

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Disposición y recubrimiento de quenas para mejorar el control de finos en labores de relleno hidráulico en la Cía. Chungar S. A. C. - Unidad Minera Animon**

Andy Miguel Soto Gómez

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2022

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## **ASESOR**

Ing. Faustino Anibal Gutierrez Dañobeitia

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mi madre: Maribel Neven Gómez Cano y mi padre: Diomedes Moisés Soto Mallma, por darme la vida, quererme mucho, creer en mí y porque siempre me apoyaron. Mamá, papá; gracias por darme la vida y el impulso para terminar mi carrera, todo esto te los debo a ustedes.

Mis hermanos: Sheira Luz Soto Gómez y Jhelsin Luz Soto Gómez por estar conmigo, los quiero mucho.

## **DEDICATORIA**

A mis padres, por el apoyo constante en mi educación, por los valores inculcados que contribuyeron al desarrollo profesional y formarme como persona de bien.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

ASESOR.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
DEDICATORIA.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
RESUMEN.....	XII
ABSTRACT.....	XIV
INTRODUCCIÓN.....	XVI
CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	19
1.1 Planteamiento y formulación del problema.....	19
1.1.1 Planteamiento del problema.....	19
1.1.2 Formulación del problema.....	20
1.2 Objetivos.....	20
1.2.1 Objetivo general.....	20
1.2.2 Objetivos específicos.....	20
1.3 Justificación e importancia.....	21
1.3.1 Justificación académica.....	21
1.3.2 Justificación económica.....	21
1.4 Hipótesis de la investigación.....	21
1.4.1 Hipótesis general.....	21
1.4.2 Hipótesis Específicas.....	21
1.5 Identificación de variables.....	22
1.5.1 Variable independiente.....	22
1.5.2 Variable dependiente.....	22
1.5.3 Matriz de operacionalización de variables y consistencia.....	23
CAPITULO II MARCO TEÓRICO.....	25
2.1 Antecedentes del problema.....	25
2.1.1 Antecedentes nacionales.....	25
2.1.2 Antecedentes Internacionales.....	26

2.2 Generalidades de la unidad minera Chungar .....	26
2.2.1 Ubicación, accesibilidad y generalidades.....	26
2.3 Geología general .....	28
2.3.1 Geología regional .....	28
2.3.2 Geología local.....	28
2.3.3 Geología estructural .....	29
2.3.4 Mineralización.....	30
2.3.4.1 Tipos de mineralización .....	30
2.4 Descripción del método de corte y relleno ascendente .....	31
2.5 Relleno hidráulico en interior mina .....	31
2.5.1 Generalidades de relleno hidráulico.....	31
2.5.2 Sistema de transporte de relleno hidráulico .....	32
2.5.3 Análisis granulométrico.....	35
2.5.4 Gravedad específica .....	38
2.5.5 Densidad aparente .....	39
2.5.6 Coeficiente de permeabilidad o velocidad de percolación.....	39
2.5.7 Velocidad crítica de bombeo.....	41
2.5.8 Estado actual de las tuberías de relleno hidráulico .....	41
2.5.8.1 Tuberías de relleno hidráulico en superficie .....	41
2.5.8.2 Tuberías de relleno hidráulico interior mina .....	44
2.5.9 Proceso de rellenado de un tajeo .....	46
2.5.9.1 Preparado del tajo .....	46
2.5.10 Problemas en el proceso de relleno hidraulico.....	49
2.5.11 Tiempo neto de relleno de un tajeo.....	50
2.6 Definición de terminos básicos .....	53
CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	55
3.1. Método y alcances de la investigación.....	55
3.1.1. Método de la investigación .....	55
3.1.2. Alcances de la investigación.....	56
3.2. Diseño de la investigación .....	56
3.2.1. Tipo de diseño de investigación.....	56
3.2.2. Nivel de investigación .....	56

3.3. Población y muestra .....	57
3.3.1. Población.....	57
3.3.2. Muestra .....	57
3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	57
3.4.1. Técnicas utilizadas en la recolección de datos .....	57
3.4.2. Instrumentos utilizados en la recolección de datos .....	57
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	58
4.1 Resultados del tratamiento y análisis de la información .....	58
4.1.1 Consideraciones generales .....	58
4.1.2 Consideraciones del análisis granulométrico de la planta de relleno hidráulico .....	62
4.1.2.1 Caso práctico 1 .....	62
4.1.2.2 Caso práctico 2 .....	66
4.1.3 Consideraciones operacionales del relleno hidráulico.....	70
4.1.3.1 Proceso de relleno hidráulico en tajeros: .....	70
4.1.3.2 Consideraciones de producción de relleno hidráulico .....	82
CONCLUSIONES .....	90
RECOMENDACIONES .....	92
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	94
ANEXOS.....	95

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables .....	23
Tabla 2. Matriz de consistencia .....	24
Tabla 3. Tabla de muestreo .....	35
Tabla 4. Resultados del análisis granulométrico, U.M. Chungar .....	36
Tabla 5. Relación del análisis granulométrico .....	37
Tabla 6. Tabla de Tromp .....	37
Tabla 7. Resultado de muestras.....	38
Tabla 8. Resultado de desgaste tramo 1 al 13 .....	42
Tabla 9. Resultado de desgaste tramo 14 al 26 .....	42
Tabla 10. Resultado de desgaste tramo 27 al 45 .....	43
Tabla 11. Resultados de las tuberías de RH del tramo 46 al silo N° 3.....	44
Tabla 12. Porcentaje de medición de espesores .....	45
Tabla 13. Medición de espesores de las tuberías de relleno hidráulico interior mina, U.M. Chungar.....	45
Tabla 14. Muestreo del 25 marzo 2021 .....	63
Tabla 15. Análisis de masas, U.M. Chungar .....	64
Tabla 16. Corrección de datos, U.M. Chungar .....	64
Tabla 17. Cálculo de la eficiencia, U.M Chungar .....	65
Tabla 18. Análisis de la eficiencia y resultados del nido de hidrociclones D-15 en la planta de relleno hidráulico, U.M. Chungar .....	66
Tabla 19. Muestreo de mayo 2021 .....	67
Tabla 20. Análisis de masas, U.M. Chungar .....	67
Tabla 21. Corrección de datos, U.m. Chungar .....	68
Tabla 22. Cálculo de la eficiencia, U.M. Chungar .....	68
Tabla 23. Análisis de la eficiencia y resultados del nido de hidrociclones D-15 en la planta de relleno hidráulico, U.M. Chungar .....	68
Tabla 24. Producción de relleno hidráulico julio-diciembre 2020, U. M. Chungar .....	82
Tabla 25. Producción de relleno hidráulico enero-setiembre 2021, U. M. Chungar .....	85

Tabla 26. Abril 2021 - total de rellenado y total de recepcionado, U. M. Chungar .....	85
Tabla 27. Matriz de operacionalización de variables .....	96
Tabla 28. Matriz de consistencia .....	97

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la mina Chungar .....	28
Figura 2. Sistema de relleno hidráulico Silo 3, U.M. Chungar Chungar .....	33
Figura 3. Sistema de transporte de relleno hidráulico planta concentradora al Silo 3, U.M. Chungar .....	34
Figura 4. Pozas de contingencia .....	35
Figura 5. Análisis granulométrico por tamizado.....	36
Figura 6. Muestras .....	38
Figura 7. Tramo 1 al 13 de tubería de relleno hidráulico, U.M. Chungar .....	41
Figura 8. Tramo 14 al 26 de las tuberías de relleno hidráulico, U.M. Chungar .....	42
Figura 9. Tramo 27 al 45 de relleno hidráulico, U.M. Chungar .....	43
Figura 10. Tuberías de RH tramo 46 al silo N° 3, U.M. Chungar .....	44
Figura 11. Entelado del dique principal y auxiliar .....	46
Figura 12. Instalación de tubería PVC con equipo utilitario .....	47
Figura 13. Tajo en relleno hidráulico .....	48
Figura 14. Proceso de desarenado de las tuberías de relleno hidráulico .....	49
Figura 15. Bomba inoperativa .....	50
Figura 16. Falta de recubrimiento de las quenas en la labor .....	50
Figura 17. Veta Andalucía 120 Nv 4050 (relleno hidráulico), U.M. Chungar .....	52
Figura 18. Sistema de tuberías de relleno hidráulico en superficie, U.M. Chungar .....	59
Figura 19. Cantidad de relave en relleno hidráulico .....	61
Figura 20. Tabla Tromp.....	69
Figura 21. Proceso de llenado de relleno hidráulico en los tajos .....	71
Figura 22. Veta Ramal Piso Gisela Nv 4100, U. M. Chungar .....	72
Figura 23. Veta Principal Nv 200, U. M. Chungar .....	73
Figura 24. Veta Ofelia I Nv 075, U. M. Chungar .....	74
Figura 25. Incorrecta disposición y recubrimiento de la quena para el control de finos .....	75
Figura 26. Labor inundada en relleno hidráulico.....	75

Figura 27. Incorrecta estructura de la quena (solo malla electrosoldada).....	77
Figura 28. Filtración de finos entre los diques auxiliares .....	78
Figura 29. Acumulación de finos en la ubicación de la bomba .....	78
Figura 30. Uso del bote para el ingreso a tajos inundados .....	79
Figura 31. Instalación de la quena usando la tela arpillera como recubrimiento .....	80
Figura 32. Esquema del proceso productivo, U. M. Chungar .....	83
Figura 33. Programado frente a ejecutado, U. M. Chungar .....	84
Figura 34. Esquema del proceso productivo, U. M. Chungar .....	87
Figura 35. % programado vs % ejecutado, U. M. Chungar .....	88
Figura 36. Sistema de transporte de planta concentradora hacia el silo 3 Cía. Chungar .....	98
Figura 37. Veta Adalucía Nv 120 - unidad minera Chungar .....	99
Figura 38. Diagrama de flujo de relleno hidráulico .....	100

## RESUMEN

La investigación tiene por objetivo realizar el buen control de los finos de relleno hidráulico y de disminuir los problemas de llenado de finos en los pozos de bombeo de agua en las instalaciones de distintas zonas de Animón, así como contribuir con la mejora del medio ambiente de la empresa administradora Chungar S. A. C. (EACH), unidad minera Animón. En el presente trabajo se desarrolla la evaluación técnica de aplicación de las quenas en labores de relleno hidráulico.

En el análisis técnico del proyecto se ha determinado que la distribución de tamaños de partículas necesarias para el transporte de la pulpa por gravedad debe aproximarse a la tabla de Tromp. La pulpa tiene un 76 % de sólidos con una granulometría máxima de 3/8 de pulgada; para su transporte se utiliza tubería SCH-80 Ø4" para la salida de las bombas horizontales y polietileno PN 12.5 Ø4" para su transporte a interior mina.

Luego de analizar varias alternativas para el ingreso de RH a los distintas zonas y niveles de la unidad, se concluyó que la mejor alternativa es mejorar la implementación de las quenas para el buen control de finos, debido a que se tiene problemas con control de finos en todas las zonas por su acumulación en todas las pozas de bombeo de las instalaciones de la unidad.

Considerando una densidad de pulpa de 1.90 kg/l, gravedad específica de 2.9 kg/l y tubería de conducción de Ø4", se espera alcanzar un caudal de 45 a 55 m<sup>3</sup>/hora.

Para la ejecución de la investigación se ha considerado emplear el método experimental, siendo la investigación de un alcance descriptivo - explicativo. El diseño de la investigación fue de carácter preexperimental, de manera que se observaron los resultados del análisis del sistema de relleno hidráulico, durante el periodo enero a setiembre 2021. La técnica para la obtención de datos fue la

revisión documentaria y el acopio de información correspondiente a la unidad minera.

Con la disposición y recubrimiento de las quenas en labores de relleno hidráulico se mejorará el control de finos de gran manera, así como una mejora notable en la limpieza de pozas de bombeo en las labores y un óptimo avance en los planes de mejora del medio ambiente en la empresa.

**Palabra clave:** instalación de quenas en relleno hidráulico.

## ABSTRACT

The objective of the research is to carry out a good control of the fines of hydraulic filling and to reduce the problems of filling of fines in the water pumping wells in the facilities of different areas of Animón, as well as to contribute to the improvement of the environment of The Chungar S.A.C. (EACH), Animón Mining Unit. In the present work, the technical evaluation of the application of quenás in hydraulic filling tasks is developed.

In the technical analysis of the project it has been determined that the distribution of particle sizes necessary for the transport of the pulp by gravity must approximate the Tromp table. The pulp has 76% solids with a maximum grain size of 3/8 inch; For its transport, SCH-80 Ø4" pipe is used for the outlet of the horizontal pumps and polyethylene PN 12.5 Ø4" for its transport inside the mine.

After analyzing several alternatives for the entry of RH to the different zones and levels of the unit, it was concluded that the best alternative is to improve the implementation of the flues for good control of fines due to the fact that there are problems with control of fines in all areas due to the accumulation of fines in all the pumping ponds in the unit's facilities.

Considering a pulp density of 1.90 kg/l, a specific gravity of 2.9 kg/l and a Ø4" conduction pipe, a flow rate of 45 to 55 m<sup>3</sup>/hour is expected.

For the execution of the investigation, it has been considered to use the experimental method, being the investigation of a descriptive - explanatory scope. The research design was pre-experimental in nature, so that the results of the analysis of the hydraulic fill system were observed, during the period January 2021 to September 2021. The technique for obtaining data was documentary review and collection. of information corresponding to the mining unit.

With the arrangement and coating of the quenás in hydraulic filling works, fine control will be greatly improved, as well as a notable improvement in the cleaning

of pumping ponds in the works and an optimal progress in the environment improvement plans. environment in the company.

**Key word:** installation of quenas in hydraulic filling.

## INTRODUCCIÓN

La unidad minera Chungar de Volcan Compañía Minera S. A. A. trata minerales de las minas de Animón e Islay, con una producción aproximada de 5,500 toneladas produciendo concentrados de plomo, zinc y cobre cuyas estructuras mineralizadas están emplazadas en ambientes sedimentarios.

El relleno hidráulico es una alternativa para rellenar los tajos explotados por el método de corte y relleno; esta alternativa empleada en el Perú desde mediados de la década de los años 60 se introdujo con la finalidad de incrementar la productividad, mas no con fines ecológicos. 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. El relleno hidráulico es más eficiente que el relleno neumático, el relleno hidroneumático y el recientemente introducido relleno en pasta, fue el que en muchos casos reemplazó al relleno detrítico o relleno sólido transportado en carros mineros o en camiones.

El relleno hidráulico, así como cualquier método de relleno, tiene dos fines primordiales: el primero es servir como piso de trabajo para efectuar la perforación, el disparo y el acarreo de mineral; mientras que, el segundo es servir de sostenimiento para que la mina no colapse debido al incremento de áreas abiertas.

Aplicaciones de relleno hidráulico: evitar o minimizar subsidencia; estabilizar el macizo rocoso, reduciendo la posibilidad de estallidos de rocas, aumentar el tiempo de vida útil de la relavera gracias a la disminución de disposición de relave en esta, proveer una plataforma de trabajo en los tajos.

El relleno hidráulico inicia con la clasificación del relave que es suministrado por planta, en promedio 4800 TMD, está el abastecida a una batería de 5

hidrociclones D-15 *cavex*, el cual tiene un corte del 40 % en el *under flow* con una densidad de 2000 g/l, los hidrociclones trabajan con un vortex de 4 ½” y un ápex de 1 ¾”, el relave obtenido es depositado en 2 silos de 440 m<sup>3</sup> y 420 m<sup>3</sup>, posteriormente este es acondicionado en 2 agitadores de 11 m<sup>3</sup> en donde llega a tener una densidad de 1800 g/l , este es enviado por 3 líneas de bombeo compuesto por bombas *warman* las cuales tienen las siguientes características:

1. Línea 1: 02 bombas *warman* 4x3 DDAH enseriadas las cuales tiene un caudal de 55 m<sup>3</sup>.
2. Línea 2: 03 bombas *warman* 4x3 DAH enseriadas las cuales tiene un caudal de 60 m<sup>3</sup>.
3. Línea 3: 03 bombas *warman* 3x2 enseriadas las cuales tienen un caudal de 60 m<sup>3</sup>.

El relave es enviado hacia el silo ubicado alado de la rampa Mirko mediante 1800 metros de tuberías HDP PN20; el silo de la rampa Mirko tiene una capacidad de 440 m<sup>3</sup>; posteriormente el relave será acondicionado en 2 agitadores hasta obtener una densidad de 1700 g/l para su envío hacia interior mina por 3 líneas de bombeo que consta de bombas *warman* 4 x 3.

La presente tesis considera los siguientes criterios, en el Capítulo I: el planteamiento del problema, objetivos de investigación, justificación correspondiente, hipótesis de investigación e identificación de variables.

En el Capítulo II se presenta el marco teórico, antecedentes del problema, generalidades de la empresa, las bases teóricas del sistema de relleno hidráulico aplicado en el método de minado corte y relleno ascendente.

En el capítulo III está incluida la metodología de la investigación, en la cual se especifica el método, el alcance de la investigación, el diseño a desarrollar, nivel de investigación, población, muestra, la técnica de recolección y tratamiento de información.

En el capítulo IV se muestran los resultados obtenidos en el análisis del sistema de relleno hidráulico y la aplicación de la quena para mejorar el control de finos en la unidad minera Chungar, los cuales son presentados con el análisis e interpretación de resultados.

# **CAPITULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

### **1.1 Planteamiento y formulación del problema**

#### **1.1.1 Planteamiento del problema**

En esta investigación se controlará los finos provenientes de relleno hidráulico en los distintos tajos, ya que el método de explotación que se está aplicando es corte y relleno ascendente y el relleno detrítico no cumple su función dificultando el ciclo de minado.

El relleno hidráulico tiene una característica única que es empaquetar los hastiales al ser rellenado una labor y con esto se logra disminuir los problemas de inestabilidad del macizo rocoso; así se minimiza los riesgos de caída de rocas y los costos de producción generados por los problemas en el sostenimiento de las labores mineras y labores ya explotadas.

En cada labor de relleno hidráulico se tiene una deficiencia en el control de finos y rebose de relleno hidráulico por los diques sin poder realizar un buen control. Se aplicarán los conocimientos sobre control de los finos del relleno hidráulico (pulpa) y lograr, de esta manera, disminuir el llenado de relave en las pozas de bombeo con relleno hidráulico en todas las zonas de explotación, así disminuirá el impacto ambiental generado por los grandes volúmenes que ocupan

las relaveras en superficie. Del mismo modo, incrementar la vida útil de las bombas estacionarias y las bombas sumergibles.

### **1.1.2 Formulación del problema**

#### **a) Problema general**

- ¿Cómo mejorar con la disposición y recubrimiento de las quenas el control de los finos de relleno hidráulico en la CIA minera Chungar- Animón 2022?

#### **b) Problemas específicos**

- ¿De que manera influye la granulometría al momento de ser llenado los tajos para el funcionamiento de las quenas en el control de los finos de relleno hidráulico en la CIA minera Chungar- Animón 2022?
- ¿De que manera influye la ubicación de las quenas dentro de los tajos al ser llenados para mejorar el control de los finos de relleno hidráulico en la CIA minera Chungar- Animón 2022?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Mejorar el control de drenaje y finos en todas las labores de relleno hidráulico y alargar la vida útil de las bombas sumergibles y estacionarias.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Demostrar la posibilidad del control de finos provenientes de labores de relleno hidráulico, incrementar vida útil de las bombas en la unidad, conservar las vías en buen estado para el transporte y traslado de equipos.
- Demostrar que es posible direccionar y disponer el programa diario por guardia de materiales adecuados para ser utilizados como relleno hidráulico.

- Demostrar la factibilidad técnica de la aplicación de relleno hidráulico en la explotación y la influencia de cantidad de partículas finas enviadas a interior mina.

### **1.3 Justificación e importancia**

#### **1.3.1 Justificación académica**

Esta investigación realizará un buen control de los finos de relave y el drenaje cada vez que se realiza el lanzamiento de relleno hidráulico en las labores de explotación, así se evita el rebose de las pozas de bombeo y llenado de finos en las mismas para alargar la vida útil de las bombas sumergibles y estacionarias, además no dejar vacíos en las labores de relleno hidráulico.

#### **1.3.2 Justificación económica**

La siguiente investigación ayudará a acelerar el ciclo de minado, mayor recuperación de mineral, menor pérdida de finos, estabilización permanente de las estructuras mineras y menor consumo de recursos como elementos de sostenimiento. Como resultado, se reducirán los costos de minado, se minimizarán los accidentes por caída de rocas al tener labores más estables y se contribuirá a la protección del medio ambiente al usar relleno hidráulico en interior mina.

### **1.4 Hipótesis de la investigación**

#### **1.4.1 Hipótesis general**

Mejorar la productividad en el sistema de relleno hidráulico, en la CIA minera Chungar- Animón.

#### **1.4.2 Hipótesis Específicas**

- Mejorar el buen control de los finos de relave y el drenaje cada vez que se realiza el lanzamiento de relleno hidráulico en las labores de explotación en la CIA minera Chungar- Animón.
- Mejora el ciclo de minado, mayor recuperación de mineral, menor pérdida de finos en la CIA minera Chungar- Animón.

## **1.5 Identificación de variables**

### **1.5.1 Variable independiente**

Mejorar la productividad

### **1.5.2 Variable dependiente**

Mejora el buen control de finos de relave y el drenaje.

### 1.5.3 Matriz de operacionalización de variables y consistencia

Tabla 1. *Matriz de operacionalización de variables*

Variable	Definiciones	Definición Operacional		
		Dimensiones	Subdimensión	Indicadores
VI Mejorar la productividad	Precipitar el ciclo de minado, mayor recuperación de mineral, la menor pérdida de finos, estabilidad permanente de las labores explotadas y reducir el consumo de recursos como elementos de sostenimiento.	Incrementar la eficacia en el ciclo de minado.	• Operaciones competentes	• Rentabilidad de producción. • Culminación en el avance de los tajos.
VD Buen control de finos de relave y drenaje	Relleno hidráulico enviado por la tubería de 4" en forma de pulpa con la finalidad de mejorar el buen control de los finos de relave y el drenaje cada vez que se realiza el lanzamiento de relleno hidráulico en las labores de explotación.	Material transportado en forma de pulpa hacia los tajos en avance	• Excedente filtración de la pulpa • Demoras en el llenado de los tajos	• Analisis granulometrico. • Velocidad de percolación.

**Tabla 2. Matriz de consistencia**

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables
<p><b>Problema general</b></p> <p>¿Cómo mejorar con la disposición y recubrimiento de las quenas el control de los finos de relleno hidráulico, en la CIA minera Chungar-Animón 2022?</p> <p><b>Problemas específicos</b></p> <p>¿De que manera influye la granulometría al momento de ser llenado los tajos para el funcionamiento de las quenas en el control de los finos de relleno hidráulico, en la CIA minera Chungar-Animón 2022?</p> <p>¿De que manera influye la ubicación de las quenas dentro de los tajos al ser llenados para mejorar el control de los finos de relleno hidráulico, en la CIA minera Chungar-Animón 2022?</p>	<p><b>Objetivo general</b></p> <p>Mejorar el control de drenaje y finos en todas las labores de relleno hidráulico y alargar la vida útil de las bombas sumergibles y estacionarias.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Demostrar la posibilidad del control de finos provenientes de labores de relleno hidráulico, incrementar vida útil de las bombas en la unidad, conservar las vías en buen estado para el transporte y traslado de equipos.</li> <li>• Demostrar que es posible direccionar y disponer el programa diario por guardia de materiales adecuados para ser utilizados como relleno hidráulico.</li> <li>• Demostrar la factibilidad técnica de la aplicación de relleno hidráulico en la explotación y la influencia de cantidad de partículas finas enviadas a interior mina.</li> </ul>	<p><b>Hipótesis general</b></p> <p>Mejorar la productividad en el sistema de relleno hidráulico, en la CIA minera Chungar-Animón.</p> <p><b>Hipótesis específicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejorar el buen control de los finos de relave y el drenaje cada vez que se realiza el lanzamiento de relleno hidráulico en las labores de explotación, en la CIA minera Chungar- Animón.</li> <li>• Mejora el ciclo de minado, mayor recuperación de mineral, menor pérdida de finos, en la CIA minera Chungar-Animón.</li> </ul>	<p><b>VI:</b> Mejora de la productividad.</p> <p><b>VD:</b> Buen Control de finos de relave y drenaje.</p> <p><b>VI:</b> Mejora de la productividad.</p> <p><b>VD:</b> Disposición de la quena en los tajos de RH.</p> <p><b>VI:</b> Mejora de la productividad.</p> <p><b>VD:</b> Recubrimiento de las quenas para el control de finos.</p>

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes del problema

##### 2.1.1 Antecedentes nacionales

- Tesis titulada: “*Aplicación de relleno hidráulico para acelerar el ciclo de minado en la veta principal- nv. 310 - Empresa administradora Chungar S. A. C. (ECH)unidad minera Animón*”. El objetivo general es mejorar y acelerar el ciclo de minado y lograr una estabilidad permanente de las zonas explotadas. Los resultados indican que para un volumen de producción de mineral de 333 t/día o 10,000 t/mes, es decir de 3,509 m<sup>3</sup>/mes ó 116 m<sup>3</sup>/día, la producción de relleno debería ser de 40 m<sup>3</sup>/hora ó 200 m<sup>3</sup>/día de pulpa; pero luego de realizar las pruebas en tajos se calculó un caudal de ingreso de 92 m<sup>3</sup>/hora, lo cual hace posible incrementar la producción. (1)
  
- Tesis titulada: “*Aplicación de relleno Hidráulico en la Mina Jimena de Compañía Minera Poderosa S.A.*”. La investigación tiene como objetivo alcanzar mayor velocidad en el ciclo de minado y lograr una estabilidad permanente de las zonas explotadas. Los resultados con la aplicación del relleno hidráulico se considera aprovechar un 40 % a 50 % del desmonte producto de los avances de la mina, esto se traduce en mayor vida útil de la desmontera actual, reduciendo el impacto ambiental negativo y aumentando la rentabilidad del proyecto. (2)
  
- Tesis titulada: “*Análisis del sistema de relleno hidráulico para el método de sublevel stoping en la compañía minera Argentum S.A. Unidad Minera Manuelita, 2020*”. La

investigación busca determinar la influencia en el análisis del relleno hidráulico en la reducción de costos en el método de explotación sublevel stoping de la compañía minera Argentum S. A. – unidad minera Manuelita, 2020. Los resultados obtenidos indican que el uso del relleno hidráulico en la mina Manuelita ha permitido optimizar el ciclo de minado que se realiza mediante el método de explotación sublevel stoping (taladros largos) mediante la preparación de subniveles sobre veta y manteniendo un puente de un espesor mínimo de 10.0 m. (3)

### **2.1.2 Antecedentes Internacionales**

- Tesis titulada: “*Optimización del sistema de relleno RDC para el método de explotación cámaras y pilares corte y relleno (DRIFT AND FILL) ascendente en la mina el Roble ubicada en el Municipio el Carmen de Atrato del Departamento de Choco, Colombia*”. Se investiga optimizar el sistema de relleno RDC para el método de explotación cámaras y pilares corte y relleno (Drift and Fill). Los resultados optimizan del sistema de relleno RDC dando solución al taponamiento y desgaste de las tuberías; bajando los costos de cambio de tubería taponadas y de relleno para el método de explotación cámaras y pilares corte y relleno (Drift and Fill) ascendente en la mina el roble ubicada en el municipio el Carmen de Atrato del departamento de choco, Colombia. (4)

## **2.2 Generalidades de la unidad minera Chungar**

### **2.2.1 Ubicación, accesibilidad y generalidades**

#### **a) Historia**

Volcán Compañía Minera S. A. A. es una empresa minera con operaciones de diversos *commodities*, con una presencia importante en zinc, plata y plomo a nivel mundial. Durante el periodo 2000, la empresa adquirió la empresa administradora Chungar S. A. C. y la empresa explotadora de Vinchos Ltda. S. A. C., dueños de 26 las operaciones Animón y Vinchos respectivamente, con un valor de compra total de \$ 20 millones, además de 16 millones de acciones Clase B de Volcán.

Compañía Minera Chungar S.A.C., antes llamada Empresa Administradora Chungar S. A. C. es filial y accionista de Volcan Compañía Minera S.A.A. Fue adquirida por esta última en 2000, junto con la mina Animón. La compañía se dedica

a la exploración y explotación de metales metálicos, principalmente zinc, y también ofrece servicios de generación eléctrica. En 2009, Compañía Minera Chungar aumentó la capacidad de Baños IV, una de sus centrales hidroeléctricas, y a comienzos de 2012 puso en marcha la hidroeléctrica Baños V en el valle Río Chancay-Huaral. La empresa tiene su sede en Lima, Perú.

Desde 2015, la compañía minera Volcan está explorando el entorno de la mina Chungar (proyecto Romina) incluyendo el área de Puagjanca donde se ha identificado, entre otros, el cuerpo mineralizado (Zn-Pb(-Ag)) de Puagjanca.

### **b) Ubicación**

La Empresa Administradora Chungar S. A. C. (EACH), unidad minera Animon, está ubicada en el lugar denominado Cuchimachay – La Cruzada, en el distrito de Huayllay, provincia y departamento de Pasco, región Pasco, a una altitud de 4 610 m s. n. m. y a 76°25'19" de longitud y a 11°01' 35" de latitud.

Coordenadas UTM: N: 8 780 500      E: 345 000

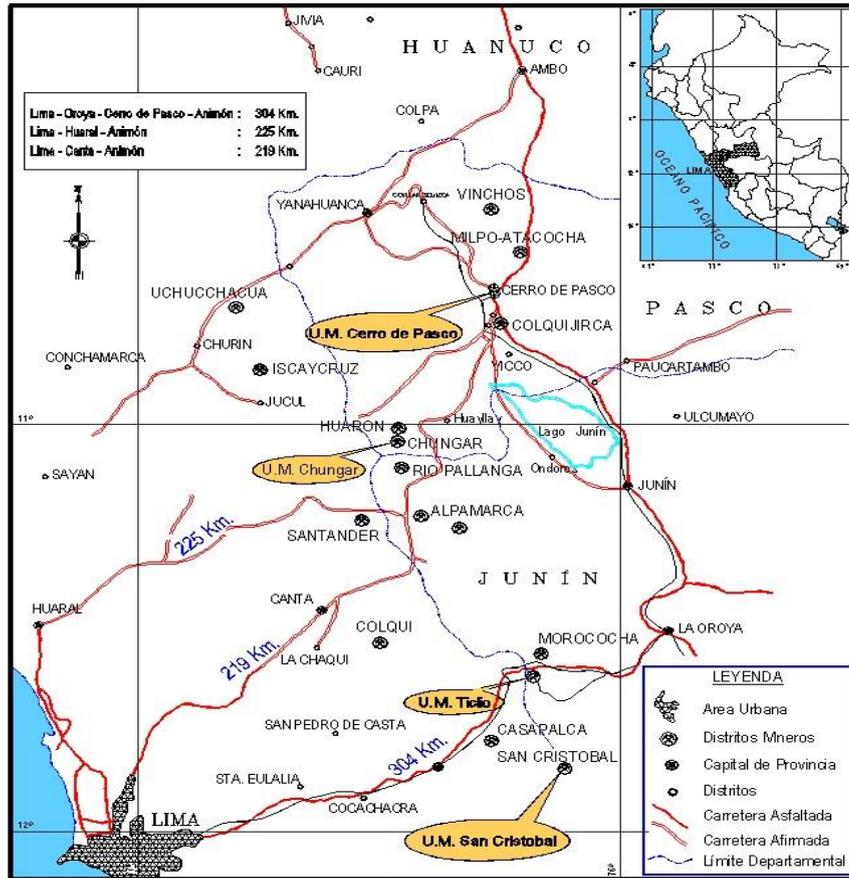
### **c) Accesibilidad**

La accesibilidad a la empresa administradora Chungar, unidad minera Animón es por:

**Tabla 3. Ruta geográfica**

Ruta	Kilometros
Lima _ Oroya _ Cerro de Pasco _ unidad minera Chungar	304 km
Lima _ Huaral _ unidad minera Chungar	225 km
Lima _ Canta _ unidad minera Chungar	219 km

Cabe mencionar que la mina Animón se ubica a 50 km al suroeste de la ciudad de Cerro de Pasco y a 7 km al oeste del distrito de Huayllay.



**Figura 1. Ubicación de la mina Chunggar**

## 2.3 Geología general

### 2.3.1 Geología regional

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

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 ó verde en estratos delgados con algunos lechos de conglomerados y esporádicos horizontes lenticulares de calizas grises, se estima un grosor de 2,385 metros datan del Cretáceo Superior al Terciario Inferior (Eoceno).

### 2.3.2 Geología local

El yacimiento de Animón, litológicamente, está conformado por sedimentitas que reflejan un periodo de emersión y una intensa denudación. Las “capas rojas” del

grupo Casapalca presentan dos ciclos de sedimentación: El ciclo más antiguo es el más potente con 1,400 a 1,500 metros de grosor y el ciclo más joven tiene una potencia de 800 a 900

### **2.3.3 Geología estructural**

#### **a) Plegamiento**

Son estructuras que se orientan en forma regional de N 25° W. La manifestación tectónica principal de la zona es el anticlinal de Huarón.

#### **b) Intrusión**

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 o 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 (ver sección transversal).

#### **c) 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° 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 pre minerales: 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°80° 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.

### **2.3.4 Mineralización**

La mineralización polimetálica económica está constituida principalmente por sulfuros: esfalerita (sl), galena (gn), chalcopirita con trazas de sulfosales de cobre (tetrahedrita-tennantita) (td) y sulfosales de plata (pirargirita) asociadas con pirita (py), marcasita y hematita (hm). La ganga no metálica lo constituyen el cuarzo (qz), rodonita y carbonatos (calcita (ca), dolomita (do), rodocrosita (rd), ankerita y siderita).

#### **2.3.4.1 Tipos de mineralización**

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

Las vetas son las fracturas preliminares que han sido rellenadas con minerales de Fe, Cu, Zn, Pb y Ag. Las vetas que afloran en todo el distrito son más de 50; pero los más importantes que han sido proyectados y desarrollados en Animón son alrededor de 4 y en Huarón alrededor de 25. Estos depósitos contienen el mayor volumen de la mineralización económica del distrito.

- **Columna metalífera**

Tal vez, esfuerzos compresivos formadores del anticlinal de Huarón han actuado de manera diferente de este-oeste y viceversa en Animón, con un mayor relajamiento o movimientos distensivos hacia el oeste coayudados por la reapertura de fracturas pre existente. Esto dio lugar a una gran ramificación de grietas y su posterior mineralización en las “mal llamadas” vetas Luz, Marleny y Zoraida.

#### **d) Cuerpos mineralizados**

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

#### **e) Vetas Manto**

Son estructuras mineralizadas concordantes con la estratificación en el flanco oeste del anticlinal se han desarrollado dos vetas mantos en la zona de Huarón: San Narciso y Fastidiosa y en la zona de Quimacocha con cerca al pique del mismo nombre, se observan estratos calcáreos de 0.30 m de grosor con mineralización diseminada, estructuralmente para el caso de Huarón existen evidencias que se trata de fallas inversas que tienen orientación norte-sur y buzan 30° a 50° al oeste. En cuanto a su mineralogía es muy irregular y parece estar ligado a su cercanía o lejanía de las vetas este-oeste, la ganga es cuarzo rodocrosita y el mineral económico y las cajas están fuertemente laminados y triturados, tal como se observa en la galería del Nv 390 de Quimacocha.

### **2.4 Descripción del método de corte y relleno ascendente**

El método de minado más común en la unidad minera de Chungar es el *Cut and Fill*, donde el mineral es arrancado por franjas horizontales y/o verticales empezando por la parte inferior de un tajo y avanzando verticalmente. Cuando se ha extraído la franja completa, se realiza la limpieza del mineral, para continuar con el relleno hidráulico y detrítico, dejando una luz de 0.5 metros, que servirá de cara libre para el corte superior, que sirve de piso y al mismo tiempo permite sostener las paredes. Se realiza en varios frentes en forma simultánea para mejorar la productividad, los cuales son direccionados por dos brazos que conectan a la rampa de acceso.

### **2.5 Relleno hidráulico en interior mina**

#### **2.5.1 Generalidades de relleno hidráulico**

El relleno hidráulico es una alternativa para rellenar los tajos explotados por el método de corte y relleno; esta alternativa empleada en el Perú desde mediados

de la década de los años 60, se introdujo con la finalidad de incrementar la productividad, mas no con fines ecológicos. 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. El relleno hidráulico es más eficiente que el relleno neumático, el relleno hidroneumático y el recientemente introducido relleno en pasta fue el que en muchos casos reemplazó al relleno detrítico o relleno sólido transportado en carros mineros o en camiones.

El relleno hidráulico, así como cualquier método de relleno tiene dos fines primordiales:

- a) El primero es servir como piso de trabajo para efectuar la perforación, el disparo y el acarreo de mineral.
- b) El segundo es servir de sostenimiento para que la mina no colapse debido al incremento de áreas abiertas.

Aplicaciones de relleno hidráulico:

- a) Evitar o minimizar subsidencia.
- b) Estabilizar el macizo rocoso, reduciendo la posibilidad de estallidos de rocas.
- c) Aumentar el tiempo de vida útil de la relavera, gracias a la disminución de disposición de relave en esta.
- d) Proveer una plataforma de trabajo en los tajos.

### **2.5.2 Sistema de transporte de relleno hidráulico**

El relleno hidráulico inicia con la clasificación del relave que es suministrado por planta, en promedio 4800 t/d, está el abastecida a una batería de 5 hidrociclones D-15 *cavex*, el cual tiene un corte del 40 % en el *under flow* con una densidad de 2000 g/l, los hidrociclones trabajan con un vortex de 4 ½" y un ápex de 1 ¾", el relave obtenido es depositado en 2 silos de 440 m<sup>3</sup> y 420 m<sup>3</sup>, posteriormente este es acondicionado en 2 agitadores de 11 m<sup>3</sup> en donde llega a tener una densidad de 1800 g/l , este es enviado por 3 líneas de bombeo compuesto por bombas *warman* las cuales tienen las siguientes características:

- ✓ Línea 1: 02 bombas *warman* 4x3 DDAH enseriadas las cuales tiene un caudal de 55 m<sup>3</sup>.
- ✓ Línea 2: 03 bombas *warman* 4x3 DAH enseriadas las cuales tiene un caudal de 60 m<sup>3</sup>.
- ✓ Línea 3: 03 bombas *warman* 3x2 enseriadas las cuales tienen un caudal de 60 m<sup>3</sup>.



**Figura 2. Sistema de relleno hidráulico Silo 3, U.M. Chungar Chungar**

**a) Canal de contingencia de tres tramos:**

- ✓ Tramo I: suelo revestido con geomembrana 250 metros.
- ✓ Tramo II: Estructura de acero y una longitud de 50 m.
- ✓ Tramo III: túnel liner 50 metros.
- ✓ Tramo IV: suelo revestido con geomembrana (rodea laguna naticocha centro) 1200 metros.
- ✓ Tramo V: tubería sobre estructura metálica a lado de canal tras base 250 metros.

**b) Poza de contingencia: consta de 12 pozas de contingencia.**

**c) Líneas de tuberías de HDPE: Consta de tres líneas de tuberías HDPE PN20 de 4".**

El relave es enviado hacia el silo ubicado alado de la rampa Mirko mediante 1800 metros de tuberías HDP PN20; el silo de la rampa Mirko tiene una capacidad de 440 m<sup>3</sup>; posteriormente el relave será acondicionado en 2 agitadores hasta obtener una densidad de 1700 g/l para su envío hacia interior mina por 3 líneas de bombeo que consta de bombas Denver 5X.

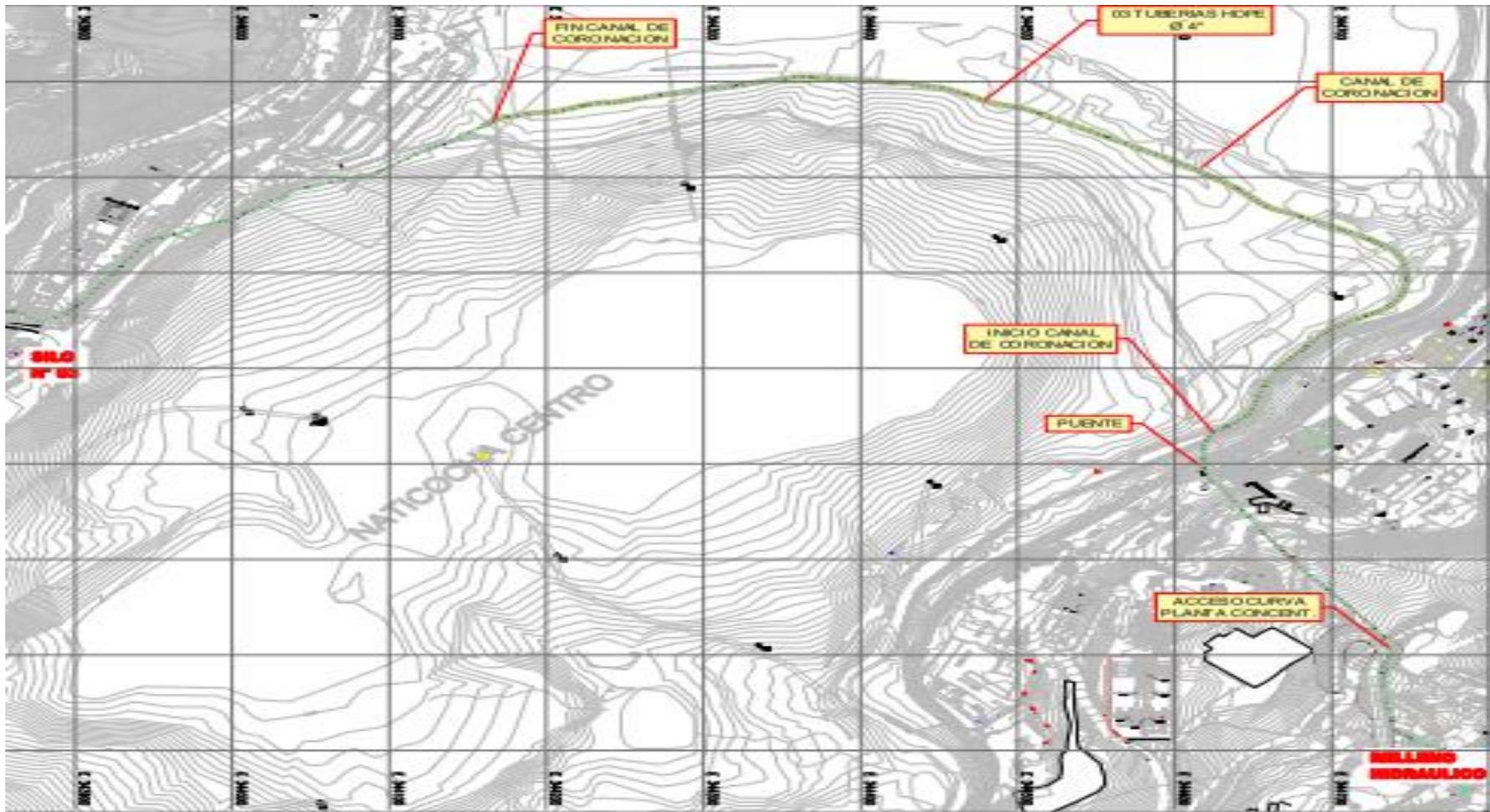


Figura 3. Sistema de transporte de relleno hidráulico planta concentradora al Silo 3, U.M. Chungar



**Figura 4. Pozas de contingencia**

### 2.5.3 Análisis granulométrico

El análisis granulométrico determina la distribución de las partículas que constituye el material. Para el relleno hidráulico se utilizará las partículas clasificadas por un nido de hidrociclones D-15 (under flow), esta contiene la fracción de partículas gruesas.

Los datos obtenidos en la toma de muestras son las siguientes:

Densidades de las muestras al momento de realizar el muestreo:

**Tabla 3. Tabla de muestreo**

HORAS DE MUESTREO			06:00	HORAS
HORA	FEED	OVER	UNDER	PRESION
10:00	1330	1120	2100	22
11:00	1310	1120	2000	26
12:00	1310	1140	2200	26
13:00	1310	1140	2100	28
14:00	1320	1130	2100	26
15:00	1330	1120	2200	26
16:00	1320	1130	2100	28
<b>PROMEDIO</b>	<b>1319</b>	<b>1129</b>	<b>2114</b>	<b>26.0</b>



**Figura 5. Análisis granulométrico por tamizado**

**Tabla 4. Resultados del análisis granulométrico, U.M. Chungar**

MALLA	MICRON	ALIMENTO			OVER FLOW			UNDER FLOW		
		Peso	% Peso	Passing	Peso	% Peso	Passing	Peso	% Peso	Passing
20	841	26.67	2.23	97.77	0	0.00	100.00	35.1	3.23	96.77
45	354	193.29	16.17	81.60	3.23	0.65	99.35	290.62	26.71	70.07
70	210	153.29	12.82	68.78	12.53	2.51	96.84	254.05	23.35	46.72
100	149	138.29	11.57	57.22	28.94	5.80	91.04	165.325	15.19	31.53
140	105	125.56	10.50	46.72	49.03	9.83	81.20	126.5	11.62	19.91
200	74	93.69	7.84	38.88	98.66	19.78	61.42	94.57	8.69	11.22
-200		464.89	38.88	0.00	306.28	61.42	0.00	122.06	11.22	0.00
		1195.68	100.00		498.67	100.00		1088.225	100.00	

Como se puede observar en la distribución de pesos, la muestra del *under flow* contiene un acumulado de 11.22 % de partículas de 74 micras que es la cantidad de la fracción de partículas finas, mientras que el restante viene a ser la fracción de partículas gruesas.

La cantidad de partículas finas es importante al momento de realizar el relleno de tajos, ya que una elevada concentración de partículas finas aumenta el tiempo de percolación, provoca demasiado lodos, problemas de bombeo en interior mina y el armado de barreras. Así también, la baja concentración de partículas finas hacen que

al momento de realizar el relleno se crea el efecto embudo por una acelerada percolación y la posibilidad de arenado en las tuberías de bombeo.

La cantidad de disposición de relave hacia mina (relleno hidráulico) se da por el corte que realiza el nido de hidrociclones, la cual según el análisis granulométrico no da una relación de:

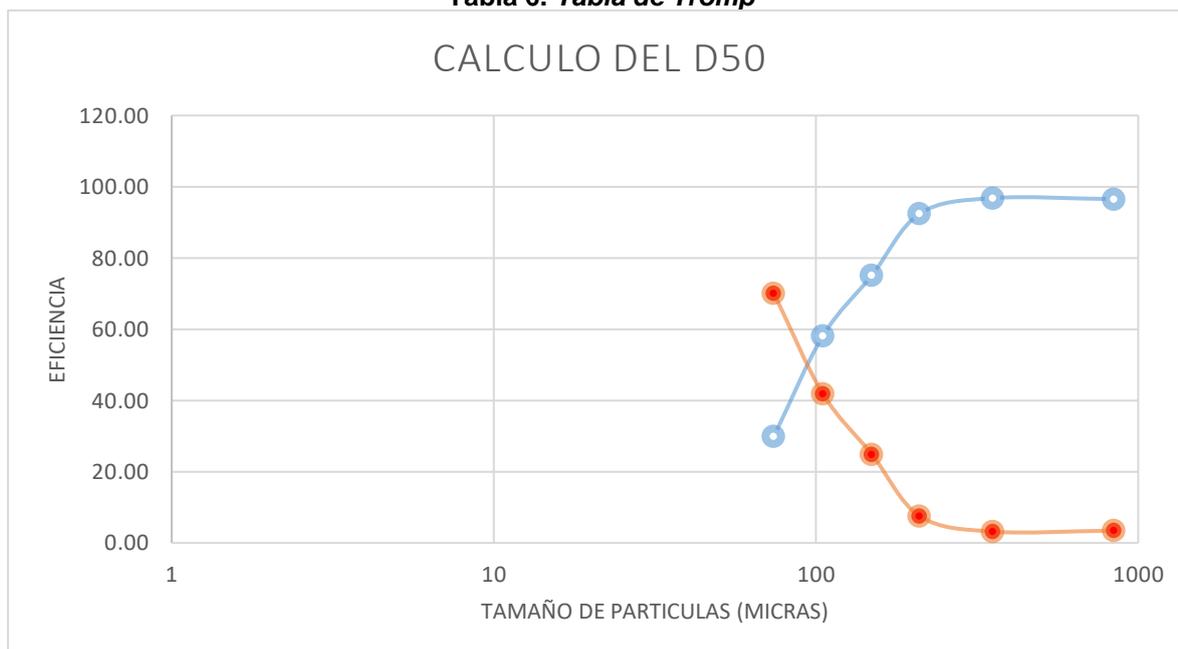
**Tabla 5. Relación del análisis granulométrico**

<b>U/F</b>	<b>0.54</b>
<b>O/F</b>	<b>0.46</b>

Esto nos indica que el corte que realiza el nido de hidrociclones es de 54 % (relleno hidráulico) y 46 % (rebose), con una eficiencia de clasificación de 62 % en los hidrociclones.

- **Tabla de Tromp**

**Tabla 6. Tabla de Tromp**



La tabla de Tromp nos permite evaluar la concentración en un sistema de clasificación.

Como se observa en la Tabla 6 es la relación entre la eficiencia y el tamaño de partículas dando como equilibrio de 74 micras, lo óptimo para evitar el exceso de partículas finas y aprovechar la mayoría de partículas gruesas.

#### 2.5.4 Gravedad específica

La gravedad específica es la relación entre el peso específico del sólido y el peso específico del agua.

- Fórmula para hallar la gravedad específica:

Cálculos

- ✓ Peso de fiola + agua + muestra ( $P_{(f+h2o+m)}$ )
- ✓ Peso de muestra ( $P_{(m)}$ )
- ✓ Peso de la fiola + agua ( $P_{(f+h2o)}$ )

$$Gs = \frac{P(m) * \rho_{h2o} (28^{\circ}C)}{P(f + h2o) + P(m) - P(f + h2o + m)}$$



**Figura 6. Muestras**

**Tabla 7. Resultado de muestras**

N°	P. Muestra	P. Fiola + agua	P. Fiola+agua+muestra	G.e.
1	10 Gr	366.24	372.8	2.906
2	15 Gr	363.73	373.56	2.901
3	20 Gr.	396.64	409.72	2.890

Se realizaron 3 pruebas con diferentes pesos, de los cuales la gravedad específica se calculó a 2.9.

### 2.5.5 Densidad aparente

La densidad aparente, también llamada densidad volumétrica, es una propiedad de los polvos, gránulos y otros sólidos "divididos", especialmente utilizados en referencia a componentes minerales, sustancias químicas, ingredientes, alimentos o cualquier otra masa de material particulado.

Densidad aparente con un porcentaje de humedad al 08 %

- Datos para el cálculo

Probeta de 500 ml.	
Mestra 1=943.17	$\rho A= 1.886$
Muestra 2=965.04	$\rho A=1.930$
Muestra 3=954.28	$\rho A=1.908$
Promedio	1.908 t/m <sup>3</sup>

### 2.5.6 Coeficiente de permeabilidad o velocidad de percolación

Indica la condición en que el relleno hidráulico pasa de un estado de pulpa a un cuerpo granular firme, es decir, mide la velocidad con que el agua se percola a través del relleno en cm/hr. La velocidad de percolación de la muestra de relave clasificado grueso muestra una velocidad promedio de 4.12 pulgadas/h.

- **Pruebas de velocidad de percolación**

Dirigida a medir la adecuación del material en base a la rapidez con que el agua circula la masa granular del relleno de arriba hacia abajo por acción de la gravedad.

$$V_2 = LQ_1/HA_1$$

Donde:

V2 = Velocidad de percolación

L = Altura de la muestra (cm)

Q1 = Caudal (cm<sup>3</sup>/h)

A1 = Área de la sección del tubo cm<sup>3</sup>

H = Altura hasta el nivel del agua (cm).

% sólidos del under flow	67.8 %
Gravedad específica sólido	2.9
Densidad del under flow	1.8 g/cm <sup>3</sup>
Volumen dispositivo	5.23 1.6 8.37 g
Peso de muestra seca	8.368 0.573 4.79 g
Peso y volumen de agua req.	8.368 0.542 4.54 g
Peso y volumen de agua q paso	1.721 g
Altura hasta el nivel del agua	60 cm
Área	87.6 cm <sup>2</sup>
Altura de la muestra	30.2 cm
Tiempo de percolación	58 min
Volumen de agua que paso	1.823 cm <sup>3</sup>
Caudal (Q)	1.823 cm <sup>3</sup> /hr

Velocidad de percolación:

$$V = \frac{\text{Altura de la muestra} \times \text{Caudal}}{\text{Altura hasta nivel del agua} \times \text{Área de la sección del tubo}}$$

$$V = \frac{30.2 \text{ cm} \times 1823 \text{ cm}^3/\text{hr}}{60 \text{ cm} \times 87.6 \text{ cm}^2}$$

$$V = 10.47 \text{ cm/hr}$$

$$V = 4.12 \text{ pulg/hr}$$

### 2.5.7 Velocidad crítica de bombeo

$$V_c = Fl * \sqrt{2} * g * \emptyset * ((\rho_s - \rho) / \rho)$$

$\rho$ (Densidad)	1.8
$\rho_s$ (G. Esp.)	2.9
$g$ (Aceleración)	9.8
$C_v$ (% Sólidos en Vol)	67.8 %
$\emptyset$ Interno Tub. 4''	0.09 m
Fl (Factor)	1.70
Vel. Crítica	1.28 m/seg

### 2.5.8 Estado actual de las tuberías de relleno hidráulico

#### 2.5.8.1 Tuberías de relleno hidráulico en superficie



Figura 7. Tramo 1 al 13 de tubería de relleno hidráulico, U.M. Chungar

**Tabla 8. Resultado de desgaste tramo 1 al 13**

PUNTO	LINEA #1	%DESGASTE	LINEA #2	%DESGASTE	LINEA #3	%DESGASTE	OBSERVACION
1	11.88	21%	11.16	26%	10.95	27%	se tiene el tramo del punto 7 al punto 11 observado con un desgaste de hasta 50%, se recomienda el cambio del tramo de tubería.
2	12.58	17%	12.52	17%	12.61	16%	
3	12.09	20%	11.72	22%	11.48	24%	
4	8.55	43%	11.94	21%	11.38	25%	
5	12.27	19%	10.03	34%	9.4	38%	
6	12.21	19%	12.14	20%	9.98	34%	
7	12.81	15%	12.34	18%	9.75	35%	
8	12.38	18%	12.01	20%	7.56	50%	
9	12.06	20%	11.25	25%	8.22	46%	
10	11.85	22%	12.49	17%	12.59	17%	
11	12.28	19%	12.57	17%	11.35	25%	
12	11.27	25%	12.52	17%	11.85	22%	
13	10.84	28%	12.64	16%	11.84	22%	



**Figura 8. Tramo 14 al 26 de las tuberías de relleno hidráulico, U.M. Chungar**

**Tabla 9. Resultado de desgaste tramo 14 al 26**

PUNTO	LINEA #1	%DESGASTE	LINEA #2	%DESGASTE	LINEA #3	%DESGASTE	OBSERVACION
14	12.03	20%	11.87	21%	12.18	19%	no se encuentran observaciones
15	11.8	22%	11.17	26%	12.97	14%	
16	12.01	20%	12.27	19%	12.52	17%	
17	11.84	22%	11.98	21%	12.03	20%	
18	12.23	19%	12.29	19%	12.43	18%	
19	12.11	20%	12.88	15%	11.81	22%	
20	12.51	17%	12.97	14%	11.97	21%	
21	12.15	20%	12.89	15%	12.27	19%	
22	0	0%	0	0%	0	0%	
23	11.97	21%	12.48	17%	12.62	16%	
24	12.03	20%	12.59	17%	12.48	17%	
25	12.02	20%	12.67	16%	12.52	17%	
26	12.14	20%	11.57	23%	10.94	28%	



Figura 9. Tramo 27 al 45 de relleno hidráulico, U.M. Chungar

Tabla 10. Resultado de desgaste tramo 27 al 45

	LINEA #1	%DESGASTE	LINEA #2	%DESGASTE	LINEA #3	%DESGASTE	
27	10.94	28%	12.01	20%	10.4	31%	se observa desgaste en las 3 líneas de bombeo siendo la línea #2 la que presenta el mayor desgaste en la zona , se recomienda realizar el seguimiento de estas.
28	11.75	22%	11.48	24%	10.87	28%	
29	11.14	26%	12.58	17%	10.57	30%	
30	10.95	27%	11.59	23%	10.02	34%	
31	11.29	25%	12.01	20%	11.37	25%	
32	11.94	21%	12.37	18%	11.18	26%	
33	11.89	21%	12.48	17%	11.94	21%	
34	10.39	31%	11.79	22%	11.08	27%	
35	10.19	33%	8.47	44%	10.17	33%	
36	10.09	33%	8.4	44%	9.58	37%	
37	9.99	34%	9.54	37%	10.57	30%	
38	10.02	34%	8.36	45%	11.66	23%	
39	10.29	32%	11.84	22%	9.74	35%	
40	12.48	17%	12.61	16%	13.88	8%	
41	12.59	17%	12.61	16%	12.67	16%	
42	13.27	12%	12.78	15%	12.56	17%	
43	13.01	14%	13.44	11%	13.48	11%	
44	12.77	15%	12.17	19%	12.98	14%	
45	12.13	20%	10.57	30%	11.24	26%	



**Figura 10. Tuberías de RH tramo 46 al silo N° 3, U.M. Chungar**

**Tabla 11. Resultados de las tuberías de RH del tramo 46 al silo N° 3**

	LÍNEA #1	%DESGASTE	LÍNEA #2	%DESGASTE	LÍNEA #3	%DESGASTE	
46	10.97	27%	11.08	27%	11.42	24%	se observa el tramo de la línea #1 en los puntos 53 y 54 con un desgaste de hasta 47%, se recomienda el cambio de este tramo.
47	12.11	20%	11.68	23%	11.28	25%	
48	11.38	25%	10.98	27%	11.4	25%	
49	11.42	24%	11.87	21%	11.97	21%	
50	11.24	26%	10.87	28%	9.74	35%	
51	11.82	22%	11.36	25%	11.98	21%	
52	11.98	21%	11.12	26%	11.02	27%	
53	9.87	35%	11.35	25%	11.67	23%	
54	7.97	47%	11.56	23%	9.56	37%	
55	11.42	24%	11.39	25%	10.84	28%	
56	11.86	21%	11.38	25%	11.27	25%	
57	11.05	27%	11.68	23%	9.87	35%	
58	11.64	23%	11.12	26%	11.29	25%	
59	10.01	34%	12.01	20%	9.18	39%	

### 2.5.8.2 Tuberías de relleno hidráulico interior mina

Se realizó la medición de espesores dando inicio en el nivel 310 de rampa Mirko E y concluyo en el nivel 355 rampa Mirko E, (LÍNEA 04, LÍNEA 05 y LÍNEA 06).

Se dio mayor énfasis a las zonas cercanas de las hidrocoplas.

En la medición de espesores se tomó 12 puntos que recorren las 3 líneas de 4 "Ø de relleno hidráulico.

Recordemos que un desgaste superior al 35 % se toma como ALERTA, y la máxima presión que puede soportar una tubería PN12 de 4"Ø es de 174 PSI.

**Tabla 12. Porcentaje de medición de espesores**

<b>NORMAL</b>	<b>&lt;35%</b>
<b>ALERTA</b>	<b>&lt; 35% - 50% &gt;</b>
<b>CRITICO</b>	<b>&gt; 50%</b>

**Tabla 13. Medición de espesores de las tuberías de relleno hidráulico interior mina, U.M. Chungar**

TUBERIAS RELLENNO HIDRAULICO						
	LINEA 4	% DESGASTE	LINEA 5	% DESGASTE	LINEA 6	% DESGASTE
1	6.76	44.13	9.09	24.88	7.04	41.82
2	5.75	52.48	8.23	31.98	8.19	32.31
3	6.34	47.60	8.24	31.90	8.24	31.90
4	8.15	32.64	7.73	36.12	7.54	37.69
5	6.57	45.70	7.84	35.21	8.32	31.24
6	6.3	47.93	7.89	34.79	8.92	26.28
7	6.54	45.95	7.54	37.69	8.37	30.83
8	7.12	41.16	7.62	37.02	8.52	29.59
9	7.14	40.99	7.58	37.36	8.46	30.08
10	6.03	50.17	7.32	39.50	8.51	29.67
11	8.16	32.56	8.03	33.64	7.92	34.55
12	8.24	31.90	8.24	31.90	7.63	36.94
13	8.2	32.23	8.64	28.60	7.22	40.33
14	7.24	40.17	8.23	31.98	8.41	30.50
15	7.19	40.58	8.34	31.07	8.92	26.28

Las medidas que se tomaron fueron a cada 30 metros de punto a punto. Como se puede observar la línea de bombeo número 4 es la que presenta más desgaste, se inició en el nivel 355 de la rampa Mirko oeste y se culminó en el nivel 355 de la rampa Mirko oeste.

## 2.5.9 Proceso de rellenado de un tajeo

### 2.5.9.1 Preparado del tajo

El primer paso es la limpieza del mineral fino que queda en el tajeo; luego se prepara el tajeo para el relleno colocando un dique de contención de material estéril (desmante o marga gris o roja proveniente de la explotación de los tajos más cercanos), luego se procede a tapar todos los agujeros que podrían causar posibles fuga de RH, esto se realiza embolsando la zona del dique con tela arpillera (telas de material plástico) clavando y asegurando por todo el área del dique de contención. El contorno de esta tela va fijada a la pared del tajeo con clavos y puntales en algunos casos de ser necesarios cuando queda en demasiado desnivel el dique de contención.



*Figura 11. Entelado del dique principal y auxiliar*

Otra cuadrilla de operarios va instalando la tubería de polietileno hacia el tajeo a rellenar desde la red de tubería principal de relleno. Cabe señalar que el relleno es enviado desde superficie hasta los niveles inferiores a través de una tubería de 4" Ø por gravedad y luego impulsadas por bombas horizontales y que luego desde los niveles inferiores se reparten a las diferentes labores a rellenarse.



**Figura 12. Instalación de tubería PVC con equipo utilitario**

Una vez preparado el tajeo, el operador de superficie procede a enviar agua para lavar la red de tuberías con la finalidad 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. En seguida el operador de interior mina observa que llegue el agua al tajeo y se comunica por teléfono con el operador de superficie solicitando el envío de la pulpa.

El proceso de relleno continúa hasta que el operador de interior mina comunique el término del proceso o alguna parada por algún problema; este 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 luego al sistema de drenaje de interior mina y son direccionados a las pozas de bombeo y luego a superficie para su tratamiento.

El relleno utilizado llega a percolar a 10.47 cm/h por lo que es necesario esperar no menos de 1 hora a que seque la cobertura para continuar con el proceso de minado.

En la práctica, se ha demostrado que un coeficiente de permeabilidad mayor o igual a 10 cm/h es el ideal para la consolidación de un relleno. Un coeficiente de

permeabilidad inferior a 10 cm/h tardará demasiado en eliminar el agua; por otra parte un coeficiente de permeabilidad mayor de 15 cm/h puede causar el fenómeno de embudo, a través de las cuales se forma pequeños conductos abiertos dentro de la masa de relleno a través de los cuales fluye la pulpa a gran velocidad saliendo buena cantidad de relleno.

La Empresa Administradora Chungar S. A. C. (EACH), unidad minera Animon, no tiene problemas con la percolación, ni con la resistencia al hundimiento de relleno una vez rellenado el tajeo; pues el relleno resiste pisadas de un hombre ( $0.5 \text{ kg/cm}^2$ ) desde el momento que esta rellenándose el tajeo.

Al culminar el proceso de rellenado del tajeo, el operador de superficie debe enviar agua para lavar la tubería, el tiempo de lavado dependerá la ubicación del tajeo.



**Figura 13. Tajeo en relleno hidráulico**

### **2.5.10 Problemas en el proceso de relleno hidraulico**

Los problemas más comunes del relleno hidráulico se deben principalmente a los factores: instalación de la tubería (por medio de fugas en las tuberías ocasionando el arenamiento de estas), la inexperiencia del personal encargado de enviar el agua y la pulpa desde la planta de relleno, rotura de tuberías por choques de equipos, tuberías desgastados. Estos problemas se están minimizando al tener personal cada vez más experimentado y supervisión constantemente al realizar la instalación de las tuberías por todas las zonas.

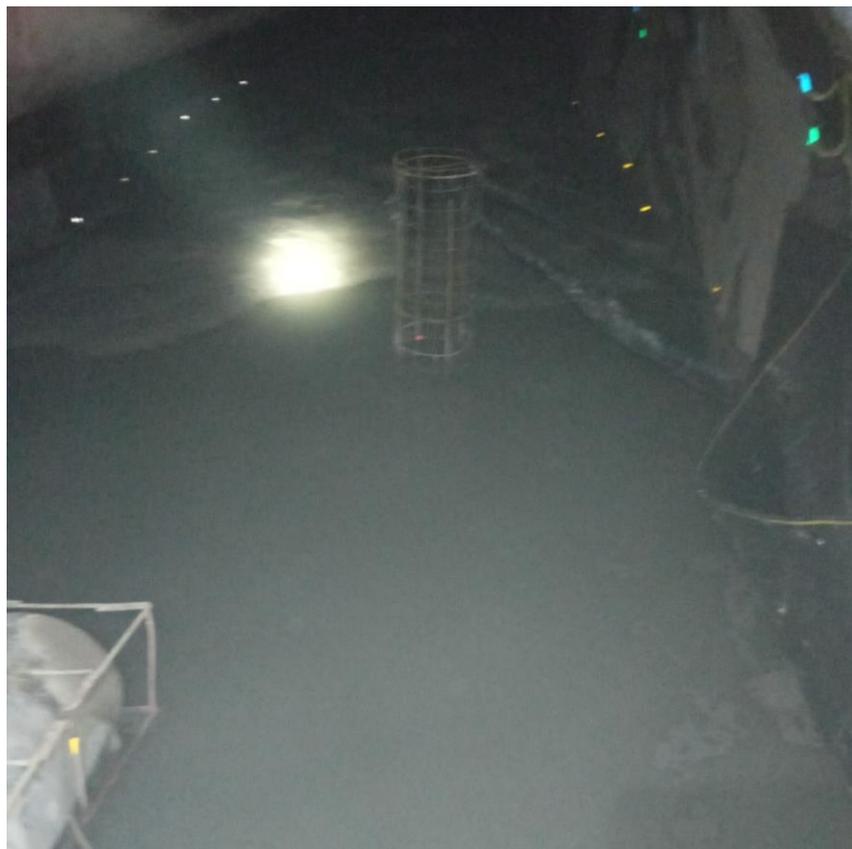
El desgaste de la tubería son consecuencia del rozamiento de la pulpa contra las paredes de la tubería. La vida útil de las tuberías depende de la ubicación y ángulo de inclinación que tengan. Las tuberías instaladas verticalmente son menos propensas al desgaste, mientras que la tubería instalada horizontalmente tiene mayor desgaste en la parte inferior, por lo que se recomienda hacer rotar la tubería cada cierto tiempo para tener un desgaste parejo.



**Figura 14. Proceso de desarenado de las tuberías de relleno hidraulico**



**Figura 15. Bomba inoperativa**



**Figura 16. Falta de recubrimiento de las quenas en la labor**

**2.5.11 Tiempo neto de relleno de un tajeo**

En los apartados anteriores se determinó que la pulpa del relleno hidráulico tiene una composición en peso de 76 % de sólidos y 24 % de agua aproximadamente. También se considerará en forma supuesta 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, entonces si podremos calcular el tiempo neto de relleno de un tajeo.

- **Dimensiones del tajeo:**

$$\text{Volumen del tajeo (V)} = l \times a \times h = A \times h$$

Donde:

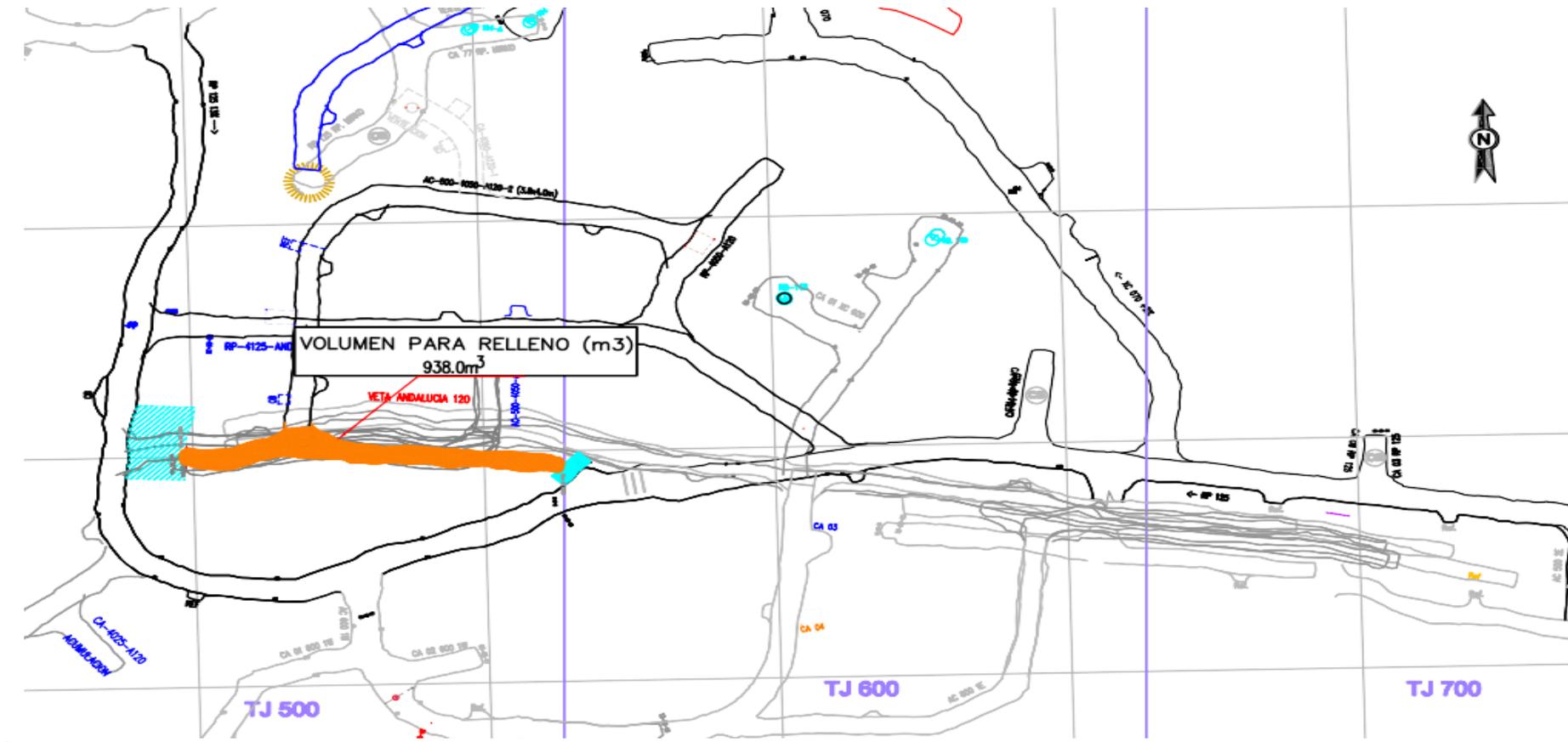
V = Volumen del tajeo

A = Área de la base del tajeo

l = Longitud del tajeo

a = Ancho del tajeo

h = Altura del tajeo



<b>PLANO DE PROYECTOS</b> Escala: 1:1000    Fecha: Ene-22    Actualización: Ene-22    Formato: A3				GEOLOGIA: ING. S. MACEDO		OPERACIÓN MINA: ING. J. BALBERRA		GERENTE DE OPERACIONES: ING. R. APAZA		Plano N°: <b>A120-05-06</b> <b>CHUNGAR</b> COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR S.A.C. DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y PLANEAMIENTO MINA ANIMON	
				GEOMECAÁNICA: ING. E. VIZCARRA M.		JEFE PLANEAMIENTO: -		SUPERINTENDENTE S.S.G.: ING. E. POZET		Proyecto N°: <b>B-4050-04</b> <b>VETA ANDALUCIA 120</b> R.H. T.J-500-4050-A120 - NV. 4050	
				AMBIENTALES: L. COLQUEHUANCA L.		DISEÑADO: PLANEAMIENTO		SUPERINTENDENTE I.A.P.: ING.		Ejecutor: <b>E.L. MESA</b> Verificación: <b>01</b> VISTA EN PLANTA Y SECCION LONGITUDINAL	

Figura 17. Veta Andalucia 120 Nv 4050 (relleno hidráulico), U.M. Chungar

## 2.6 Definición de terminos básicos

- **Ambiente:** alrededores en las cuales la organización opera, incluyendo aire, agua, tierra, recursos naturales, flora, fauna, humanos y sus interrelaciones.
- **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° 016-93EM).
- **Densidad:** es la relación entre el peso (masa) de una sustancia y el volumen que ocupa (esa misma sustancia).
- **Desmorte:** material formado por las rocas sin valor económico que se extrae del laboreo de una mina.
- **Desmontera:** lugar del espacio superficial terrestre donde se colocan los residuos sólidos de desmorte provenientes de las labores de desarrollo en mina.
- **Galería:** túneles o excavaciones subterráneas, perforadas en diferentes niveles siguiendo las estructuras mineralizadas (vetas, cuerpos y mantos), cuando estas dejan las estructuras mineralizadas para unirse a otras galerías se denominan cruceros.
- **Impacto ambiental:** cualquier cambio al ambiente, ya sea adverso o benéfico, total o parcial, resultante desde las actividades, productos o servicios de una compañía (ISO 14001).
- **Mejoramiento continuo:** proceso de realzar el sistema de administración ambiental para lograr mejoramiento en el desempeño total ambiental, en línea con la política ambiental de la compañía.

- **Mineral:** elemento o combinación natural de estos que se encuentran dentro o como constituyente de las rocas en la corteza terrestre.
- **Objetivo ambiental:** metas ambientales totales que surgen de la política ambiental y que una organización establece por sí misma para lograrlo, y que son cuantificados cuando es práctico.
- **Operación minera:** conjunto de trabajos realizados en el arranque, extracción, tratamiento, transporte y comercialización de las sustancia económica materia de explotación, así como los servicios auxiliares prestados con esta finalidad.
- **Relave:** desecho que resulta del tratamiento de beneficio de los minerales, compuesto de ganga, roca, agua y reactivos químicos.
- **Relleno:** se define como material que sustituye al mineral arrancado o explotado en los métodos de explotación.
- **Relleno convencional:** llamado también relleno detrítico, cualquier material rocoso disgregado por el intemperismo, utilizado para rellenar las cavidades del subsuelo originadas por la extracción del mineral.
- **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.
- **Tajeo:** es el bloque insitu de donde se arranca el mineral para extraerlo y beneficiarlo.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Método y alcances de la investigación**

##### **3.1.1. Método de la investigación**

El método de la investigación es de grado correlacional, que autoriza perfeccionar la productividad en el método de relleno hidráulico. El sistema empleado es inductivo - deductivo, ya que parte de casos específicos a casos generales para luego explicarlos. Como consecuencia, se mejora de la productividad del sistema de relleno hidráulico.

##### **a) Método general**

El método utilizado en la investigación es el método inductivo – deductivo con la intención de observar, estudiar en profundidad las variables técnicas económicos e ingeniar criterios para ver los resultados que produce el relleno hidráulico. La evaluación de las especificaciones técnicas se utilizará para determinar como perfeccionar la productividad del sistema de relleno hidráulico.

##### **b) Métodos específicos**

Se detalla el desarrollo de recolección y procesamiento de datos, para definir el control de los KPI, enfocando el método general.

Se realizará el análisis de los datos obtenidos mediante la observación natural de las variables.

- **Recopilación de informes anteriores.** Para comprender el desarrollo de la actividad de relleno hidráulico en la unidad minera, se recolecta todos los datos del área de servicio de mina responsable del relleno hidráulico, aplicando los resultados de los informes de los meses anteriores.
- **Trabajo de campo.** Ejecutamos el trabajo de campo con los reconocimientos referentes del relleno hidráulico en los tajos, las demoras del bombeo y drenaje del agua.
- **Trabajo de gabinete.** Materializamos los estudios de la pulpa, desgaste de tubería y los factores influyentes en el bombeo de agua en la actividad de relleno hidráulico.

### **3.1.2. Alcances de la investigación**

De acuerdo a diferentes criterios de investigación, es considerada de tipo aplicada. La investigación ejerce la utilización y aplicación de los conocimientos adquiridos en el campo, así como las teorías que ya se han desarrollado en las investigaciones básicas, ya que de su utilización dependen los resultados y conclusiones que se obtendrán.

### **3.2. Diseño de la investigación**

El diseño de investigación es descriptivo porque se ocupa de recolectar, ordenar, analizar y presentar un conjunto de datos, con el fin de especificar apropiadamente las características de un estudio y las actividades del sistema de mejoramiento en el drenaje y bombeo de agua generada por el sistema de relleno hidráulico.

#### **3.2.1. Tipo de diseño de investigación**

La investigación es de diseño no experimental de sección descriptivo.

#### **3.2.2. Nivel de investigación**

El nivel de investigación es descriptivo.

### **3.3. Población y muestra**

#### **3.3.1. Población**

La población pertenece a Volcán Compañía Minera S. A. A. Perú de la unidad minera Chungar- Animón, donde se tienen labores que ya fueron explotadas en espera del relleno hidráulico para continuar con el siguiente corte.

#### **3.3.2. Muestra**

Se ejecuto un muestreo del flujo de relleno hidráulico que incorpora a los tajos de la unidad minera Chungar.

### **3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos**

Vigentemente, la investigación científica posee una variedad de técnicas de recolección de información que está relacionado al método y tipo de investigación a realizar.

#### **3.4.1. Técnicas utilizadas en la recolección de datos**

- ✓ Observación experimental
- ✓ Revisión bibliográfica
- ✓ Recopilación de datos en campo
- ✓ Manejo de *softwares*

#### **3.4.2. Instrumentos utilizados en la recolección de datos**

- ✓ Software para cálculos Microsoft Excel 2010
- ✓ Datos diarios actualizados
- ✓ Informes diarios de relleno hidráulico
- ✓ Estadísticas de desarrollo semala y mensual
- ✓ Planos generals de la CIA
- ✓ Bibliografía de Internet
- ✓ PC
- ✓ Tablas estadísticas
- ✓ Otros

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1 Resultados del tratamiento y análisis de la información**

Presentamos los resultados de la tesis de investigación mostrando el análisis del relleno hidráulico y mejora en la filtración de relleno hidráulico con el uso de las quenás en la unidad minera Chungar.

##### **4.1.1 Consideraciones generales**

La Empresa Administradora de Proyectos Mineros y Civiles S.R.Ltda. se ocupa a realizar los trabajos de relleno hidráulico en la mina Chungar, es decir los trabajos son experimentales, en semejanza, han sido orientados a evaluar el material de relleno hidráulico; de modo que, la evaluación de este material indica la perspectiva de la calidad y funcionamiento del mismo. Este idéntico material ha sido validado para estimar su comportamiento durante el drenaje mediante las instalaciones y recubrimiento de las quenás para un mejor control de finos.

La planta de relleno hidráulico en la unidad minera Chungar cuenta con dos silos de almacenamiento de 240 m<sup>3</sup> y 220 m<sup>3</sup> y un sistema de bombeo compuesto por tres líneas de bombeo que transportan el relleno hidráulico desde la planta hacia boca mina rampa Mirko donde descarga en un silo de almacenamiento de 400 m<sup>3</sup> para su posterior bombeo hacia interior mina.

El sistema se encuentra actualmente operativo pero con oportunidades de mejora (reparación de tramos de geomembrana y limpieza del canal de contingencia).

El relleno hidráulico inicia con la clasificación del relave que es suministrado por planta, en promedio 4800 TMD, está el abastecida a una batería de 5 hidrociclones D-15 cavex, el cual tiene un corte del 40 % en el *under flow* con una densidad de 2000 g/l, los hidrociclones trabajan con un vortex de 4 ½” y un ápex de 1 ¾”, el relave obtenido es depositado en 2 silos de 440 m<sup>3</sup> y 420 m<sup>3</sup>, posteriormente este es acondicionado en 2 agitadores de 11 m<sup>3</sup> en donde llega a tener una densidad de 1800 g/l , este es enviado por 3 líneas de bombeo compuesto por bombas *warman* 4 x 3.

El fino u *over flow* es derivada hacia el tanque de transferencia “A”, donde se mezcla con el agua de mina proveniente del tanque “C”, y luego se envía hacia el espesador Cono Profundo donde se toma la separación sólido-líquido, se obtiene un rebose agua limpia y en la descarga un relave en pasta que cumple con los requerimientos de disposición superficial.

La fracción gruesa o *under flow* es almacenada en los silos 1 y 2, y luego se descarga hacia 2 acondicionadores 8`x 8` donde se prepara la carga a la densidad adecuada (1800 gr/l), luego se bombea a través de tuberías llamadas líneas de bombeo 1, 2 y 3, hacia los silo 3 desde los cuales es enviada hacia interior de mina, como relleno hidráulico, mediante las líneas de bombeo 4, 5 y 6.



**Figura 18. Sistema de tuberías de relleno hidráulico en superficie, U.M. Chungar**

Como se muestra en la fotografía la línea roja representa el recorrido del sistema de tuberías de relleno hidráulico, que parte de planta relleno hidráulico y termina en el silo 3, hace un recorrido de 1800.320 metros.

El relave es enviado hacia el silo ubicado alado de la rampa Mirko mediante 1800 metros de tuberías HDP PN20; el silo de la rampa Mirko tiene una capacidad de 440 m<sup>3</sup>; posteriormente el relave será acondicionado en 2 agitadores hasta obtener una densidad de 1700 g/l para su envío hacia interior mina por 3 líneas de bombeo que consta de bombas Denver 5X4.

La tubería tiene un diámetro nominal de 4 pulgadas que equivale a 110 mm, tiene un espesor de paredes de 15.1 mm con una resistencia de 20 bar.

Actualmente, se realiza la medición de espesores de tuberías trimestralmente buscando prevenir desgastes que puedan causar una ruptura de esta, en donde desgastes mayores a 50 % ya se consideran como críticos para su reemplazo inmediato.

Actualmente, las tuberías de transporte de relleno hidráulico cuentan con un canal de contingencia en caso se presente alguna fuga. El cual evitara cualquier contacto de relave con suelo natural.

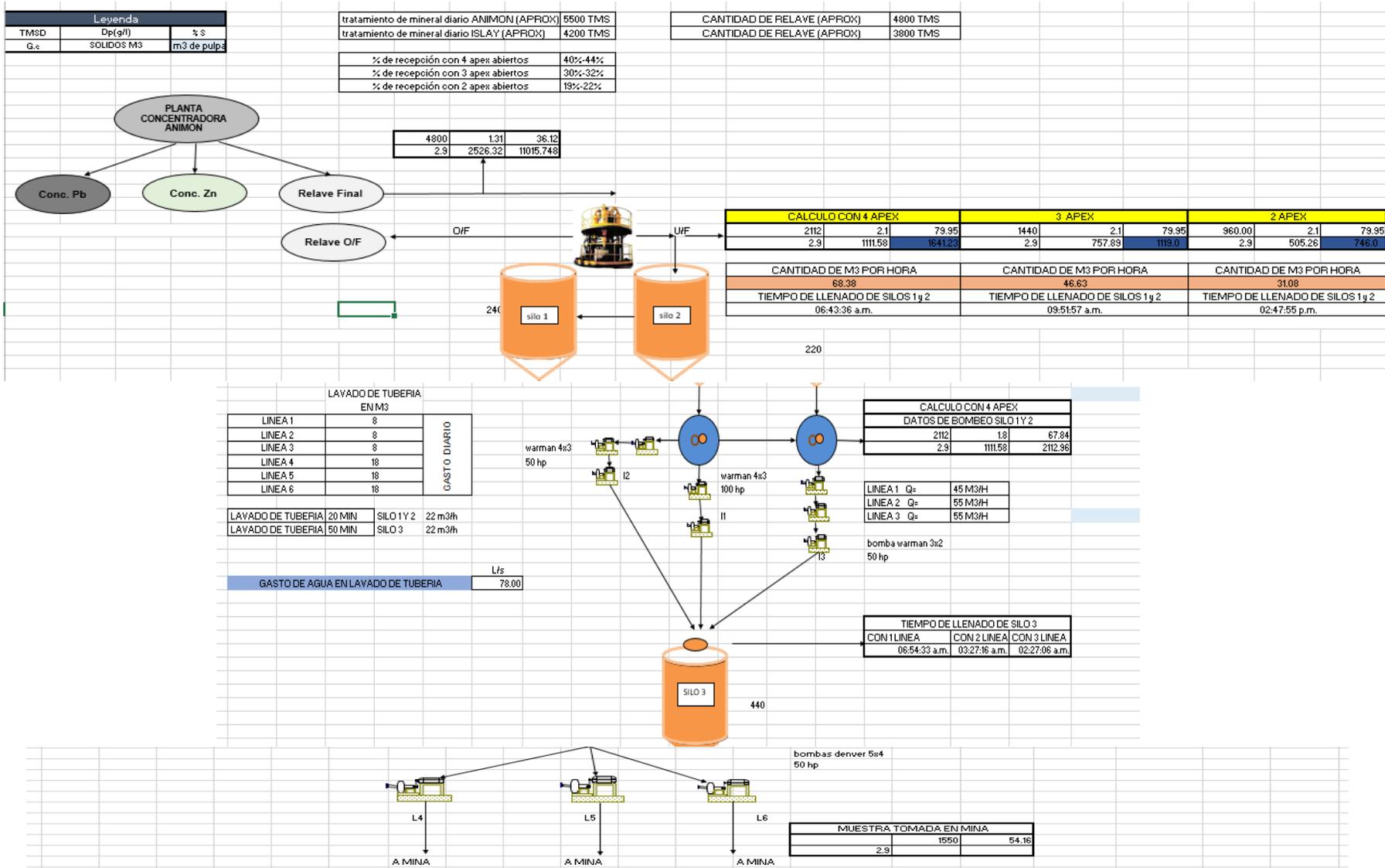


Figura 19. Cantidad de relave en relleno hidráulic

#### **a) Análisis e interpretación de resultados:**

La planta concentradora procesa entre 4,200 a 5,500 toneladas de mineral, generando productos de concentrado de Pb, Zn y Cu, el relave es enviado a la planta de relleno hidráulico Montenegro.

La planta de relleno hidráulico Montenegro almacena en los silos 1 y 2, de donde se envía el material de relleno hacia la zona Esperanza almacenando el material en el silos 3, para luego ser enviado con características óptimas hacia los distintos tajos de mina.

#### **4.1.2 Consideraciones del análisis granulométrico de la planta de relleno hidráulico**

El relleno hidráulico 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. El relleno hidráulico es más eficiente que el relleno neumático, el relleno hidroneumático y el recientemente introducido relleno en pasta, fue el que en muchos casos reemplazó al relleno detrítico o relleno sólido transportado en carros mineros o en camiones.

En el relleno hidráulico generalmente se trabaja con pulpas de grano medio y fino, el porcentaje de estos determinará las propiedades de percolación y bombeo. Una de las desventajas de este método es la cantidad de finos que pasa hacia las pozas de bombeo de cada tajo en relleno hidráulico.

Se realizó la comparación de resultados de dos muestras realizadas con fecha 25 de marzo del 2021 y mayo del 2021, el muestreo y el análisis granulométrico de la planta relleno hidráulico para saber la clasificación del relave disponible para este tipo de relleno y la eficiencia de los ciclones D-15 en el nido de hidrociclones.

##### **4.1.2.1 Caso práctico 1**

El muestreo se realizó en intervalos de 30 minutos durante 8 horas, como se observa.

**Tabla 14. Muestreo del 25 marzo 2021**

HORA	FEED	OVER	UNDER	PRESION
08:00	1315	1140	2000	18
08:30	1310	1140	2050	17
09:00	1310	1150	2000	17
09:30	1300	1150	1990	16
10:00	1300	1150	2000	18
10:30	1320	1140	2010	20
11:00	1320	1160	2040	20
13:30	1320	1160	2050	20
14:00	1300	1150	2000	20
14:30	1320	1140	2040	18
15:00	1330	1140	2020	18
15:30	1330	1150	2020	18
16:00	1320	1140	2000	18
PROMEDIO	1315	1147	2017	18

La toma de muestra se ejecuta en un tamizador (RO-TAP) donde cuenta con distintas mallas, así poder evaluar el análisis granulométrico.

- **Gravedad específica**

La gravedad específica es la relación entre el peso específico del sólido y el peso específico del agua.

FEED	OVER	UNDER
2.82	2.75	2.85
PORCENTAJE A SÓLIDOS		
FEED	OVER	UNDER
37.12	20.13	77.67

**Tabla 15. Análisis de masas, U.M. Chungar**

MALL A	MICRO N	MICRO N	ALIMENTO		OVER FLOW			UNDER FLOW			
			%		Passin	%		Passin	%		Passin
			Peso	Peso	g	Peso	Peso	g	Peso	Peso	g
20	841	850	5.03	0.99	99.01	0.52	0.07	99.93	12.15	1.28	98.72
45	354	417	42.15	8.28	90.73	1.67	0.22	99.71	187.56	19.74	78.98
70	210	356	72.89	14.32	76.41	4.05	0.53	99.18	296.58	31.21	47.77
100	149	252	58.56	11.51	64.90	14.85	1.94	97.24	167.57	17.63	30.14
140	105	178	46.43	9.12	55.77	38.92	5.09	92.16	109.55	11.53	18.61
200	74	126	45.57	8.95	46.82	88.42	11.55	80.61	85.75	9.02	9.59
-200		21	238.25	46.82	0.00	616.9	80.61	0.00	91.10	9.59	0.00
			508.88	100.00		765.33	100.00		950.26	100.00	

**Tabla 16. Corrección de datos, U.M. Chungar**

AJUSTE DE DATOS POR MULTIPLICADORES LAGRANGE									
$\alpha$	$\Delta i$ (Error)	$\lambda$	CORRECCIÓN DE DATOS						
$(F_i - U_i)(O_i - U_i)$	$(O_i - U_i)^2$	$F_i - (\alpha \times O_i) - (1 - \alpha)U_i$	$\Delta i / \varphi$	% Peso	% Feed	% Peso	O'Flo w	% Peso	U'Flo w
0.35	1.47	-0.34	0.23	0.76	99.24	0.19	99.81	1.39	98.61
243.48	429.74	0.91	0.60	9.12	90.12	-0.22	100.03	19.34	79.27
1472.00	2643.13	1.76	1.17	14.89	75.24	0.23	99.80	30.94	48.33
2332.46	4503.11	-0.32	0.21	10.12	65.11	2.66	97.13	18.29	30.04
2733.26	5409.34	-1.29	0.86	8.48	56.63	5.42	91.71	11.83	18.20
2644.15	5043.68	0.11	0.07	9.88	46.75	11.07	80.64	8.58	9.62
0.00	0.00	0.00	0.00	46.75	0.00	80.64	0.00	9.62	0.00
9425.70	18030.48								

- La técnica de los multiplicadores de Lagrange te permite encontrar el máximo o el mínimo de una función multivariable, cuando hay alguna restricción en los valores de entrada que puedes usar.
- Se realiza la corrección de datos con las siguientes formula para cada dato:

$$\alpha = \frac{(F_i - U_i)(O_i - U_i)}{(O_i - U_i)^2}$$

- ✓  $F_i$  = Passing alimento
- ✓  $U_i$  = Passing underflow
- ✓  $O_i$  = Passing overflow

$\alpha$	0.52
F	1.00
U	0.48
O	0.52
CC	0.91
$\varphi$	1.50

$$\Delta i(Error) = (F_i - (\alpha * O_i) - ((1 - \alpha) * U_i))$$

$$\lambda = \frac{\Delta i(Error)}{\varphi}$$

$$\varphi = (1 + (\alpha^2) + (1 - \alpha)^2)$$

✓ Corrección de datos:

➤ Feed (alimento)

$$Feed = F_i - \lambda$$

➤ Overflow

$$O'Flow = (O_i + (\alpha * \lambda))$$

➤ Under flow

$$U'Flow = (U_i - ((1 - \alpha) * \lambda))$$

**Tabla 17. Cálculo de la eficiencia, U.M Chungar**

PARA CÁLCULO DE EFICIENCIA			ALIMENTO CALCULADO		EFICIENCIA		D50	F'D 50	O'D 50	U'D 50	F 80
O'FLO W	U'FLO W	TOTAL	% Peso	Passing	O'FLOW	U'FL OW					
9.74	66.60	76.34	0.76	99.24	12.76	87.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-11.30	928.32	917.02	9.17	90.83	-1.23	101.23	0.00	0.00	0.00	0.00	241.49
12.17	1485.16	1497.33	14.97	85.03	0.81	99.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
138.52	878.14	1016.67	10.17	89.83	13.63	86.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
281.89	568.07	849.97	8.50	91.50	33.17	66.83	84.65	48.20	84.86	12.37	0.00
575.57	411.91	987.49	9.87	90.13	58.29	41.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4193.41	461.78	4655.19	46.55	53.45	90.08	9.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		10000.00	100.00				84.65	48.20	84.86	12.37	241.49

**Tabla 18. Análisis de la eficiencia y resultados del nido de hidrociclones D-15 en la planta de relleno hidráulico, U.M. Chungar**

EFICIENCIA DE HIDROCICLON			
O	84.86	O	15.14
F	48.20	F	51.80
U	12.37	U	87.63
	N1		0.86
	N2		0.87
	EFICIENCIA		74.45
	U		0.48
	O		0.52

**a) Análisis e Interpretación de resultados:**

- Se observa en la distribución de pesos, la muestra del *under flow* contiene un acumulado de 9.59 % de partículas de 54 micras, la cual es la fracción de partículas gruesas, mientras que el restante viene a ser la cantidad de partículas finas.
- La poca presencia de partículas finas genera demoras en el relleno hidráulico ya que la mayor cantidad de partículas gruesas ocasiona que el tiempo de percolación es mas rapido y genera el arenamiento de las tuberías.
- La cantidad de disposición de relave hacia mina (relleno hidráulico) se da por el corte que realiza el nido de hidrociclones, la cual según el análisis granulométrico nos da una relación de “U 0.48” y “O 0.52” esto nos indica que el corte que realiza el nido de hidrociclones es de 48 % (relleno hidráulico) y 52 % (rebose), con una eficiencia de clasificación de 74 % en los hidrociclones.
- El *overflow* va a un tratamiento para regular el PH; en el cono profundo floculantela carga se sienta y se deposita como pasta hacia la relavera.

**4.1.2.2 Caso práctico 2**

El muestreo se realizó en intervalos de 20 minutos durante 2 horas, como se observa.

**Tabla 19. Muestreo de mayo 2021**

HORAS DE MUESTREO		02:00 HORAS		
HORA	FEED	OVER	UNDER	PRESION
10:00	1320	1120	1820	10
10:20	1320	1140	1910	16
10:40	1310	1130	1950	18
11:00	1330	1160	1940	16
11:20	1320	1170	1930	16
11:40	1310	1130	1940	16
12:00	1330	1180	1970	18
PROMEDIO	1320	1147	1923	15.7

**Tabla 20. Análisis de masas, U.M. Chungar**

MALLA	MICRON	MICRON	ALIMENTO			OVER FLOW			UNDER FLOW		
			%		Passin	%		Passin	%		Passin
			Peso	Peso	g	Peso	Peso	g	Peso	Peso	g
20	841	850	1.98	0.34	99.66	0	0.00	100.00	7.12	0.59	99.41
45	354	417	93.99	16.06	83.61	12.9	2.89	97.11	271.53	22.36	77.06
70	210	356	76.68	13.10	70.51	8.06	1.80	95.31	324.16	26.69	50.37
100	149	252	55.11	9.41	61.09	9.13	2.04	93.27	210.67	17.35	33.02
140	105	178	53.48	9.14	51.96	35.48	7.94	85.33	166.68	13.72	19.30
200	74	126	47.37	8.09	43.87	60.11	13.45	71.88	92.47	7.61	11.69
-200		21	256.81	43.87	0.00	321.26	71.88	0.00	141.95	11.69	0.00
			585.42	100.00		446.94	100.00		1214.58	100.00	

**Tabla 21. Corrección de datos, U.m. Chungar**  
AJUSTE DE DATOS POR MULTIPLICADORES LAGRANGE

$\alpha$		$\Delta_i$ (Error)	$\lambda$	CORRECCIÓN DE DATOS						
$(F_i - U_i)(O_i - U_i)$	$(O_i - U_i)^2$	$F_i - (\alpha \times O_i) - (1 - \alpha)U_i$	$\Delta_i/\phi$	%	%	O'Flo	%	U'Flo		
				Peso	Feed	Peso	w	Peso	w	
0.15	0.34	-0.04	-0.02	0.31	99.69	0.01	99.99	0.60	99.40	
131.34	402.23	-3.20	-2.13	13.95	85.74	3.91	96.08	23.44	75.96	
905.10	2019.74	-1.70	-1.14	14.10	71.64	1.32	94.76	26.18	49.79	
1691.09	3629.31	-1.21	-0.81	9.74	61.90	1.88	92.88	17.18	32.61	
2156.41	4359.78	0.57	0.38	10.32	51.58	7.36	85.51	13.11	19.49	
1937.03	3623.16	2.93	1.95	9.66	41.92	12.69	72.83	6.81	12.69	
0.00	0.00	0.00	0.00	41.92	0.00	72.83	0.00	12.69	0.00	
<b>6821.12</b>	<b>14034.57</b>									

**Tabla 22. Cálculo de la eficiencia, U.M. Chungar**

PARA CÁLCULO DE EFICIENCIA			ALIMENTO CALCULADO		EFICIE NCIA		D50	F'D	O'D	U'D	F	O/F	U/F
O'FLO	U'FLO	TOTA	%	Passin	O'FLO	U'FL		50	50	50	80	80	80
W	W	L	Peso	g	W	OW							
0.59	30.54	31.13	0.31	99.69	1.88	98.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	402.05
191.62	1195.39	1387.01	13.87	86.13	13.82	86.18	0.00	0.00	0.00	0.00	309.2	0.00	0.00
64.62	1335.01	1399.63	14.00	86.00	4.62	95.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		968.2											
92.25	875.97	2	9.68	90.32	9.53	90.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
360.79	668.85	1029.64	10.30	89.70	35.04	64.96	90.02	45.57	79.13	15.48	0.00	92.06	0.00
621.58	347.08	968.67	9.69	90.31	64.17	35.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3568.55	647.16	4215.70	42.16	57.84	84.65	15.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		10000.00	100.00				90.02	45.57	79.13	15.48	309.25	92.06	402.05

**Tabla 23. Análisis de la eficiencia y resultados del nido de hidrociclones D-15 en la planta de relleno hidráulico, U.M. Chungar**

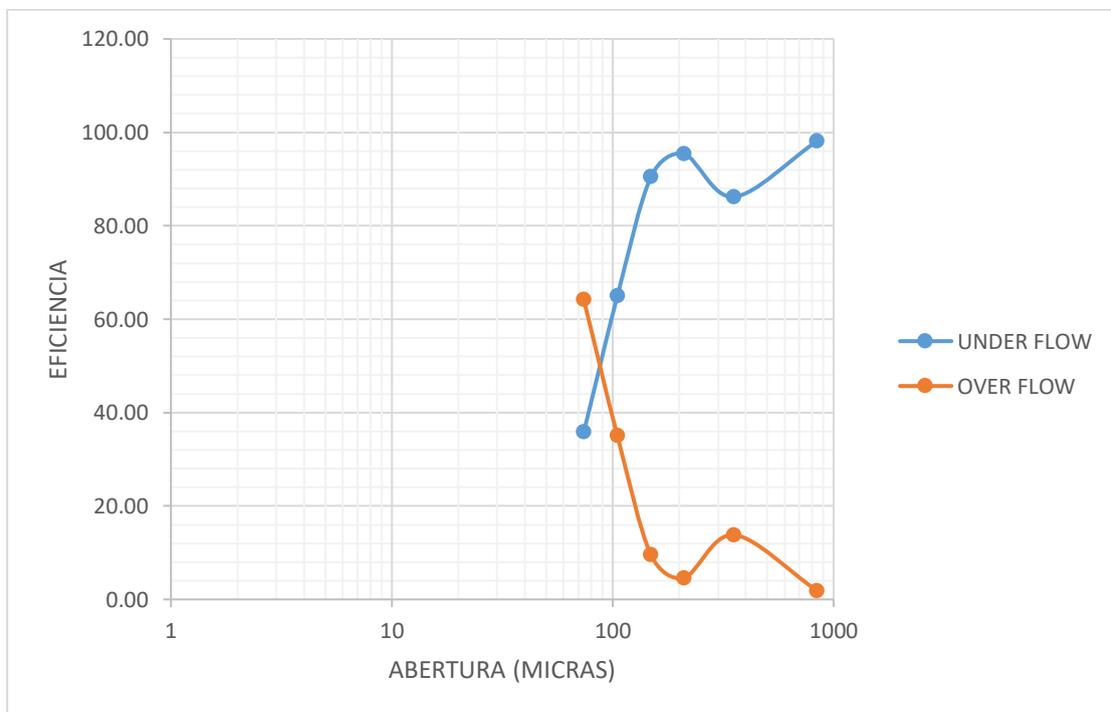
EFICIENCIA DE HIDROCICLON			
O	79.13	O	20.87
F	45.57	F	54.43
U	15.48	U	84.52

N1	0.82
N2	0.82
EFICIENCIA	67.21

Densidad F/F	1320
Densidad O/F	1147
Densidad U/F	1923
Presión	15.7

Tonelaje	
planta	4800
Carga a Over	49.00
Carga a Under	51.00

$\alpha$	0.49
F	1.00
U	0.51
O	0.49
CC	1.06
$\varphi$	1.50



**Figura 20. Tabla Tromp**

#### **a) Análisis e interpretación de resultados:**

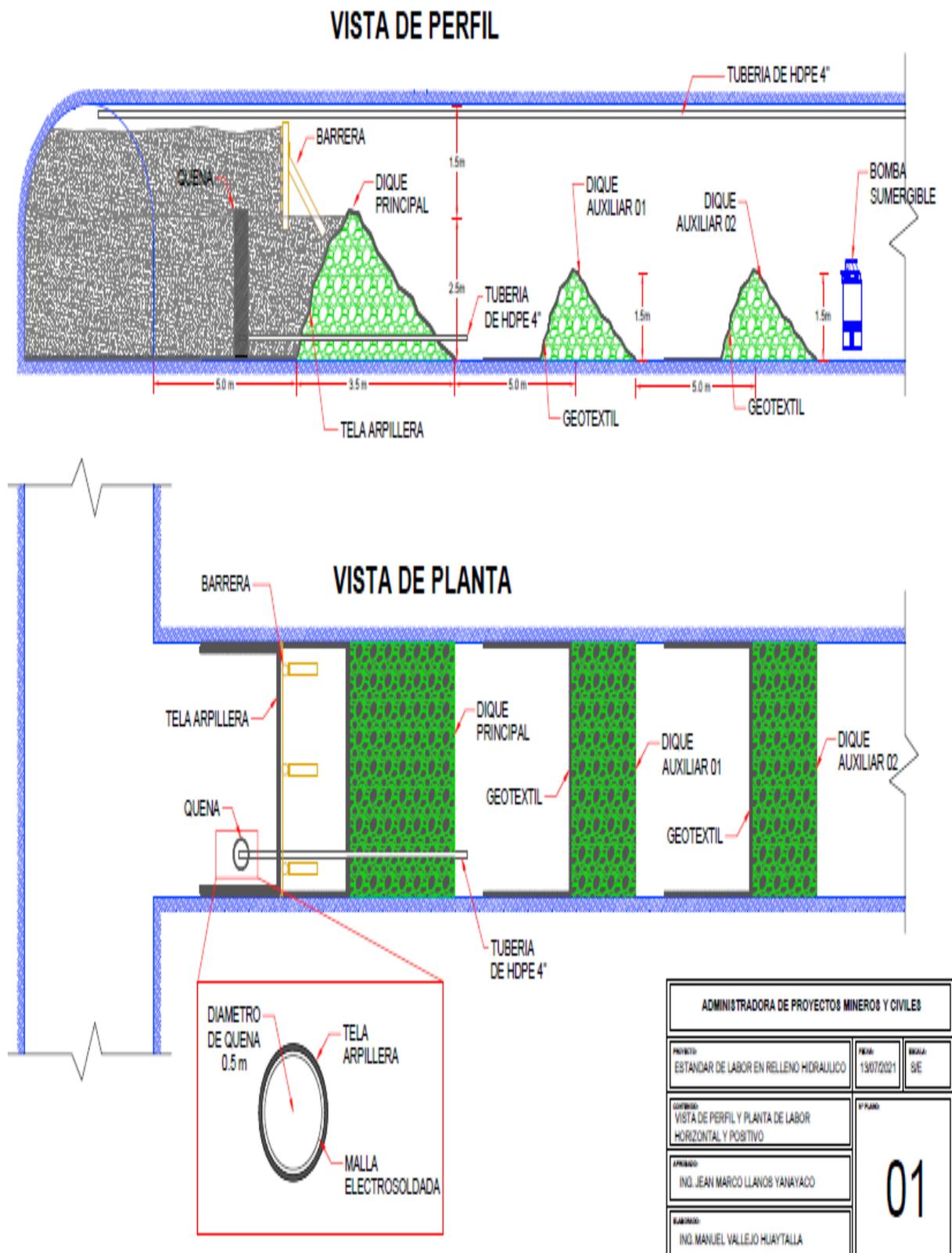
- Se observa en la distribución de pesos, la muestra del *under flow* contiene un acumulado de 11.69 % de partículas de 54 micras, la cual es la fracción de partículas finas, mientras que el restante viene a ser la cantidad de partículas gruesas.
- El rango de *Passing* del *underflow* es de 10 % a 15 % lo cual es lo óptimo para evitar el exceso de partículas finas.
- La cantidad de disposición de relave hacia mina (relleno hidráulico) se da por el corte que realiza el nido de hidrociclones que según el análisis granulométrico no da una relación de “U 0.51” y “O 0.49” esto nos indica que el corte que realiza el nido de hidrociclones es de 51 % (relleno hidráulico) y 49 % (rebose), con una eficiencia de clasificación de 67 % en los hidrociclones.
- La tabla de Tromp nos permite evaluar la concentración en un sistema de clasificación. Como se observa en Ilustración 19 es de 74 micras, lo óptimo para evitar el exceso de partículas finas y aprovechar la mayoría de partículas gruesas.
- La corrección de datos Lagrange corrige los datos enviados a campo y los resultados no supera el 5 % de error lo cual nos indica que el muestreo se realizó correctamente.
- La bomba *warman* 4 x 3 el porcentaje de sólidos que trabaja es el 60 %, si se obtiene una densidad del 75 % se deberá bajar la densidad aumentando el agua para el ingreso a interior mina.

#### **4.1.3 Consideraciones operacionales del relleno hidráulico**

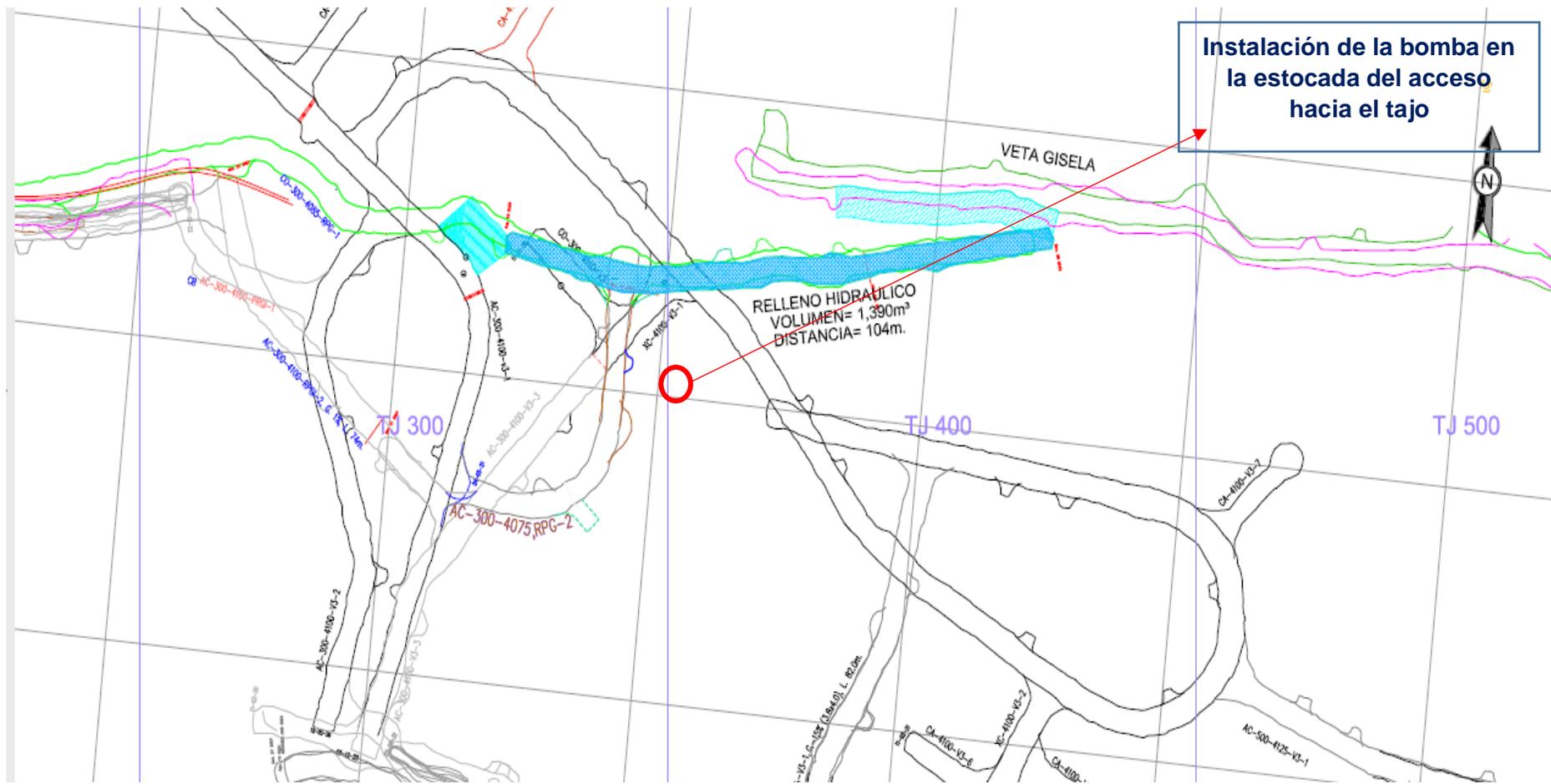
##### **4.1.3.1 Proceso de relleno hidráulico en tajeos:**

Los tajos explotados son entregados libre en su totalidad dada la importancia de ingresar relleno hidráulico a interior mina. Luego de entregar el tajo se procederá a instalar y recubrir la quena para el drenaje y realizar un dique principal y dos auxiliares con desmonte, para luego instalar las tuberías de PVC de 4” de diámetro, los tajos se

rellenan hasta una altura de 3.5 m dejando 0.5 m de luz como cara libre para un nuevo corte.



**Figura 21. Proceso de llenado de relleno hidráulico en los tajos**



Instalación de la bomba en la estocada del acceso hacia el tajó

<b>PLANO DE PROYECTOS</b> Escala: 1:1000    Fecha: Feb-22    Actualización: Feb-22    Formato: A3				<b>OPERACION MINA:</b> ING. J. BALDERRA L. JEFE PLANEAMIENTO ING. DISEÑADO: PLANEAMIENTO		<b>SERENTE DE OPERACIONES:</b> ING. EL APANZA C. SUPERINTENDENTE SUBC. ING. J. GONZALEZ C. SUPERINTENDENTE SALP. ING. C. RODRIGUEZ		<b>Plan No:</b> GIS. 08-06 <b>Proyecto No:</b> C-4100-01 <b>Escala:</b> E.E. AESA <b>Version:</b> 01		<b>CHUNGAR</b> COMPAÑIA MINERA CHUNGAR S.A.C. DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y PLANEAMIENTO MINA UNION	
<b>GEOLOGIA:</b> ING. A. MASEDO C. <b>GEOMECANICA:</b> ING. C. VECERRAN <b>A. AMBIENTALES:</b> ING. L. COLQUIHUANCA L.								<b>VETA - RAMAL PISO GISELA</b> <b>RELLENO HIDRAULICO - NIVEL 4100</b> <b>VISTA EN PLANTA Y SECCION LONGITUDINAL</b>			

Figura 22. Veta Ramal Piso Gisela Nv 4100, U. M. Chungar



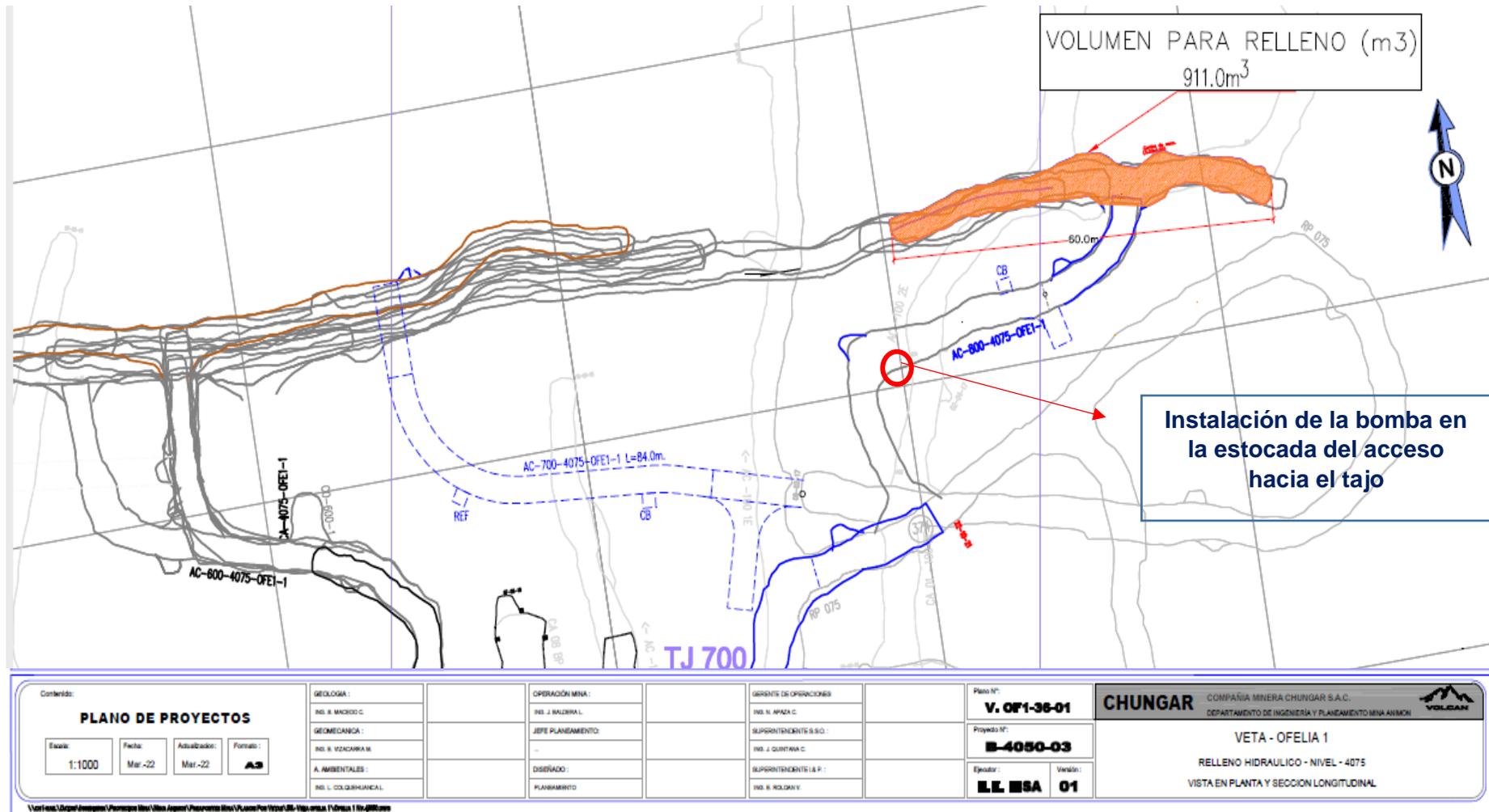


Figura 24. Veta Ofelia I Nv 075, U. M. Chungar



**Figura 25. Incorrecta disposición y recubrimiento de la quena para el control de finos**



**Figura 26. Labor inundada en relleno hidráulico**

- **Disposición de la quena en los tajos de relleno hidráulico**

- ✓ Se realizara la disposición de las quenass para el control de drenaje de finos de forma estandar en todos los tajos de relleno hidráulico.
- ✓ Se debera colocar de forma estrategica para su efectividad en cada tajo.
- ✓ Se debera realizar la instalación de la tubería de drenaje de forma correcta.
- ✓ La quena debe contar con la estructura interna en buenas condiciones.
- ✓ El colocado de la tuberia de debera realizar en la quena con una gradiente aproximadamente mayor a 20° para la caida libre de agua y evitar que los finos se acumulen en el tramo de la tubería.

- **Causas de la Inoperatividad de la quena:**

- ✓ Incorrecta o inconclusa la estructura interna de la quena
- ✓ Inadecuada instalación dentro del tajo
- ✓ Mala instalación de la tuberia de 4" usado como drenaje

- **Consecuencias**

- ✓ Tubería de drenaje no cuenta con una pendiente de flujo de entrada del relleno; ocasionando la inoperatividad por acumulación de finos en todo el tramo.
- ✓ Inundación del tajo exponiendo al personal al ingreso del tajo haciendo uso del bote.
- ✓ Mayor filtración de finos por encima de los diques principales y auxiliaries.
- ✓ Bombas inoperativas por el exceso de finos en la estocada.



***Figura 27. Incorrecta estructura de la quena (solo malla electrosoldada)***



**Figura 28. Filtración de finos entre los diques auxiliares**



**Figura 29. Acumulación de finos en la ubicación de la bomba**



*Figura 30. Uso del bote para el ingreso a tajos inundados*

- **Uso de tela arpillera en el recubrimiento de la quena**
  - ✓ La tela arpillera es un tejido que comúnmente se conoce con el nombre de tejido de saco o tela de saco porque antiguamente los sacos en donde iban las frutas y verduras para su comercialización estaban fabricados de este material.
  - ✓ Son mallas para proporcionar sombra uniforme en distintos porcentajes, reduce la radiación solar, controla el paso del aire (rompevientos), mejora el control de finos provenientes del relleno hidráulico.
  - ✓ Su correcta instalación y recubrimiento mejora la eficacia del uso de las quenenas en los tajos de relleno hidráulico.
  - ✓ Realiza un buen control para el funcionamiento de la quena.



**Figura 31. Instalación de la quena usando la tela arpillera como recubrimiento**

### **a) Análisis e interpretación de resultados**

- El relleno detrítico solo debe ser para la instalación de los diques, ya que generaría inundación en los tajos de relleno hidráulico para que el personal pudiera ingresar a inspeccionar la punta.
- Se debe realizar la instalación de la tubería polietileno de 4" en las chapas de los pernos de sostenimiento a 10 metros aproximado del dique principal para el correcto empalmado con la tubería PVC.
- Se instala en todo el tramo del tajo la tubería Pvc de 4" de diametro; dicha tubería sera instalada sujetando con tela arpillera en la chapa de los pernos cada 2 metros aproximadamente para evitar el desacople de estas, sino ubieran la chapa de los pernos para asegurar la tubería se colocará cachacos (tubería PVC como apoyo) para evitar catenaria y tramos libres; se usara el pegamento para PVC para mayor seguridad.
- Si no se cuenta con una bomba instalada cerca al tajo se realizará la instalación de una línea de tubería de polietileno de 4" y una Bomba de 50 Hp en una estocada cerca al tajo dirigida hacia una poza de bombeo cercana.
- En las labores horizontales a positivas se deberá reforzar el dique principal a una altura de 2.5 metros a 10 metros de la intersección aproximadamente, se deberá colocar la quena para control de finos colocando una tubería de 4" y está quena debe ser cubierto con tela arpillera para poder captar el mayor control de finos.
- Las quenass se deberá realizar con una estructura interna y malla electrosoldada en forma circular de 50 cm de diámetro forrado con tela arpillera, lo misma se empalmará a la tubería previamente instalada en el dique principal.
- Culminada la instalación se debe realizar el pedido de agua al operador del silo 3 por un promedio de 10 min para asegurar la instalación de la línea de relleno hidráulico y la instalación de la tubería PVC.

- Una vez que llegue el agua al tajo se realizará el pedido de relleno hidráulico al operador del silo 3.
- En el relleno hidráulico se deberá realizar el correcto control de finos por la quena y evitar la inundación de los tajos e inoperatividad de las bombas.
- Culminado el relleno hidráulico; sobre el dique principal se procederá a realizar la instalación de la barrera cumpliendo con el estandar y el correcto control de finos de relleno hidráulico sobre la barrera.
- El agua producto del relleno hidráulico se bombeará a la poza de bombeo mas cercana.

#### 4.1.3.2 Consideraciones de producción de relleno hidráulico

La producción de relleno hidráulico en el periodo julio 2020 a diciembre del 2020 entre lo programado y ejecutado el porcentaje del cumplimiento supera el 90 %, porcentaje mayor al aporte de relleno hidráulico del periodo de enero a setiembre del 2021, por problemas de las bombas y arenamiento de las líneas de relleno hidráulico.

**Tabla 24. Producción de relleno hidráulico julio-diciembre 2020, U. M. Chungar**

Año	Mes	Total relave (t)	m <sup>3</sup> programados	m <sup>3</sup> ejecutados	% de recepción	% de cumplimiento	Meta
2020	JUL - 20	108150 t	22768 m <sup>3</sup>	20844 m <sup>3</sup>	37 %	92 %	40 %
	AGO - 20	116226 t	24469 m <sup>3</sup>	22470 m <sup>3</sup>	37 %	92 %	40 %
	SET - 20	112960 t	23781 m <sup>3</sup>	21297 m <sup>3</sup>	36 %	90 %	40 %
	OCT - 20	114770 t	24162 m <sup>3</sup>	23778 m <sup>3</sup>	39 %	98 %	40 %
	NOV - 20	119076 t	25069 m <sup>3</sup>	23020 m <sup>3</sup>	37 %	92 %	40 %
	DIC - 20	106668 t	22456 m <sup>3</sup>	16811 m <sup>3</sup>	30 %	75 %	40 %

## HISTORICO RELLENO HIDRAULICO

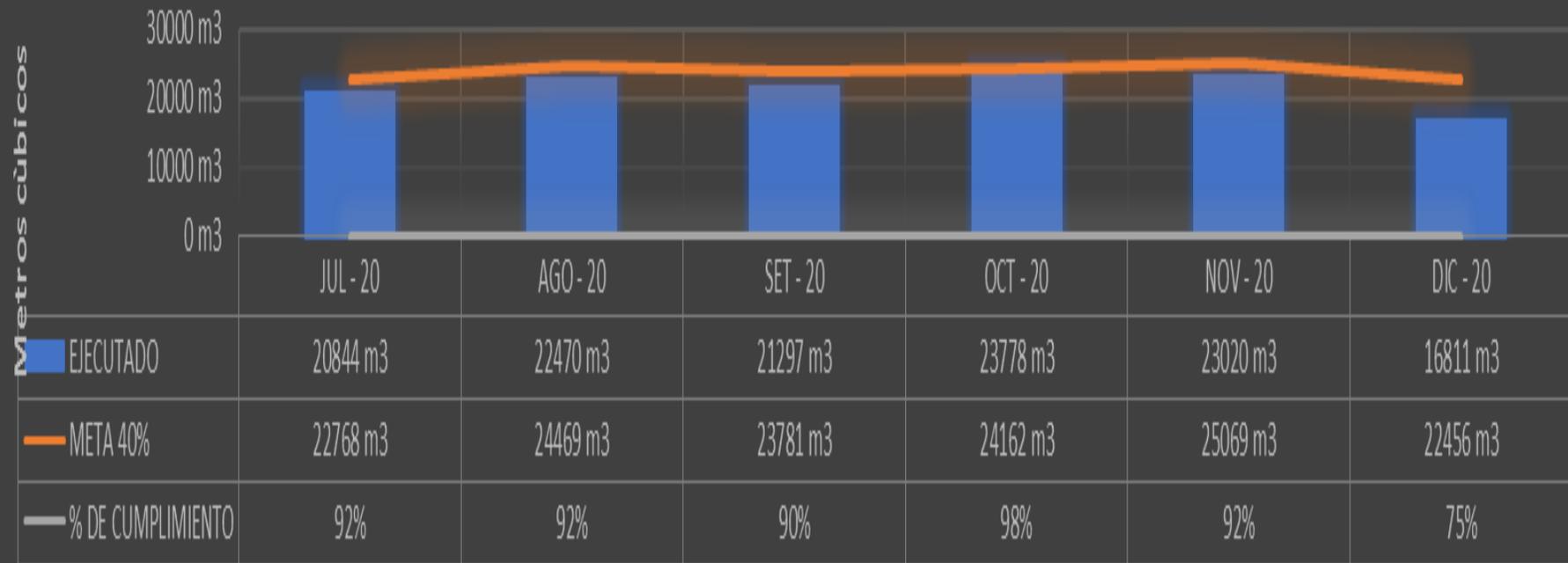
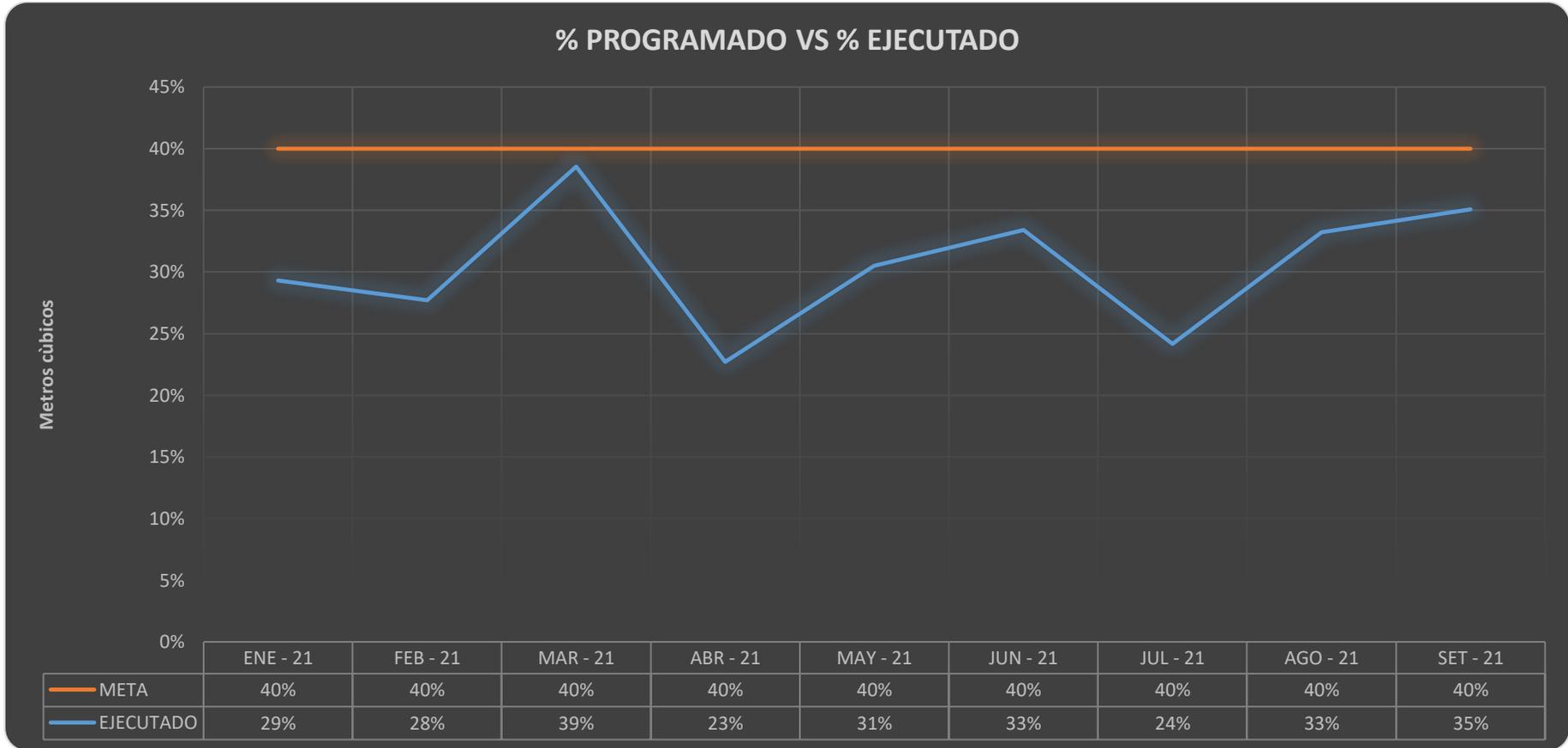


Figura 32. Esquema del proceso productivo, U. M. Chungar



**Figura 33. Programado frente a ejecutado, U. M. Chungar**

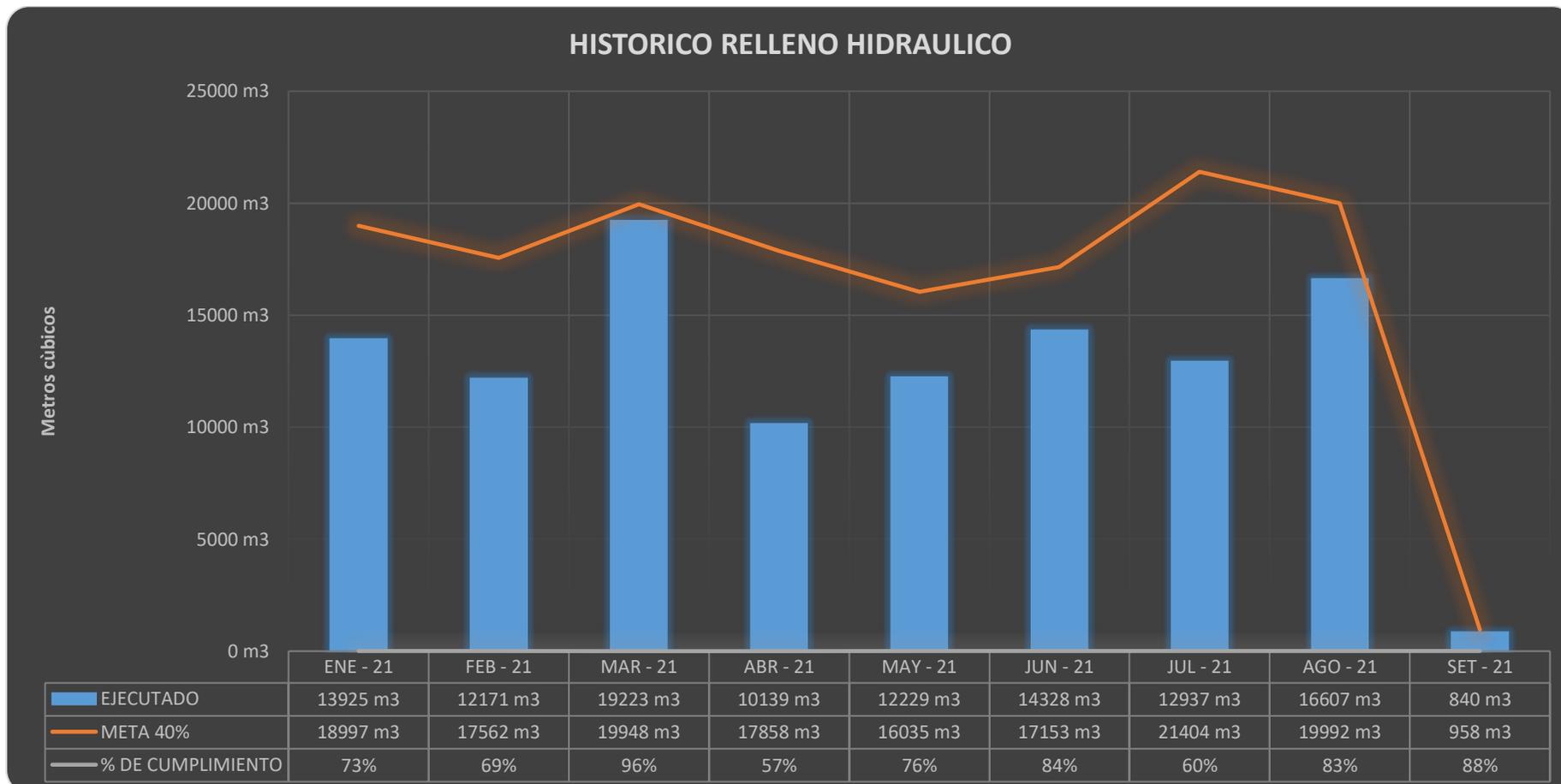
**Tabla 25. Producción de relleno hidráulico enero-setiembre 2021, U. M. Chungar**

Año	Mes	Total relave (t)	m <sup>3</sup> programados	m <sup>3</sup> ejecutados	% de recepcion	% de cumplimiento	Meta
2021	ENE - 21	90235 t	18997 m <sup>3</sup>	13925 m <sup>3</sup>	29 %	73 %	40 %
	FEB - 21	83419 t	17562 m <sup>3</sup>	12171 m <sup>3</sup>	28 %	69 %	40 %
	MAR - 21	94751 t	19948 m <sup>3</sup>	19223 m <sup>3</sup>	39 %	96 %	40 %
	ABR - 21	84827 t	17858 m <sup>3</sup>	10139 m <sup>3</sup>	23 %	57 %	40 %
	MAY - 21	76167 t	16035 m <sup>3</sup>	12229 m <sup>3</sup>	31 %	76 %	40 %
	JUN - 21	81476 t	17153 m <sup>3</sup>	14328 m <sup>3</sup>	33 %	84 %	40 %
	JUL - 21	101668 t	21404 m <sup>3</sup>	12937 m <sup>3</sup>	24 %	60 %	40 %
	AGO - 21	94962 t	19992 m <sup>3</sup>	16607 m <sup>3</sup>	33 %	83 %	40 %
	SET - 21	4550 t	958 m <sup>3</sup>	840 m <sup>3</sup>	35 %	88 %	40 %

**Tabla 26. Abril 2021 - total de relleno y total de recepcionado, U. M. Chungar**

Fecha	Total relleno	Stock	Total recepcionado
03-abr	0 m <sup>3</sup>	0 m <sup>3</sup>	0 m <sup>3</sup>
04-abr	682 m <sup>3</sup>	480 m <sup>3</sup>	995 m <sup>3</sup>
05-abr	710 m <sup>3</sup>	360 m <sup>3</sup>	590 m <sup>3</sup>
06-abr	465 m <sup>3</sup>	380 m <sup>3</sup>	391 m <sup>3</sup>
07-abr	396 m <sup>3</sup>	170 m <sup>3</sup>	252 m <sup>3</sup>
08-abr	583 m <sup>3</sup>	340 m <sup>3</sup>	502 m <sup>3</sup>
09-abr	660 m <sup>3</sup>	310 m <sup>3</sup>	696 m <sup>3</sup>
10-abr	627 m <sup>3</sup>	150 m <sup>3</sup>	0 m <sup>3</sup>
11-abr	462 m <sup>3</sup>	420 m <sup>3</sup>	0 m <sup>3</sup>
12-abr	444 m <sup>3</sup>	430 m <sup>3</sup>	0 m <sup>3</sup>
13-abr	320 m <sup>3</sup>	90 m <sup>3</sup>	0 m <sup>3</sup>
14-abr	320 m <sup>3</sup>	0 m <sup>3</sup>	0 m <sup>3</sup>
15-abr	0 m <sup>3</sup>	0 m <sup>3</sup>	0 m <sup>3</sup>
16-abr	627 m <sup>3</sup>	450 m <sup>3</sup>	601 m <sup>3</sup>
17-abr	678 m <sup>3</sup>	450 m <sup>3</sup>	477 m <sup>3</sup>
18-abr	594 m <sup>3</sup>	280 m <sup>3</sup>	578 m <sup>3</sup>

19-abr	583 m <sup>3</sup>	330 m <sup>3</sup>	358 m <sup>3</sup>
20-abr	855 m <sup>3</sup>	310 m <sup>3</sup>	850 m <sup>3</sup>
21-abr	568 m <sup>3</sup>	580 m <sup>3</sup>	932 m <sup>3</sup>
22-abr	538 m <sup>3</sup>	40 m <sup>3</sup>	0 m <sup>3</sup>
23-abr	172 m <sup>3</sup>	230 m <sup>3</sup>	379 m <sup>3</sup>
24-abr	656 m <sup>3</sup>	130 m <sup>3</sup>	417 m <sup>3</sup>
25-abr	447 m <sup>3</sup>	320 m <sup>3</sup>	520 m <sup>3</sup>
26-abr	524 m <sup>3</sup>	510 m <sup>3</sup>	220 m <sup>3</sup>
27-abr	579 m <sup>3</sup>	430 m <sup>3</sup>	386 m <sup>3</sup>
28-abr	410 m <sup>3</sup>	200 m <sup>3</sup>	0 m <sup>3</sup>



**Figura 34. Esquema del proceso productivo, U. M. Chungar**



**Figura 35. % programado vs % ejecutado, U. M. Chungar**

### **a) Análisis e interpretación de resultados**

- El rendimiento del relleno hidráulico ejecutado en el periodo julio a diciembre del 2020 fue óptimo con un cumplimiento del 90 % entre lo programado y ejecutado.
  
- El aporte de relleno hidráulico en el periodo enero a setiembre 2021 porcentaje fue bajo con un cumplimiento del 76 %.
  
- Las causas de deficit de relleno hidraúlico ingresado a interior mina fueron:
  - ✓ Poco área para el lanzado de relleno hidráulico.
  - ✓ Existiendo fallas en las pozas de bombeo por la filtración excesiva de finos.
  - ✓ Teniendo demoras en la instalación y cambio de línea en las troncales.
  - ✓ Demora en la instalación de los diques con relleno detrítico por parte de compañía.

## CONCLUSIONES

- La disposición y recubrimiento de las quenas en el relleno hidráulico produce ventajas para la reducción de costos, desarrollando mayor productividad y seguridad operacional.
- En el desarrollo de la disposición y recubrimiento de las quenas en el relleno hidráulico se aprovechar un 50 % del relave, generado así los avances de la mina, normalizando una vida útil de la relavera actual, reduciendo el impacto ambiental y extendiendo la rentabilidad del proyecto.
- Con el trabajo realizado en la disposición y recubrimiento de las quenas en el relleno hidráulico, el rendimiento se reduce por el tiempo de entrega de los tajos para continuar el siguiente corte.
- Se llevo a cabo un plan de trabajo para implementar las quenas en todos los tajos; estandarizando el recubrimiento y disposición de las quenas en el relleno hidráulico.
- Los análisis granulométricos determinaron que se tiene: D15 el corte de nido de hidrociclones es de 54 % de relleno hidráulico y 46 % de rebose, con una eficiencia de clasificación del 62 %.
- La relación obtenida entre la eficiencia y el tamaño de partículas dando como equilibrio de 74 micras, lo óptimo para evitar el exceso de partículas finas y aprovechar la mayoría de partículas gruesas
- La gravedad específica de la mezcla de agregados es de 2.90 con una densidad aparente de 1.908 t/m<sup>3</sup>.
- Para un tratamiento diario de mineral de 5500 TMS, la producción de relleno debería ser de 36.1 % de sólidos; luego de realizar las pruebas en tajos se calculó un ingreso de sólidos de 54.16 % lo que hace posible incrementar la producción.

- El consumo de agua para la planta de relleno hidráulico será de 78 l/s. De los cuales se utilizarán para el transporte de los sólidos y 2 m<sup>3</sup>/h para el lavado de tuberías del silo 1, 2 y 3.

## RECOMENDACIONES

- Los resultados del análisis técnico de aplicación del relleno hidráulico son favorables, se recomienda la disposición y recubrimiento de las quenas en los tajos; para un mayor control de finos.
- Se implementará un nuevo diseño para el recubrimiento interno de las quenas teniendo un mejor desarrollo del relleno hidráulico.
- Para continuar el ciclo de minado en los tajos se debe considerar dejar habilitados los tajos para ingresar con relleno hidráulico, mejorando así el tiempo de entrega de las labores.
- Considerar la posibilidad de volver a reutilizar el agua que ingresa con el relleno, formando un circuito cerrado de agua.
- Siempre se debe rellenar todos los espacios vacíos posibles dejados en los niveles, con la finalidad de mejorar las condiciones de estabilidad del macizo rocoso.
- El relleno detrítico solo debe ser para la instalación de los diques, ya que generaría una condición insegura hacia el personal que ingresa al tajo a inspeccionar la punta constantemente.
- Durante el relleno hidráulico se deberá realizar el correcto control de finos por la quena y evitar la inundación de los tajos e inoperatividad de las bombas.
- Culminado el relleno hidráulico, sobre el dique principal, se procederá a realizar la instalación de la barrera cumpliendo con el estandar y el correcto control de finos de relleno hidráulico sobre la barrera.

- En el momento de instalar la tubería de drenaje de la quena, se debe realizar el control constante hacia los operadores de carguio y transporte (Las maquinas realizan daños a la tubería de drenaje).
- Para el uso de la bomba *warman* 4 x 3, el porcentaje de sólidos que trabaja debe ser con una eficiencia del 60 %, si se obtiene una eficiencia del 75 % se deberá bajar la densidad aumentando el agua para el ingreso a interior mina.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CABEZAS, Percy. Aplicación de relleno hidráulico para acelerar el ciclo de minado en la veta principal-Nv 310 - Empresa Administradora Chungar S.A.C. (EACH) unidad minera Animón. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Pasco-Perú: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2016, 120 pp.
2. HUAMÁN, Lázaro. Aplicación de relleno hidráulico en la mina Jimena de Compañía Minera Poderosa S. A. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Lima - Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2007, 129 pp.
3. ROBLES, Diego. Análisis del sistema de relleno hidráulico para el método de explotación sublevel stoping en la compañía Minera Argentum S.A. - unidad minera Manuelita, 2020. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo - Perú: Universidad Continental, 2021, 100 pp.
4. RIVERA, Diego. Optimización del sistema de relleno hidráulico RDC para el método de explotación cámaras y pilares corte y relleno (DRIFT AND FILL) ascendente en la mina el Roble ubicada en el municipio el Carmen de Atrato del departamento de Chocó, Colombia. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Colombia: Universidad Pedagógica y Tecnológica, 2017, 77 pp.
5. GUTIERREZ, Christian. Estudio para el empleo de relaves del proceso minero en mina San Rafael como rellenos cementantes y fluidos utilizando adiciones minerales. Arequipa: Universidad Nacional de Arequipa, 2018, 131 pp.
6. INGA, Alexander. Aplicación de relleno hidráulico total para acelerar el ciclo de minado en la unidad minera Cobriza. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2020, 122 pp.

## **ANEXOS**

## Anexo A

### Matriz de operacionalización de variables

Tabla 27. Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definiciones	Definición operacional		
		Dimensiones	Subdimensión	Indicadores
VI Mejorar la productividad	Precipitar el ciclo de minado, mayor recuperación de mineral, menor pérdida de finos, estabilidad permanente de las labores explotadas y reducir el consumo de recursos como elementos de sostenimiento.	Incrementar la eficacia en el ciclo de minado.	• Operaciones competentes	• Rentabilidad de producción. • Culminación en el avance de los tajos.
VD Buen control de finos de relave y drenaje	Relleno hidráulico enviado por la tubería de 4" en forma de pulpa con la finalidad de mejorar el buen control de los finos de relave y el drenaje cada vez que se realiza el lanzamiento de relleno hidráulico en las labores de explotación.	Material transportado en forma de pulpa hacia los tajos en avance	• Excedente filtración de la pulpa • Demoras en el llenado de los tajos	• Analisis granulometrico. • Velocidad de percolación.

**Tabla 28. Matriz de consistencia**

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables
<p><b>Problema general</b></p> <p>¿Cómo mejorar con la disposición y recubrimiento de las quenas el control de los finos de relleno hidráulico, en la CIA minera Chungar- Animón 2022?</p>	<p><b>Objetivo general</b></p> <p>Mejorar el control de drenaje y finos en todas las labores de relleno hidráulico y alargar la vida útil de las bombas sumergibles y estacionarias.</p>	<p><b>Hipótesis general</b></p> <p>Mejorar la productividad en el sistema de relleno hidráulico, en la CIA minera Chungar- Animón.</p>	<p><b>VI:</b> Mejora de la productividad.</p> <p><b>VD:</b> Buen Control de finos de relave y drenaje.</p>
<p><b>Problemas específicos</b></p> <p>¿De que manera influye la granulometría al momento de ser llenado los tajos para el funcionamiento de las quenas en el control de los finos de relleno hidráulico, en la CIA minera Chungar- Animón 2022?</p>	<p><b>Objetivos específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Demostrar la posibilidad del control de finos provenientes de labores de relleno hidráulico, incrementar vida útil de las bombas en la unidad, conservar las vías en buen estado para el transporte y traslado de equipos.</li> <li>• Demostrar que es posible direccionar y disponer el programa diario por guardia de materiales adecuados para ser utilizados como relleno hidráulico.</li> <li>• Demostrar la factibilidad técnica de la aplicación de relleno hidráulico en la explotación y la influencia de cantidad de partículas finas enviadas a interior mina.</li> </ul>	<p><b>Hipótesis específicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejorar el buen control de los finos de relave y el drenaje cada vez que se realiza el lanzamiento de relleno hidráulico en las labores de explotación, en la CIA minera Chungar- Animón.</li> <li>• Mejora el ciclo de minado, mayor recuperación de mineral, menor pérdida de finos, en la CIA minera Chungar- Animón.</li> </ul>	<p><b>VI:</b> Mejora de la productividad.</p> <p><b>VD:</b> Disposición de la quena en los tajos de RH.</p> <p><b>VI:</b> Mejora de la productividad.</p> <p><b>VD:</b> Recubrimiento de las quenas para el control de finos.</p>
<p>¿De que manera influye la ubicación de las quenas dentro de los tajos al ser llenados para mejorar el control de los finos de relleno hidráulico, en la CIA minera Chungar- Animón 2022?</p>			

## Anexo B

### Planos de planta concentradora

Red de tubería desde la planta concentradora hacia el silo 3 unidad minera Chungar

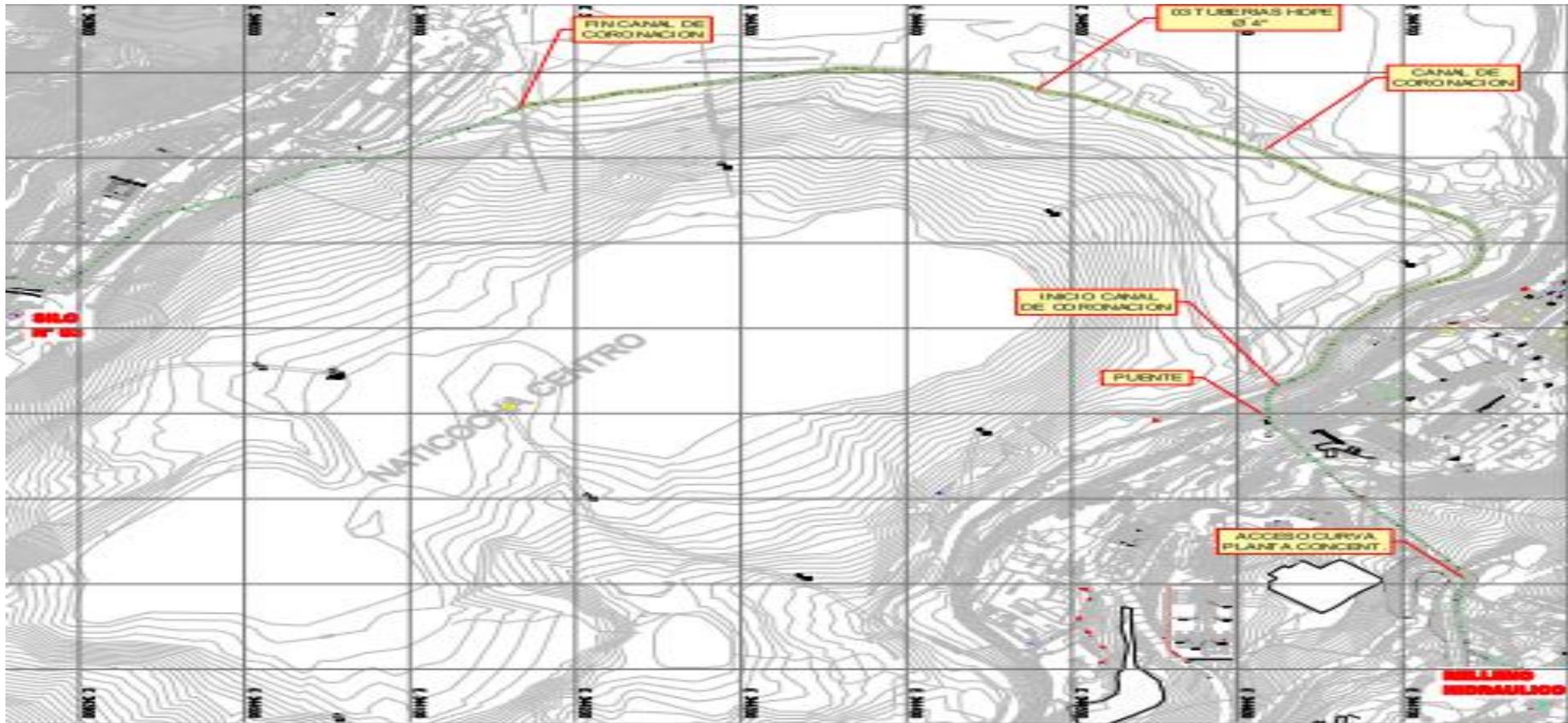


Figura 36. Sistema de transporte de planta concentradora hacia el silo 3 Cía. Chungar

## Tajos programados para relleno hidráulico

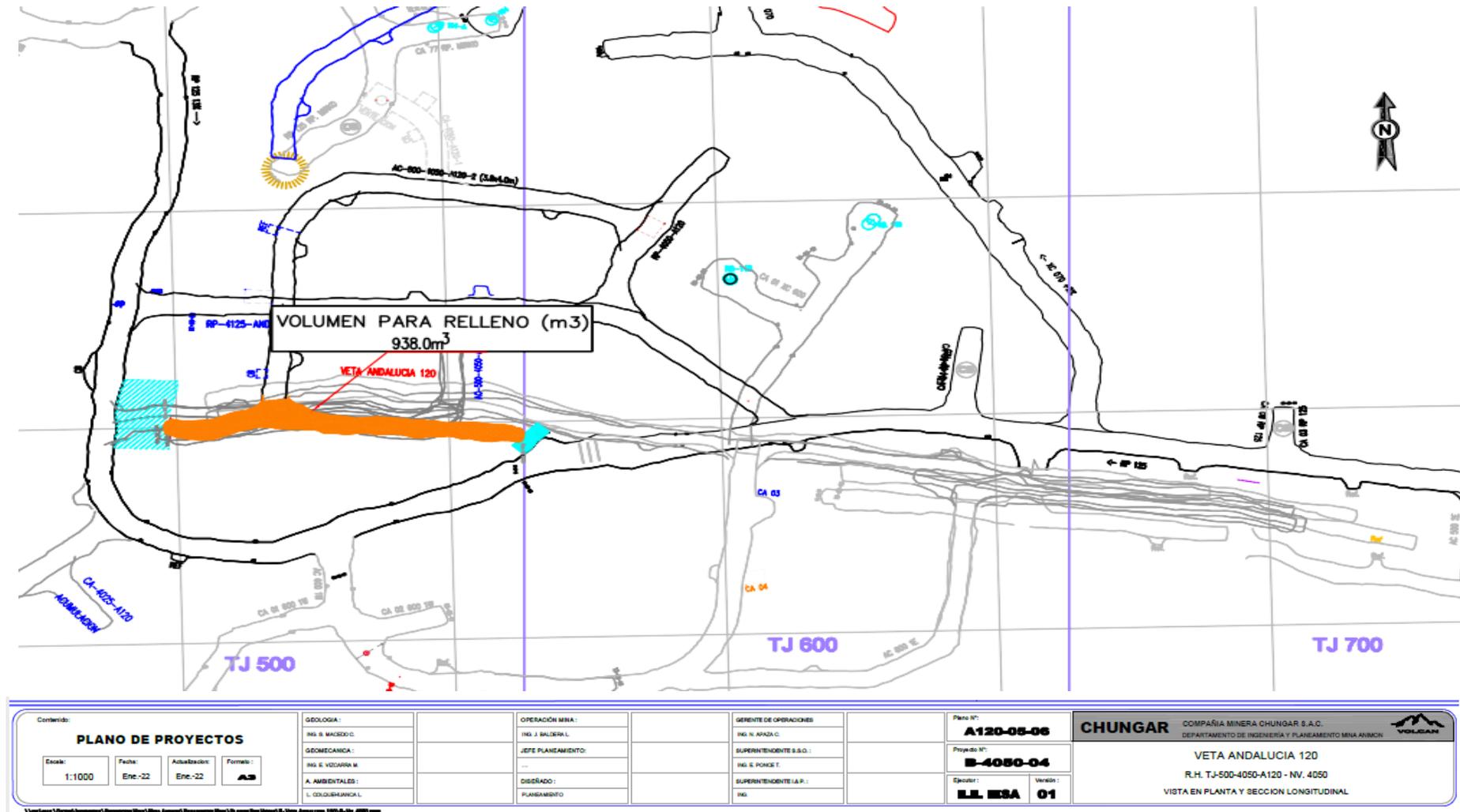
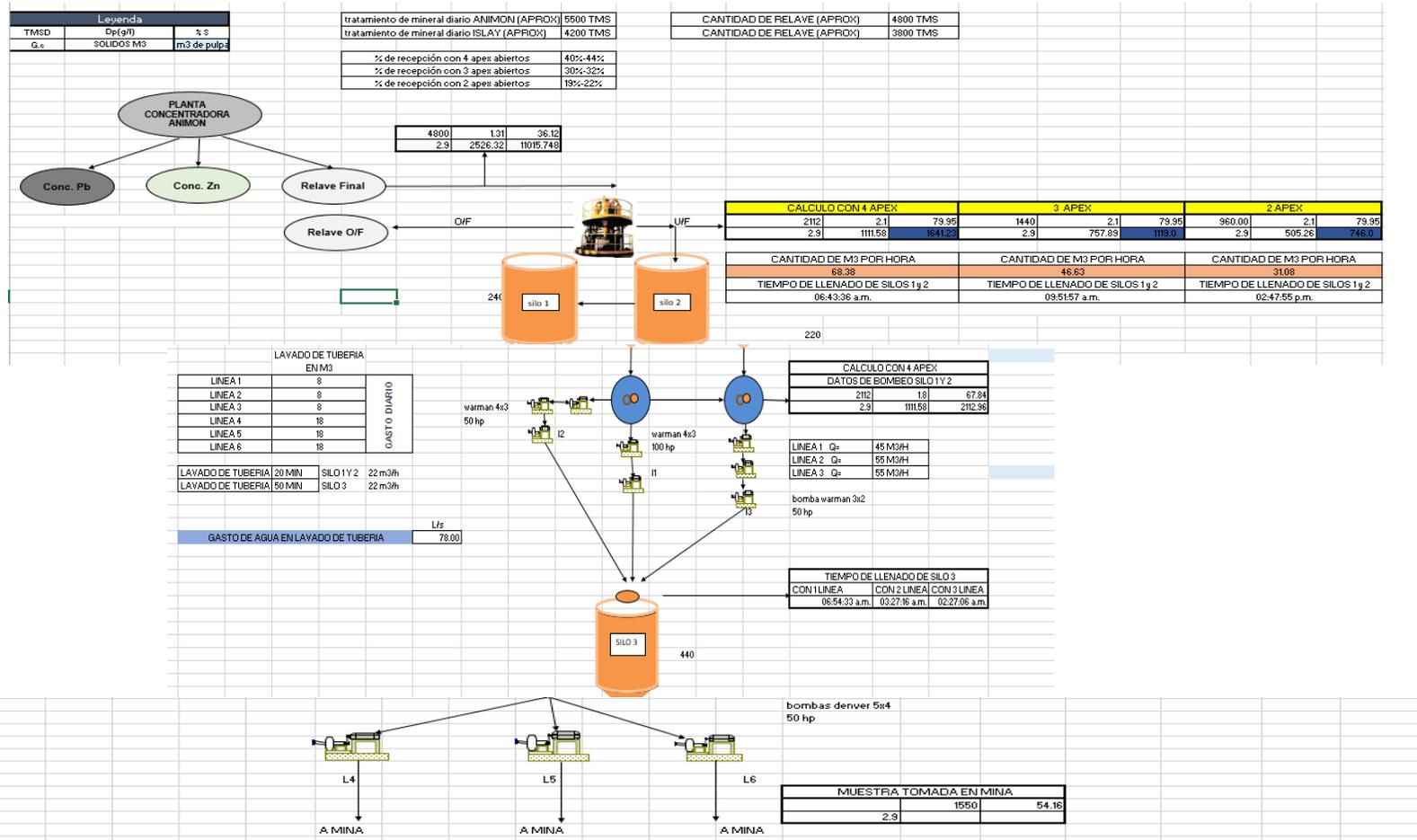


Figura 37. Veta Adalucía Nv 120 - unidad minera Chungar

## Diagrama de flujo de relleno hidráulico



**Figura 38. Diagrama de flujo de relleno hidráulico**