agua limpia del Cono profundo es recirculado a planta concentradora para trabajos de limpieza y dilución de la carga hacia los molinos.

La fracción gruesa, Under Flow, que será transportada para el relleno de los tajos en interior mina, es almacenada en los silos N°1 (240 m<sup>3</sup> de capacidad) y N°2 (200 m<sup>3</sup> de capacidad), para luego ser descargados hacia 02 acondicionadores 8` x 8` (11 m<sup>3</sup> de capacidad), donde se acondiciona la carga a una densidad apropiada ( 1850 - 1900 gr/lit); luego es bombeada a través de tres líneas de bombeo con tuberías de HDPE de 4" Ø hacia la zona de Esperanza a una distancia aproximada de 1.7 Km,

Línea N° 01, conformada por 02 bombas 4" x 3" modelo WARMAN motor eléctrico de 100 HP. Capacidad 45 m<sup>3</sup>/hr.

Línea N° 02, conformada por 03 bombas 4" x 3" modelo WARMAN motor eléctrico de 50 HP. Capacidad 60 m<sup>3</sup>/hr.

Línea N° 03 , conformada por 03 bombas 3" x 2" modelo WARMAN, motor eléctrico de 50 HP. Capacidad 50 m<sup>3</sup>/hr.

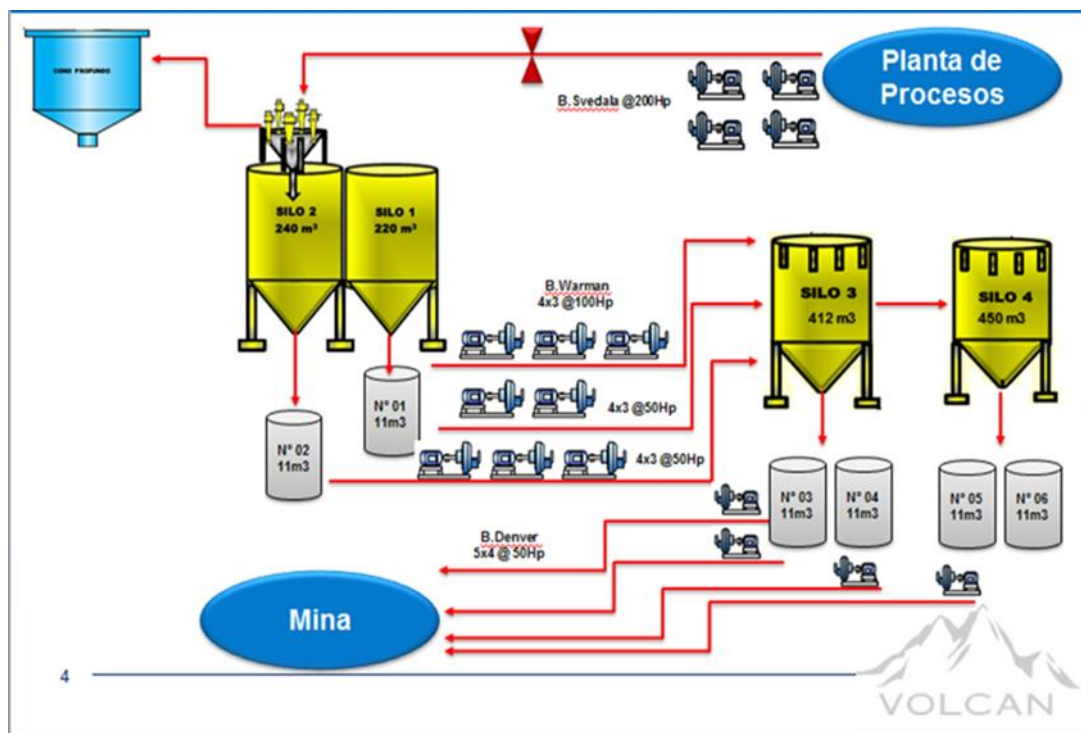
Estas bombean la carga hacia los silos N° 3 de 400 m<sup>3</sup> de capacidad (rampa Mirko) y silo N° 4 de 420 m<sup>3</sup> de capacidad (rampa Terry), que se encuentran en la zona Esperanza.

**Envío de relleno hacia los tajos en interior mina.** La homogenización de la pulpa se realiza en acondicionadores de una capacidad de 11 m<sup>3</sup>, impulsados por motor eléctrico de 15 HP. Luego son impulsadas hacia interior mina por bombas 5"x 4" modelo DENVER con motores eléctricos de 50 HP a través de 04 líneas.

El silo N° 3 cuenta con 03 líneas, mientras que el silo N° 4 cuenta con 01 línea.

El sistema de transporte de la pulpa hacia interior mina se realiza por tuberías de polietileno HDPE de 4" Ø , tipo PE 100 – PN12.5

Diagrama N° 4.1. Relleno Hidráulico: Planta de procesos – Interior mina



### 4.3. Preparación y relleno del tajo.

#### 4.3.1. Preparación

Limpieza del mineral fino en el tajo.

Preparación del tajo para el relleno colocando un dique de contención de material estéril (desmante o marga gris o roja resultante de la explotación de los tajos más colindantes).

Se cubren los agujeros que pueden causar posibles fugas de R.H., se efectúa embolsando la zona del dique con tela arpillera (telas de material plástico) clavando y asegurando toda el área del dique de contención. El contorno de esta tela va adherida a la pared del tajo con clavos y puntales.

Paralela a los trabajos anteriores, desde la red de la tubería principal de relleno, se van instalando las tuberías de polietileno del bypass hacia el tajo a rellenar.

#### **Fotografía N° 4.1. Entelado del dique**



Fuente: Elaboración propia

#### **4.3.2. Rellenado del tajo**

Preparado el tajo para recibir el relleno, desde superficie se procede a enviar agua para lavar la red de tuberías con el propósito de evacuar posibles vestigios de relleno de anteriores envíos y comprobar que la tubería no esté atorada y la red de tuberías este bien direccionada. El operador de interior mina,



cuando llega el agua al tajo se comunica por teléfono con el operador de superficie solicitando el envío de la pulpa.

En lo posible debe evitarse que los diques no reciban el impacto directo de la pulpa para evitar su avería.

El rellenado del tajo se prolonga hasta que el operador de interior mina comunique el término del relleno o alguna detención por algún problema producido, el operador debe cuidar que el drenaje de agua se realice correctamente, para lo cual se utiliza bombas de agua instaladas con tuberías de 4" Ø que conectan al sistema de drenaje de interior mina y son direccionados a las pozas de bombeo, posteriormente a superficie para su tratamiento.

El relleno utilizado llega a percolar a 12 cm/h necesitando esperar menos de 2 horas para el secado de dicha lama para continuar con el proceso de minado.

Rellenado el tajo, no se tiene problemas con la percolación, ni con la resistencia al hundimiento de relleno, pues el relleno resiste pisadas de un hombre (0.5 kg/cm<sup>2</sup>) desde el momento que esta rellenándose el tajeo.

El relleno tiene una resistencia de hundimiento de 0.80 kg/cm<sup>2</sup> a las 12 horas de vaciado la pulpa.

Al culminar el relleno del tajo, el operador de superficie envía agua para lavar la tubería en todo su recorrido hacia el tajo

### Fotografía N° 4.2. Relleno del tajo



Fuente: Elaboración propia

#### **4.3.3. Tiempo de relleno de un tajo**

La pulpa del relleno hidráulico tiene una composición aproximado en peso de 76% de sólidos y 24% de agua.

Se considera en forma conjeturada que por el proceso de drenaje se elimine solamente agua, logrando al final un relleno in-situ con una composición aproximada del 85% de sólidos y 15% de agua.

#### **Caudal del relleno:**

Líneas 1 y 3 : 22 m<sup>3</sup>/hora

Línea 2 : 13 m<sup>3</sup>/hora

#### **Dimensiones del tajo:**

Ancho (A) : 4 m.

Alto (H) : 3.5 m.

Longitud (L): 75 m.

#### **Volumen a rellenar (V):**

$$V = A \times H \times L = 1\,050 \text{ m}^3$$

Con un caudal de 22 m<sup>3</sup>/hora Líneas 1 y 3 )

Tiempo de relleno = Volumen / caudal = 1 050 m<sup>3</sup> / 22 m<sup>3</sup>/hora

Tiempo de relleno = 48 horas + 0.15 (imprevistos) = 48 x 1.15  
= 55 horas

**Tiempo de relleno = 55 horas**

#### **4.3.4. Metros cúbicos rellenados: Enero – julio 2018**

**Cuadro N° 4.3. Metros cúbicos rellenados: Enero – julio 2018**

MES	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	TOTAL
<b>M3</b>	23 193	24 375	18 910	21 904	18 581	7 021	29 390	143374

Fuente: U.E. Animón

#### **4.3.5. Metros cúbicos: relave y relleno. Enero – julio 2 018**

**Cuadro N° 4.4 Metros cúbicos: relave y relleno. Enero – julio 2 018**

M3	Enero	Febre.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	TOTAL
<b>Relave</b>	50420	52989	41109	47617	40393	15263	63891	311682
<b>Relleno</b>	23193	24375	18910	21904	18581	7021	29390	143374

Fuente: U.E. Animón

#### **4.4. Disposición de relaves en los tajos para reducir el impacto**

##### **ambiental**

Restituir los relaves a la concavidad de la tierra no es tan fácil ni tan simple como parece, requiere de conocimientos científicos y técnicos; así mismo, el diseño creativo debe conjugar en una producción limpia, sin contaminar los espacios geográficos.

La disposición relaves mineros consiste en el diseño de nuevos métodos de explotación o la adaptación de los existentes, con la finalidad de que al término de la extracción del mineral del tajeo, y quedando este vacío, sirva de recipiente para depositar los relaves.

El depósito de relaves en los tajos de interior mina disminuye los impactos ambientales, ya que parte de estos (relaves) producidos por el beneficio de minerales, no son acumuladas en la cancha de relaves que se encuentra en la superficie

#### **4.5. Ventajas y desventajas en depositar relaves en tajos.**

##### **Ventajas:**

Al depositar los relaves dentro de los tajos se reduce el impacto al medio ambiente y por este hecho se reducirían sus costos en remediar el medio ambiente.

Al utilizar relave de una planta concentradora el costo de la obtención del material es cero, ya que la planta cubre los costos de reducción de tamaño del material

Al depositar los relaves en los tajos sistemática y ordenadamente, es un ahorro revelador en elementos de sostenimiento, como: relleno con desmontes, cuadros de madera, arcos de concreto armado y pernos de roca.

Con el depósito de relaves en tajos, se puede ampliar la recuperación del mineral extraído. Proyectando previamente el relleno de las labores

vacías, se podrán extraer los “puentes” y “pilares” de mineral que en la mayoría de casos no se pueden extraer.

**Desventajas:**

Obstrucción y atoramiento de las tuberías por altas densidades de la pulpa, por roturas o desacoples de tuberías

La introducción de agua en el relleno a la mina es un problema si el drenaje se realiza por bombeo.

Las filtraciones y escapes de la pulpa, producidas por una mala preparación del tajo, originando inundación de las rampas, galerías y pozas de decantación de los niveles inferiores

Desgastes de tuberías por el rozamiento de la pulpa contra las paredes de la tubería. Las tuberías instaladas verticalmente tienen poco desgaste cuando están situadas a plomo y bien aseguradas. Las tuberías instaladas en forma horizontal tienen mayor desgaste en la parte inferior, por lo que se recomienda giro de las tuberías cada cierto tiempo para un desgaste uniforme.

## CAPITULO V

### 5.0. METODOLOGÍA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

#### 5.1. Tipo y nivel de investigación.

El estudio corresponde al **enfoque cuantitativo y experimental**.

Según Hernández R, Fernández C, Baptista M.

“**Enfoque cuantitativo** utiliza la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías”.

“**Experimento** Situación de control en la cual se manipulan, de manera intencional, una o más variables independientes (causas) para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre una o más variables dependientes (efectos).”

#### 5.2. Métodos de investigación

El estudio corresponde al **Método Estadístico e inductivo**.

Casimiro Urcos W., Almeyda Vásquez L. Blanco Muñoz S. Refiere:

**Estadístico** “Es un conjunto de métodos organizados sistemáticamente y que tienen por objetivo el estudio cuantitativo de los fenómenos de masa o colectivos, afectados por múltiples causas. [...] se considera como una herramienta de trabajo muy útil para los investigadores, puesto que sus métodos se aplican en los diferentes estudios de la investigación, desde la recolección de datos, procesamiento de los mismos y análisis e interpretación de los resultados.”

**Inductivo.** Procedimiento mediante el cual a partir de hechos singulares se pasa a generalizaciones. Va de lo particular a general.

### 5.3. Diseño de investigación.

El diseño del presente estudio es **cuasi experimental**

Hernández Sampieri R. Fernández Collado C., Baptista Lucio P.

Refiere:

“Los **diseños cuasiexperimentales** también manipulan deliberadamente, al menos, una variable independiente para observar su efecto sobre una o más variables dependientes, sólo que difieren de los experimentos “puros” en el grado de seguridad que pueda tenerse sobre la equivalencia inicial de los grupos.”

**Esquema:**

GE : O1 X O2

GC : O3 - O4

Donde:

X: Experimento.

GE : Grupo Experimental.

GC : Grupo de control

O1 O3 : Pretest.

O2 O4 : Postest.

#### **5.4. Población y muestra.**

La **población** estará compuesta por el conjunto de tajos en producción en interior mina; luego de su explotación ser rellenos

La **muestra** está considerada por los tajos que serán rellenos luego de su explotación

#### **5.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

##### ***Técnicas:***

Datos e información sobre relleno hidráulico vertido a los tajos.

Identificación in situ de los problemas y deficiencias en la operación de relleno hidráulico.

Calculo diario de los metros cúbicos y tiempos de relleno hidráulico depositado en el tajo.



**Instrumentos:****Balanza Marcy.****Aplicaciones:**

- Peso de la muestra en gramos o kilogramos.
- Gravedad específica de líquidos o pulpa.
- Porcentaje de sólidos contenidos en pulpa de cualquier gravedad específica dada.
- Gravedad específica de sólidos secos.

**Flujómetro ultrasonido**

El flujómetro híbrido ultrasónico Sonic-pro puede medir caudales de fluidos en casi cualquier tipo de fluido en el cual las ondas sonoras puedan viajar

**5.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos****Procesamiento:**

Técnicas: La observación

Análisis de datos: Computadora personal.

Hoja de cálculo de MS Excel 2013

**Análisis.**

Con los datos obtenidos, se realizará un análisis minucioso diario de los metros cúbicos de relleno en los tajos. Para la representación

gráfica se empleará gráficos estadísticos y los análisis de datos se mostrarán en cuadros en forma numérica y porcentual que admiten un análisis e interpretación.

## CAPITULO VI

### 6.0. RESULTADOS

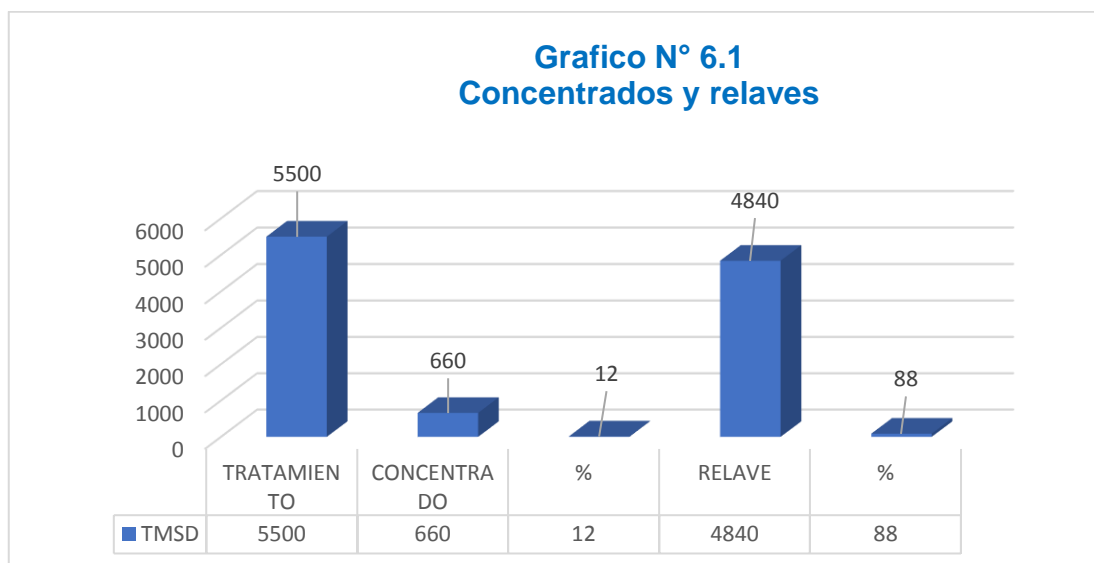
#### 6.1. Presentación, análisis e interpretación.

##### 6.1.1. Concentrados y relaves

**Cuadro N° 6.1. Concentrados y relaves**

TRATAMIENTO TMSD	CONCENTRADOS TMSD	%	RELAVE TMSD	%	RADIO CONCENTRACIÓN
5 500	660	12	4 840	88	8,33

Fuente: U.E. Animón



### Análisis e interpretación:

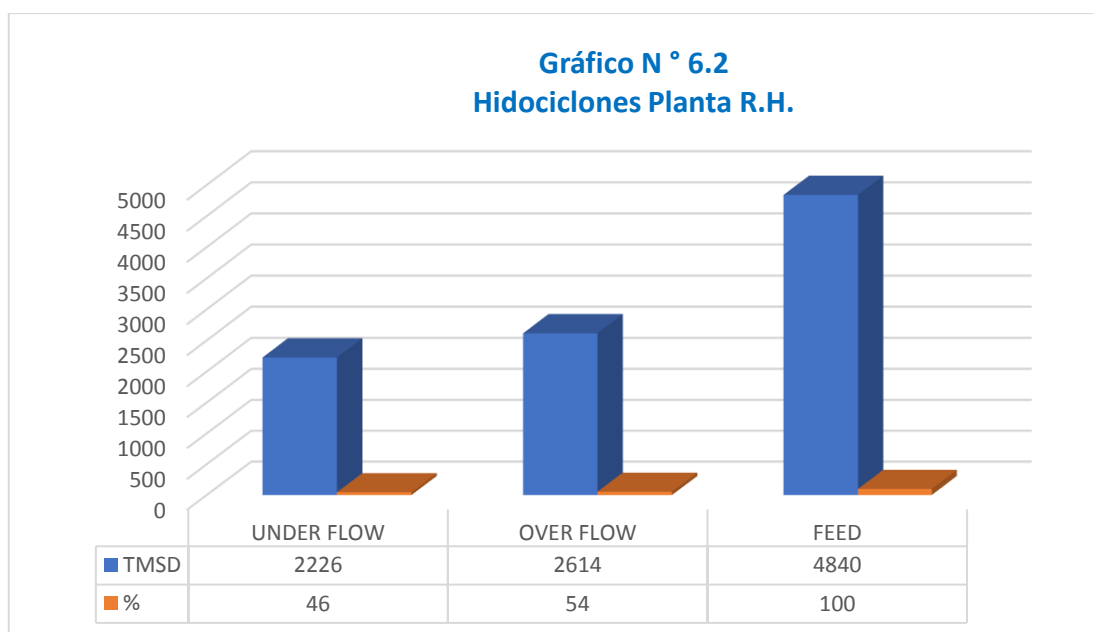
Evaluando el cuadro N° 1, de los 5500 (100%) TMSD de minerales tratadas en la planta de procesos, 660 TMSD (12%%) son concentrados y 4 840 TMSD (88%) son relaves.

#### 6.1.2. Hidrociclones planta relleno hidráulico

**Cuadro N° 6.2. Hidrociclones planta relleno hidráulico**

HIDROCICLONES PLANTA R.H.	TMSD	%
Under Flow (R.H.)	2 226	46
Over Flow (Cancha Relave)	2 614	54
Feed (Relave)	4 840	100

Fuente: U.E. Animón



### Análisis e interpretación:

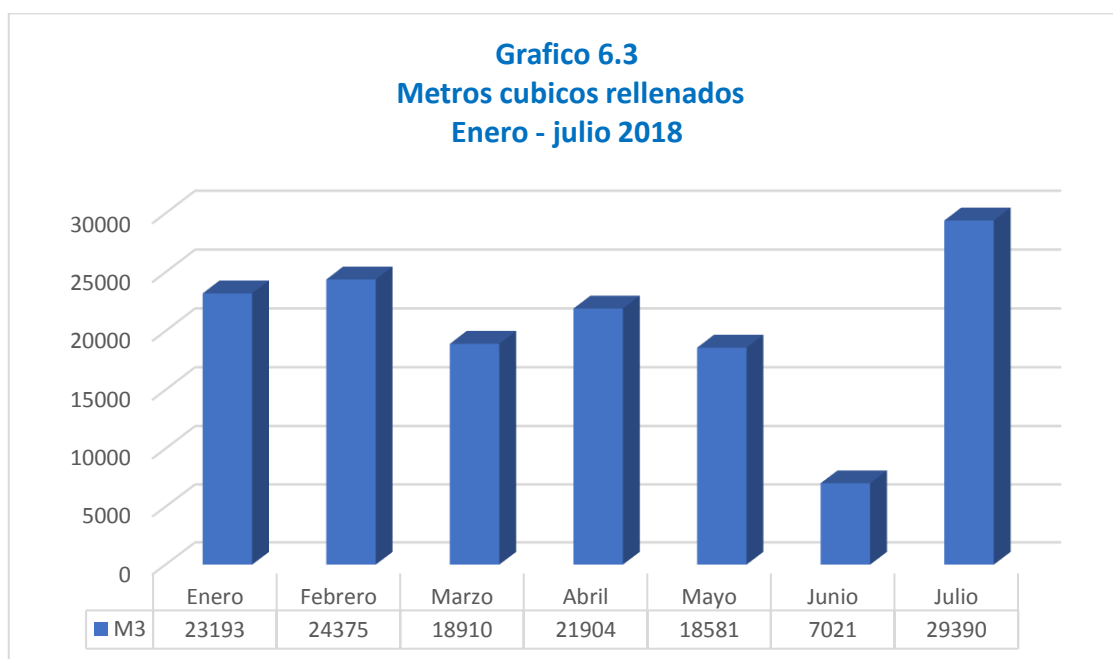
En el cuadro N° 2 observamos que de los 4 840 TMSD (100%) de relave, 2614 TMSD (54%) Over Flow se conduce a la cancha de relaves y 2 226 TMSD (46%) Under Flow se traslada como relleno a interior mina

### 6.1.3. Metros cúbicos rellenados: Enero – julio 2018

**Cuadro N° 6.3. Metros cúbicos rellenados: Enero – julio 2018**

MES	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	TOTAL
<b>M3</b>	23 193	24 375	18 910	21 904	18 581	7 021	29 390	143374

Fuente: U.E. Animón



### Análisis e interpretación:

Apreciamos en el cuadro N° 3 los metros cúbicos rellenados de enero a julio del 2 018. El mes de julio (29 390 m3) registra el mayor volumen, seguido del mes de febrero (24 375 m3), siendo ambos registros de mayor volumen y los

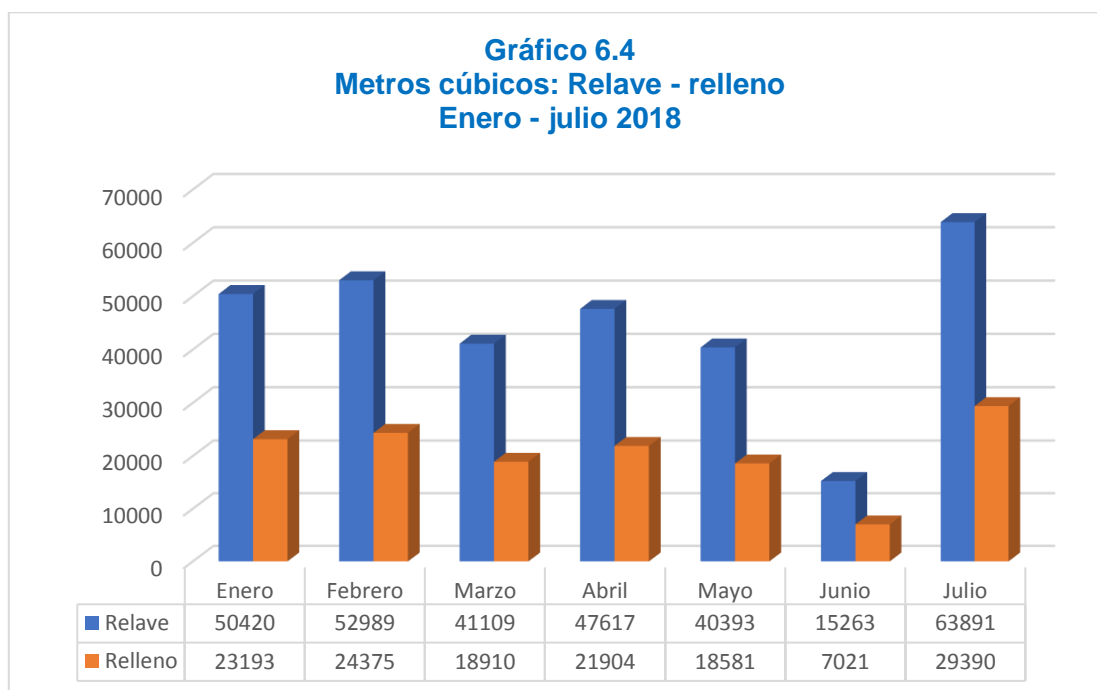
meses de mayo (18 581 m<sup>3</sup>) y junio (7 021 m<sup>3</sup>) los de menor volumen. Registrando un total de 143 374 m<sup>3</sup> rellenos entre los meses de enero a julio del 2 018.

#### 6.1.4. Metros cúbicos: relave y relleno. Enero – julio 2 018

**Cuadro N° 6.4 Metros cúbicos: relave y relleno. Enero – julio 2 018**

M3	Enero	Febre.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	TOTAL
<b>Relave</b>	50420	52989	41109	47617	40393	15263	63891	311682
<b>Relleno</b>	23193	24375	18910	21904	18581	7021	29390	143374

Fuente: U.E. Animón



**Análisis e interpretación:**

Observando el cuadro N° 4 respecto a la cantidad de relave (m<sup>3</sup>) y relleno (m<sup>3</sup>) durante los meses de enero a julio del 2 018, evaluamos que del 100% total de relaves el 46 % se emplea en el relleno de tajos. De 311682 m<sup>3</sup> (100%) del total de relave, 143374 m<sup>3</sup> (46%) se utilizaron en el relleno de tajos de interior mina.

## CONCLUSIONES

1. La preocupación por la reducción del impacto ambiental en la minería sigue creciendo a lo largo de los años y se ha posicionado en las compañías mineras como un punto central a tratar, entre ellas la Compañía Minera Chungar S.A.C.
2. La técnica de relleno hidráulico utilizando en el relleno de tajos explotados en interior mina es una solución parcial al problema de control ambiental en la compañía minera Chungar. Unidad Económica Animón
3. La planta de procesos de la Compañía Minera Chungar trata 5 500 TMSD de minerales, de los cuales se recupera 660 (12%) TMSD de concentrado y 4 840 (88%) TMSD de relave, de los cuales una parte se emplea en relleno y la otra parte se vierte a la cancha de relaves.
4. De los 4 840 TMSD de relave 2 226 (46%) TMSD se emplea como relleno de los tajos en interior mina. Esta cantidad reduce la contaminación ambiental que podría producirse si se vertiera en la cancha de relave.
5. El relave transportado para los tajos de interior mina durante los meses de enero a febrero del 2 018 fue de 174 572 (46%) M3 del total producido.
6. El tiempo de relleno de un tajo de un volumen de 1 050 M3 es de un promedio de 55 horas.



## **RECOMENDACIONES.**

1. Realizar estudios para determinar mejor clasificación de relave, ya que se podría obtener un mayor volumen para el relleno de tajos y otras labores en interior mina.
2. Realizar inspecciones e identificar zonas a rellenar, como: tajos y galerías antiguas, con la finalidad que podrían rellenarse; así disminuir el relave que se vierte en la cancha de relave.
3. Evitar pérdidas a consecuencia de arenamiento en las tuberías producto de corte de energía, rotura de tubería, choque de equipos y otros.
4. Mejorar la calidad de los suministros, que permitirán una mayor eficiencia en el proceso. También se debe tener un registro de la vida útil de los mismos
5. Continuar realizando investigaciones de usos del relleno hidráulico para beneficio ambiental, social y económico.

## REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

1. Assureira E., Estela (1989). *“Transporte de Partículas Sólidas por Tuberías”*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
2. Bouso, Juan Luis (1993). *“Manual de Bombeo de Pulpas”*. ERAL
3. Casimiro Urcos W., Almeyda Vásquez L. Blanco Muñoz S. (2013) *Teoría, Diseño y Formulación de Proyectos de Investigación*. Lima.
4. De Lucio, Felipe (1972). *“Teoría de Relleno Hidráulico”*. Perú, XII Convención de Ingenieros de Minas.
5. Gómez Jiménez AB (2016). Proyecto de Ejecución de un Relleno Hidráulico y su tratamiento para cimentación directa. Trabajo Fin de Master. Universidad Técnica de Madrid.
6. Gutiérrez Aponte JL, Sánchez Angulo LA. (2014) *Impacto Ambiental. Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Universidad Los Ángeles de Chimbote.
7. Hernández Sampieri R., Fernández Collado C., Baptista Lucio P. (2016) *Metodología de la Investigación*. Ed. 6<sup>ta</sup>, Edt. Mc Graw Hill. México.
8. Huamán Montes, Lázaro Wilder. (2007). *“Aplicación de relleno hidráulico en la Mina Jimena de Compañía Minera Poderosa S.A.”* Tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas. UNMSM. E.A.P. de Ingeniería de Minas.

9. Huancaya Delgado, Guillermo (1998). *“Análisis de los Sistemas de Relleno Hidráulico en la Mina Carahuacra - Volcan Compañía Minera S.A.A.”*. Lima-Perú.
10. Lozano C.F., Llaury A. J., Lara Z. F. (2014) Uso de tecnología de punta en la disposición de relaves espesados en la Unidad Chungar. Volcan Compañía Minera S.A.A.
11. Macroconsult. (2006) “Impacto económico de la actividad minera en el Perú” –Instituto de Ingenieros de Minas del Perú.
12. Organización Internacional de Normalización ISO 14001. 2016.
13. Rojas Linares, Edito Luis. (2010). *Tecnologías y Técnicas, para el Relleno en Pasta e Hidráulico. Manejo y Abandono de Relaves Mineros.*
14. Romero Rey, Amanda Luz. (2015) “Tratamiento de relaves mineros contaminados con plantación de gramíneas (kikuyo) para convertirlos en áreas verdes en las minas de la Región Central del Perú” Tesis. U.N.C.Huancayo.
15. Shepherd Thomas. (1994) “Guía para Elaborar Estudios de Impacto Ambiental”. Ministerio de Energía y Minas.
16. Sistema de Relleno Hidráulico. Oportunidades y mejoras. (2014). Planeamiento E Ingeniería. Compañía Minera Chungar, S.A.C.

***A N E X O S***

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

### REDUCCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL MEDIANTE LA TÉCNICA DE RELLENO HIDRAULICO EN TAJOS. COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR S.A.C. PASCO.

<b>PROBLEMAS</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPÓTESIS</b>
<p style="text-align: center;"><b>PROBLEMA GENERAL</b></p> <p>¿Cómo medir la reducción del impacto ambiental con la técnica de Relleno Hidráulico en tajos? Compañía Minera Chungar.S.A.C. Pasco.?</p> <p style="text-align: center;"><b>PROBLEMAS ESPECIFICOS</b></p> <p>1. ¿De qué manera se puede manejar la mayor cantidad de relave en el relleno de tajos explotados en interior mina?</p> <p>2. ¿Como explicar la técnica disponible con la finalidad de que la disposición de relave en interior mina no ocasione problemas operativos?</p>	<p style="text-align: center;"><b>OBJETIVO GENERAL</b></p> <p>Medir la reducción del impacto ambiental con la técnica de Relleno Hidráulico en tajos. Compañía Minera Chungar.S.A.C. Pasco.</p> <p style="text-align: center;"><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <p>1. Manejar la mayor cantidad de relave en el relleno de tajos explotados en interior mina.</p> <p>2. Explicar la técnica disponible con la finalidad de que la disposición de relave en interior mina no ocasione problemas operativos.</p>	<p style="text-align: center;"><b>HIPÓTESIS GENERAL</b></p> <p>La técnica del relleno hidráulico en tajos influye en la reducción del impacto ambiental. Compañía Minera Chungar S.A.C. Pasco.</p> <p style="text-align: center;"><b>HIPÓTESIS ESPECIFICOS</b></p> <p>1. Se puede utilizar la mayor cantidad de relave en el relleno de tajos operando mayor número de tajos vacíos</p> <p>2. Con la finalidad de que la disposición de relave en interior mina no ocasione problemas operativos, se hará un mantenimiento constante de las máquinas, equipos y otros que operan en el transporte del relleno hidráulico.</p>

## INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

Fotografía N° A.1. Balanza marcy de gravedad específica y de densidad de pulpa



Fotografía N° A.2. Flujoímetro ultrasonido n0644004



## OTROS

**Fotografía N° A.3. Silo : Relleno Hidráulico.**



**Fotografía N° A.4. Rampa Mirko: Transporte de Relleno Hidráulico y otros servicios**



