

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE MINAS**



**T E S I S**

**Aumento de la vida útil de relavera mediante la evaluación de costos**

**unitarios en el sistema de relleno hidráulico en la Mina Animón –**

**Compañía Minera Chungar S.A.C.**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero de Minas**

**Autor: Bach. Joseph Anderson MEZA SAMANIEGO**

**Asesor: Ing. Julio César SANTIAGO RIVERA**

**Cerro de Pasco – Perú – 2022**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE MINAS**



**T E S I S**

**Aumento de la vida útil de relavera mediante la evaluación de costos**

**unitarios en el sistema de relleno hidráulico en la Mina Animón –**

**Compañía Minera Chungar S.A.C.**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

Mg. Edwin Elías SANCHEZ ESPINOZA

**PRESIDENTE**

---

Mg. Silvestre Fabián BENAVIDES CHAGUA

**MIEMBRO**

---

Mg. Teodoro Rodrigo SANTIAGO ALMERCÓ

**MIEMBRO**

## DEDICATORIA

A Dios que me diste la oportunidad de vivir y de regalarme una familia maravillosa.

Con mucho cariño principalmente a mis padres Medardo y Rosa que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento. Gracias por todo, por darme una carrera para mi futuro y por creer en mí, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre han estado apoyándome y brindándome todo su amor.

A mis hermanos Abel y Jessenia gracias por estar conmigo y apoyarme siempre, los quiero mucho.

A mi novia Rosmery, compañera de vida por estar siempre conmigo en la buenas, en las malas y en las peores.

## **AGRADECIMIENTO**

Me gustaría agradecer en estas líneas la ayuda de mi asesor el Ingeniero Julio Santiago Rivera por su apoyo durante el proceso de investigación y redacción de este trabajo.

También a mis padres Medardo y Rosa que me han ayudado y apoyado durante mi formación profesional, para continuar concluir este importante proyecto para mí.

Asimismo, a mi novia Rosmery, gracias por que siempre me diste aliento en todo momento y no dejaste que me rinda en el camino; siendo mi más importante soporte.

Por último, deseo expresar mi reconocimiento a Compañía Minera Chungar S.A.C. por todas las atenciones e información brindada a lo largo de esta indagación y a mi alma mater la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión por haberme formado profesionalmente.

## RESUMEN

El tema de mi investigación que lleva por título “Aumento de la vida útil de relavera mediante la evaluación de costos unitarios en el sistema de relleno hidráulico en la Mina Animón – Compañía Minera Chungar S.A.C.” se ha desarrollado dentro del marco científico de un trabajo de investigación.

Nos trazamos como objetivo Incrementar la vida útil de la relavera para evitar problemas en el futuro, en la “Mina Animon - Compañía Minera Chungar S.A.C.”

La investigación está definida como un trabajo aplicado, con un nivel descriptivo explicativo; empleando el método científico y los métodos inductivo y analítico, el diseño es el no experimental transversal

Dentro de las conclusiones que llegamos son las siguientes:

- Para determinar la vida útil de la relavera en función del relleno hidráulico, primeramente, se ha tenido que realizar varias acciones o actividades que nos indica las condiciones del lugar donde se halla la relavera, estos aspectos fueron los aspectos físicos de la zona, topografía, fisiografía, geología, geomorfología, sismicidad, rasgos naturales, climatología.

- Se evaluó las condiciones físicas de la relavera para ver el estado en la que se encontraba, para lo cual se realizó una evaluación geotecnia, toma de muestras, evaluación física, verificación de la construcción de la relavera.

- Se optó por realizar un recrecimiento de la relavera, por las condiciones topográficas, de espacio, no afectar a las áreas circundantes; lo que nos permitirá aumentar la vida útil de la relavera y que estará en relación al uso del relleno hidráulico para rellenar las labores vacías.

Los costos que significa prolongar la vida de la relavera, mediante el recrecimiento fueron: costos de construcción del recrecimiento 15,000,000 \$ y los costos operativos fue de 9.736 \$/m<sup>3</sup>

Las principales características de la relavera y la depocitación encontradas en el estudio fueron:

- Volumen creado = 1,600,000 m<sup>3</sup>
- costo de relave en cancha = 9.376 \$/m<sup>3</sup>
- Costo de bombeo = 0.391 \$/m<sup>3</sup>
- Bombeo promedio mensual a la relavera = 48,064 m<sup>3</sup>/mes
- Bombeo mensual optimizado a la relavera = 39,994 m<sup>3</sup>/mes
- Incremento de R/H a la mina = 8,070 m<sup>3</sup>/mes
- Vida útil de la relavera = 3 años y 4 meses

**Palabras claves: Relavera, relleno hidráulico, costos, relaves**

## ABSTRACT

The subject of my research entitled "Increasing the useful life of tailings by evaluating unit costs in the hydraulic fill system at the Animón Mine - Company Minera Chungar S.A.C." It has been developed within the scientific framework of a research project.

We set ourselves the goal of increasing the useful life of the tailings dam to avoid problems in the future, in the "Animon Mine - Chungar Mining Company S.A.C."

The research is defined as an applied work, with an explanatory descriptive level; using the scientific method and the inductive and analytical methods, the design is the non-experimental transversal

Among the conclusions we reached are the following:

- To determine the useful life of the tailings dam based on the hydraulic fill, firstly, several actions or activities have had to be carried out that indicate the conditions of the place where the tailings dam is located, these aspects were the physical aspects of the area, topography, physiography, geology, geomorphology, seismicity, natural features, climatology.

- The physical conditions of the tailings dam were evaluated to see the state in which it was found, for which a geotechnical evaluation, sampling, physical evaluation, verification of the construction of the tailings dam were hoisted.

- It was adopted to carry out a regrowth of the tailings dam, due to the topographical conditions, of space, not affecting the surrounding areas; which will allow us to increase the useful life of the tailings dam and that will be in relation to the use of the hydraulic fill to fill the empty workings.

The costs involved in prolonging the life of the tailings dam through regrowth were: construction costs of the regrowth \$15,000,000 and operating costs were \$9,736/m<sup>3</sup>

- The main characteristics of the tailings and the deposition found in the study were:

- Volume created = 1,600,000 m<sup>3</sup>
- cost of tailings in the field = 9,376 \$/m<sup>3</sup>
- Pumping cost = 0.391 \$/m<sup>3</sup>
- Monthly average pumping to tailings = 48,064 m<sup>3</sup>/month
- Optimized monthly pumping to tailings = 39,994 m<sup>3</sup>/month
- Increase of R/H to the mine = 8,070 m<sup>3</sup>/month
- Useful life of the tailings = 3 years and 4 months

**Keywords: tailings, hydraulic fill, costs, tailings**



## PRESENTACIÓN

Los relaves generan impactos ambientales bastante significativos, por la acumulación en la superficie las que generan diversos problemas como: generación de aguas acidas por las condiciones climáticas de la región, por la sismicidad, por su método de construcción, la forma de depositarlo, el diseño mismo de la represa.

En la mina Animon lo que se busca es minimizar estos impactos y una solución es el de ampliar la capacidad de la relavera, aumentando así el volumen de la relavera y minimizar los impactos negativos. Para lo cual nos proponemos realizar un recrecimiento de la relavera, realizando todos los trabajos necesarios para tener un recrecimiento adecuado de la relavera. Todo lo anterior nos conllevara a llevar a cabo detalles de ingeniería específicamente para el recrecimiento de la relavera entre los niveles 4,320 - 4326 msnm. Dicha sobreelevación de la relavera facilitará la extensión de la vida operativa del depósito de relaves

El objetivo de la tesis es Incrementar la vida útil de la relavera para evitar problemas en el futuro, en la "Mina Animon - Compañía Minera Chungar S.A.C."

En lo referido a la estructura del trabajo, se realizará por capítulos de la siguiente manera:

En el capítulo I se refleja el planteamiento del estudio que abarca el planteamiento del problema, Problema General y específicos, Objetivo general y específicos, justificación e importancia, hipótesis y descripción de las variables. Delimitación de la investigación y limitaciones.

A su vez, el Capítulo II, en el Marco Teórico encontrara lo antecedentes nacionales e internacionales de diferentes empresas que han logrado implementar el uso de tecnologías y cuáles han sido los inconvenientes que han tenido. Se analizará las diferentes bases teóricas propuestas por autores que mencionamos

Seguidamente, el Capítulo III, trata sobre la Metodología, que contiene el método de investigación utilizado, el nivel y tipo de investigación, el diseño de la

investigación, la población y muestra, las Técnicas e instrumentos de recolección de datos y el procesamiento de Datos.

En el Capítulo IV encontraremos los Resultados obtenidos a lo largo de la investigación realizada. Aquí hallaremos los diferentes gráficos, con sus respectivos análisis, que muestran de una manera más esquematizada.

Por último, en las conclusiones y recomendaciones se muestran los datos hallados como consecuencia de la investigación.

También se encontrarán las referencias bibliográficas de todos los autores utilizados para esta investigación.

## ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

PRESENTACIÓN

ÍNDICE

### CAPÍTULO I

Introducción ..... 1

### CAPITULO II

#### MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio ..... 4

2.2. Bases teóricas científicas ..... 7

2.3. Definición de términos conceptuales ..... 23

2.4. Enfoque filosófico epistémico ..... 25

### CAPITULO III

#### METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación ..... 27

3.2. Nivel de investigación ..... 27

3.3. Características de la investigación ..... 27

3.4. Método de investigación ..... 28

3.5. Diseño de investigación .....	28
3.6. Procesamiento del muestreo .....	28
3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	28
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	29
3.9. Orientación ética.....	29

## CAPITULO IV

### PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentacion, análisis e interpretación de resultados .....	30
4.1.1. Aspectos físicos de la zona .....	31
4.1.2. Trabajo de campo.....	36
4.2. Discusión de resultados	

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Caracterización física del material de préstamo.....	38
Tabla 2 Ensayo de compresión triaxial del material de préstamo.....	39
Tabla 3 Estabilidad de taludes de la relavera.....	39
Tabla 4 Factor de seguridad del material de préstamo de la relavera .....	40
Tabla 5 Análisis de estabilidad.....	47
Tabla 6 Costo de Capex.....	50
Tabla 7 Análisis de costo de la relavera .....	51
Tabla 8 Costo de Opex.....	51
Tabla 9 Vida útil de la relavera Animon – 2017 - 2018 .....	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Componentes del relave .....	7
Figura 2 Generación, tratamiento y disposición del relave.....	8
Figura 3 Tratamiento y disposición de los relaves.....	10
Figura 4 Relaves convencionales.....	10
Figura 5 Relaves espesados.....	10
Figura 6 Relaves filtrados .....	11
Figura 7 Vista en plante de una relavera .....	12
Figura 8 Vista de perfil de una relavera .....	12
Figura 9 Relavera aguas arriba.....	14
Figura 10 Relavera aguas abajo .....	14
Figura 12 Esquema básico en plante de depósito de relaves .....	16
Figura 13 Descarga de relaves .....	16
Figura 14 Aspectos fundamentales para el manejo de relaves .....	18
Figura 15 Líneas estratégicas de los depósito y presas de relaves.....	19
Figura 16 Estructura de manejo y gestión de presas de relaves .....	20
Figura 17 Ubicación de la mina.....	31
Figura 18 Pendiente de la relavera V:H, 2:1 .....	37
Figura 19 Recrecimiento de la relavera .....	41
Figura 20 Ampliación de la corona .....	42
Figura 21 Etapa de excavación manual y con equipo .....	43
Figura 22 Anclaje de la geomembrana .....	45
Figura 23 Anclaje del anclaje de la geomembrana en el muro de recrecimiento.....	46

## **CAPÍTULO I**

### **Introducción**

El Perú es un país eminentemente minero como podemos ver desde la época incaica hasta la actualidad, esta actividad es el motor principal para el desarrollo del país.

En los últimos años con el aumento del precio de los metales se incrementó la producción de mineral y a la vez el aumento de los residuos o desechos después del tratamiento metalúrgico es decir la producción de los relaves.

Estos relaves generan impactos ambientales bastante significativos, por la acumulación en la superficie las que generan diversos problemas como: generación de aguas acidas por las condiciones climáticas de la región, por la sismicidad, por su método de construcción, la forma de depositarlo, el diseño mismo de la represa.

En la mina Animon lo que se busca es minimizar estos impactos y una solución es el de ampliar la capacidad de la relavera, aumentando así el volumen de la relavera y minimizar los impactos negativos. Para lo cual nos proponemos realizar un recrecimiento de la relavera, realizando todos los trabajos necesarios para tener un recrecimiento adecuado de la relavera. Todo

lo anterior nos conllevará a llevar a cabo detalles de ingeniería específicamente para el recrecimiento de la relavera entre los niveles 4,320 - 4326 msnm. Dicha sobreelevación de la relavera facilitará la extensión de la vida operativa del depósito de relaves.

El espacio seleccionado para desarrollar este trabajo las operaciones que se realizan en la “Mina Animón – Compañía Minera Chungar S.A.C”

El tiempo será de ocho (8) meses entre septiembre del 2020 y abril del 2021. Y del periodo de 2007 - 2020 serán considerados los datos obtenidos.

El problema de la investigación está basado en: ¿Cómo podemos incrementar la vida útil de la relavera para evitar problemas en el futuro mediante la evaluación de costos, en la “Mina Animon - Compañía Minera Chungar S.A.C.”?

a. ¿Qué parámetros económicos, técnicos se debe tener en cuenta para aumentar la vida útil de la relavera, en la “Mina Animon - Compañía Minera Chungar S.A.C.”?

b. ¿El recrecimiento será una alternativa para aumentar la vida útil de la relavera, en la Mina Animon - Compañía Minera Chungar S.A.C.?

Nuestros objetivos son Incrementar la vida útil de la relavera para evitar problemas en el futuro mediante la evaluación de costos, en la “Mina Animon - Compañía Minera Chungar S.A.C.”

a. Conocer los parámetros económicos, técnicos que se debe tener en cuenta para aumentar la vida útil de la relavera, en la “Mina Animon - Compañía Minera Chungar S.A.C”

b. Determinar si el recrecimiento será una alternativa para aumentar la vida útil de la relavera, en la “Mina Animon - Compañía Minera Chungar S.A.C”

Entre las principales justificaciones encontramos consideramos proponer que se plantee analizar los parámetros de carácter técnico como económico



que puedan asegurar la prolongación de la vida útil de la relavera de la “Mina Animón – Compañía Minera Chungar S.A.C”

Además, podemos mencionar que:

- Se tendrá un diseño del recrecimiento de la relavera
- Se obtendrá el costo que conlleva las operaciones para aumentar la vida operativa de la relavera.
- Se determinará a vida útil de la relavera.

Prácticamente no se tuvo obstáculos, inconvenientes, para el desarrollo del estudio, si hubo pequeños problemas se superaron en coordinación con la empresa. en la Mina Animón – Compañía Minera Chungar.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de estudio**

Como antecedentes de la tesis tenemos:

##### **Primer antecedente**

La tesis “ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN NUEVO DEPÓSITO PARA LA DISPOSICIÓN DE RELAVES MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN ESPESADOR EN LA PLANTA CONCENTRADORA SANTA LUCIA, U. M. TACAZA – CIEMSA”, (VILLEGAS, 2015) plantea como objetivo el conocer las características del lugar a ser ocupado por el relave, también el conocer las características del relave y como se realiza el depósito del relave, dentro de las conclusiones principales nos muestra lo siguiente.

Se logro diseñar los contenedores para ampliar la capacidad de la relavera, con la puesta en marcha del espesador de relaves se logró recuperar las aguas de recirculación, se establecieron un control adecuado de los parámetros de depositación del relave que puedan garantizar una vida útil de relavera.

El material acumulado servirá para futuros rellenos en el interior de la mina.

La relavera anterior se encuentra en stand by, para poder reemplazar en caso de averías del espesador de relaves.

#### Segundo antecedente

La tesis “ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA DEL DEPOSITO DE RELAVE MANAVALE PARA SU RECRECIMIENTO VERTICAL CON RELAVE EN PASTA EN LA EMPRESA MINERA AUREX S.A.” (Huaman, 2018), en su tesis nos dice que el objetivo propuesto es verificar la capacidad de soporte de la relavera, verificando con un análisis geosísmico, de estabilidad física y geotecnia de la relavera, este análisis se hará cuando se deposita material en pasta, el comportamiento de la relavera es positivo a los resultados físico sísmico y pluvial ya que responden favorablemente sus taludes.

Su pendiente de talud, así como la reacción al clima de la zona garantizan la estabilidad a la actividad sísmica y a la estabilidad física geotecnia

En la construcción de la relavera se usó material de préstamo y material arela limosa.

La adición de relave en pasta no perturba el diseño de la relavera por que el peso es dirigido a la base de la relavera.

Se determinó que el recrecimiento con relaves en pasta es soportado debido a un diseño en base a consideraciones geofísicos, geotécnicos y de resistencia.

#### Tercer antecedente

La tesis “NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA EL USO Y DISPOSICIÓN DE RELAVES MINEROS APLICADO A CODELCO, DIVISIÓN EL TENIENTE” (CASTRO, 2018) plantea como objetivo el conocer nuevas tecnologías o

procesos para disponer y utilizar los relaves que viene generando la mina el Teniente.

Como conclusiones nos dice.

Al comparar distintas plantas de relaves como tratamiento en pasta o por filtración y una de peralte del muro, para una producción de 140 tn/día de relaves, se ve que el costo de operación por filtrado de relaves es alto que los otros dos, por lo que no es factible el uso de relaves por filtro.

La depocitacion de relaves por el método en pasta es más ventajoso económicamente que la depocitacion por filtrado y el método actual. Esta comparación se establece desde el criterio de los costos de instalaciones. Sin embargo, su vida útil de la relavera es corta y su costo de operación es alto.

Cuarto antecedente

La tesis “Aspectos Técnicos y Ambientales de un Tranque de Relaves” (VALDEBENITO, VIVEROS, 1998), su objetivo nos dice que plantea realizar un análisis desde el punto de vista legal, técnico y ambiental en la construcción de tanques de relave, como conclusión llega a determinar lo siguiente.

Se realiza un análisis de depósitos de relaves en tanques utilizados mayormente en operaciones mineras chilena, considerando los aspectos técnicos, legales, ambientales, estas evaluaciones son de gran interés por las diferentes empresas mineras chilenas.

También se comenta el aspecto de reforestación de los tanques de relaves que mejorarían el impacto ambiental.

Quinto antecedente

La tesis “EVALUACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE LAS RELAVERAS EN FUNCIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL MATERIAL QUE ALMACENAN” (VARGAS, 2016) esta tesis tiene como objetivo el de determinar tres aspectos, la altura mínima del dique, su vida útil, y a la recuperación del agua.

Como conclusión arriba a.

La altura mínima calculada fue de 6 m. con un área de 4864 m<sup>2</sup>, el tiempo de vida de la relavera es calculado en 4.4 meses y un volumen de depocitacion de 57,024 m<sup>3</sup>, el agua a recuperarse será de 738 m<sup>3</sup>/día.

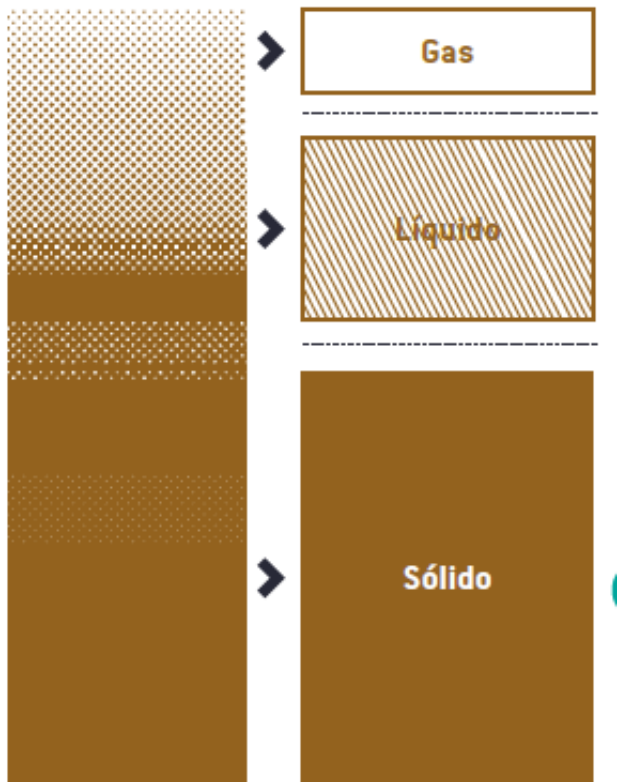
## 2.2. Bases teóricas científicas

### Relaves Mineros

“Los relaves (colas) mineros se definen como un desecho de los procesos de beneficio y transformación del mineral compuesto por una fase sólida, líquida y gaseosa, (Figura 1); que dependiendo de sus características físicas y químicas debe someterse a diferentes tratamientos para su transporte y posterior disposición en presas” (Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGOMING), 2007)

**Figura 1**

*Componentes del relave*

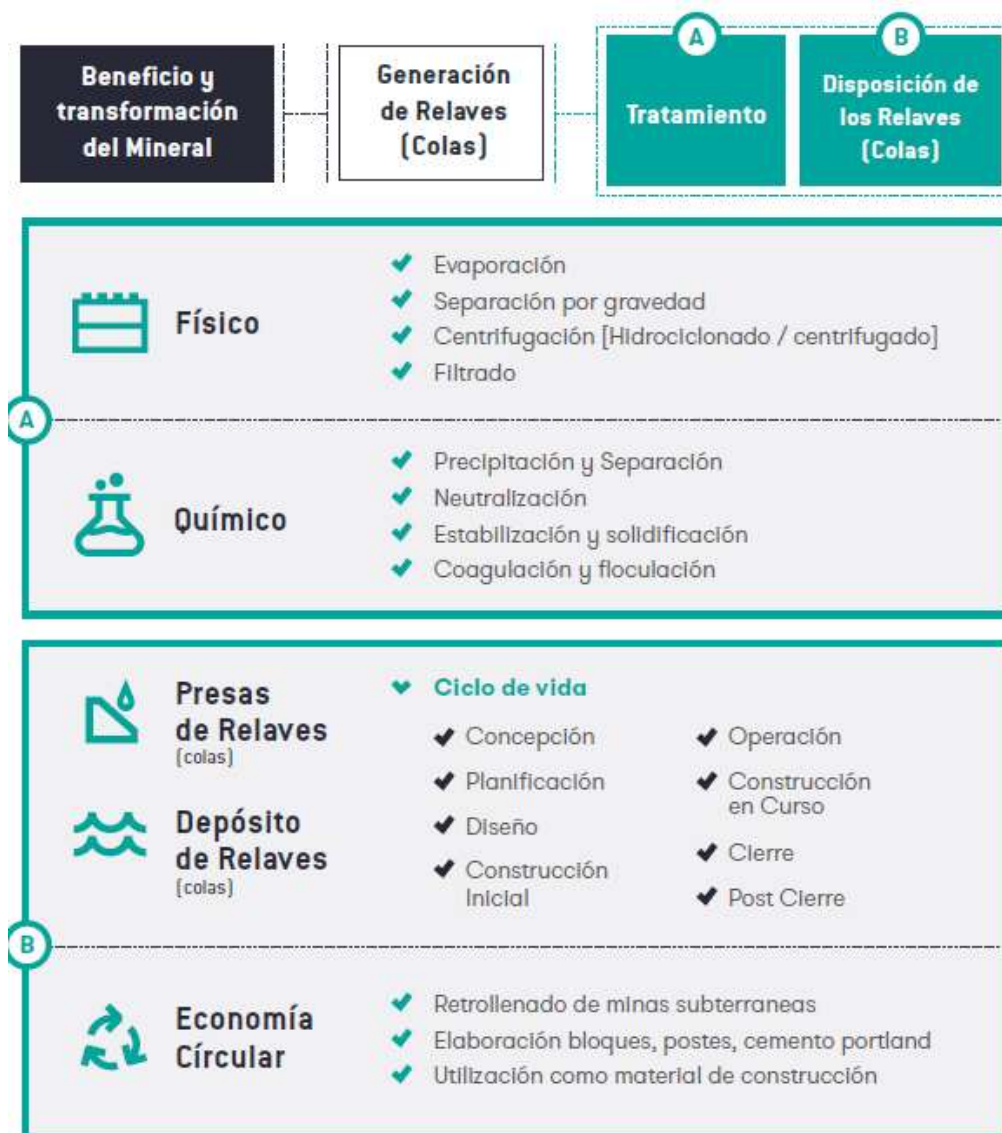


## Generación, tratamiento y disposición de los relaves

En otros países se usan como subproductos a través de alternativas de economía circular en retrolleado de labores subterráneas, producción de postes, bloques, cemento, etc.

Figura 2

Generación, tratamiento y disposición del relave



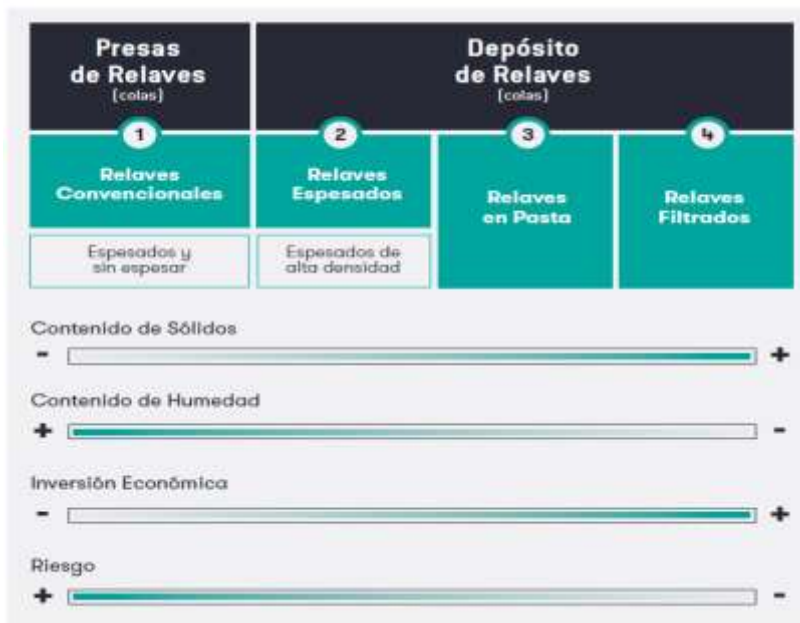
## Manejo, tratamiento y disposición de relaves (colas)

Las alternativas de manejo y disposición de los relaves (colas) están ligadas estrechamente a las características particulares de cada proyecto, respecto a sus procesos, ubicación, condiciones ambientales, sociales, recursos (humano, económico) y riesgos, a los que está expuesto el proyecto. Los relaves (colas) pueden clasificarse según su proporción de fase sólida y fase líquida, correspondiendo a relaves convencionales, espesados, filtrados y en pasta, a partir de esta clasificación se disponen generalmente en presas o en depósitos. (Figura 3) (Ministerio de Minas y Energía, 2021)

En las presas se disponen relaves (colas) convencionales con una fase sólida entre el 20 y 40% y espesados entre el 60% y 65%, en los depósitos se pueden disponer relaves espesados, ultra espesados con fase sólida entre 60% y 75%, y filtrados con un mínimo del 80%. En los depósitos se almacenan relaves con menor contenido de humedad que representan un menor riesgo en su gestión y manejo. Es de resaltar que la puesta en marcha y mantenimiento de los tratamientos de deshidratación necesarios representa una alta inversión económica a comparación del manejo de los relaves convencionales en presas, inversión que evaluada a largo plazo se ve retribuida en minimización de costos de mantenimiento y riesgos, y manejo durante el cierre y post cierre. (Figura 3) (Ministerio de Minas y Energía, 2021)

**Figura 3**

*Tratamiento y disposición de los relaves*



**Figura 4**

*Relaves convencionales*



**Figura 5**

*Relaves espesados*





**Figura 6**

*Relaves filtrados*



### **Presas de Relaves (colas)**

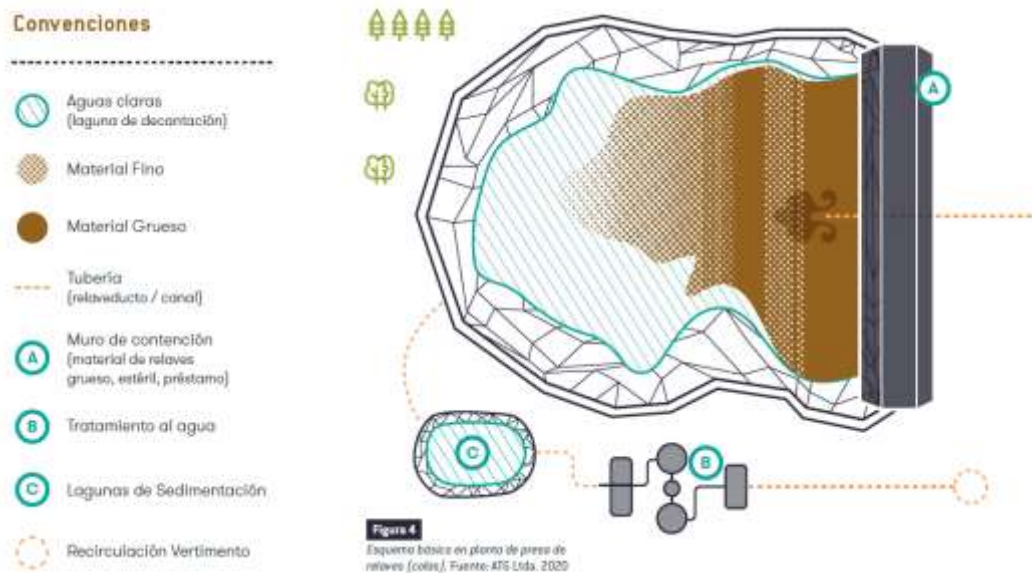
Las presas de relaves (colas) son obras de infraestructura para almacenar o represar los relaves (colas), construidas a partir de un muro inicial conformado por material de préstamo, estéril y/o material grueso del relave previamente separado en procesos de tratamiento físico (hidrociclonado y

centrifugado). El muro inicial y el suelo de fundación de la presa deben estar impermeabilizados con el objetivo de evitar infiltraciones que influyan en la estabilidad física o contaminen las fuentes hídricas subterráneas. Estas estructuras cuentan por lo general con canales perimetrales, sistemas de drenajes subsuperficiales y tuberías de desagüe para minimizar la saturación de los relaves, con aguas del proceso, aguas superficiales, y aguas lluvias. El agua captada se conduce por lo general a sistemas de sedimentación y tratamiento, para realizar posteriormente procesos de recirculación, siendo reutilizada en la operación minera o es vertida según los parámetros estipulados por la normatividad vigente. (Ministerio de Energía y Minas, 1995)

A continuación, se observa un esquema básico de una presa de relaves (colas), vista de planta (Figura 7) y perfil. (Figura 8)

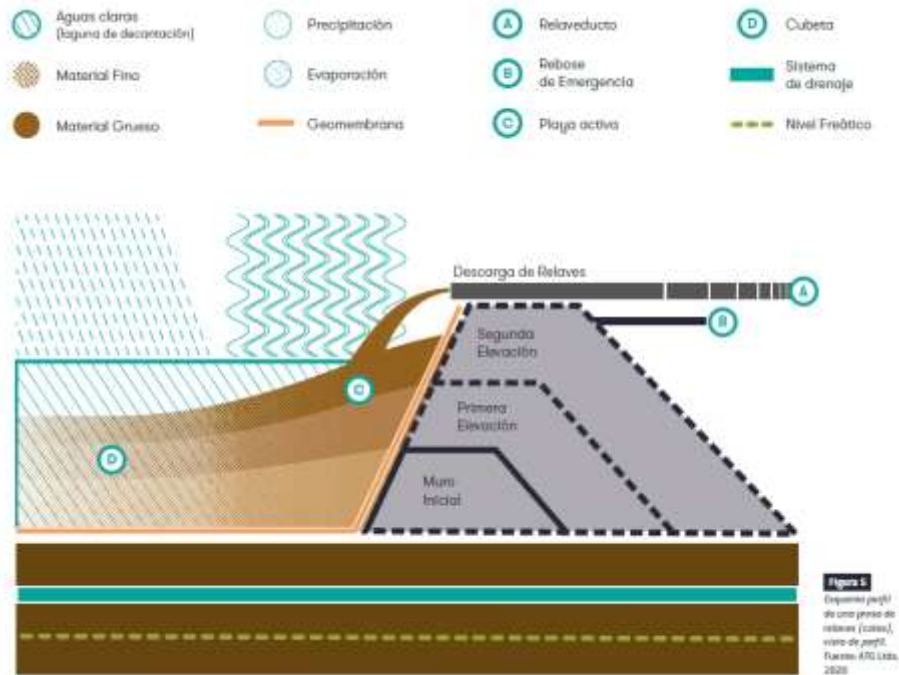
**Figura 7**

*Vista en planta de una relavera*



**Figura 8**

*Vista de perfil de una relavera*



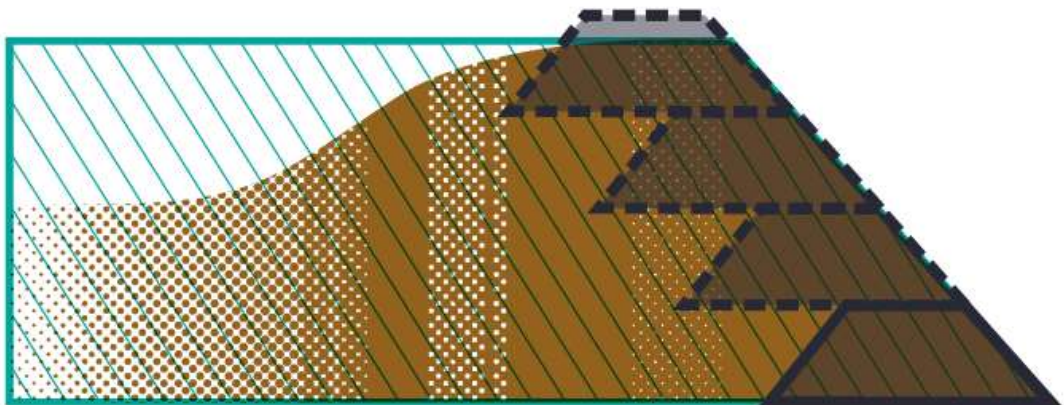
## Métodos de Construcción

Las presas de relaves (colas) pueden ser construidas a partir de tres métodos: aguas arriba (Figura 9), aguas abajo (Figura 10), eje central o mixto (Figura 11).

“En la actualidad el método constructivo aguas arriba está siendo revaluado, ya que las presas concebidas a partir de este, son las que más han presentado fallas o eventos de colapso. La mayoría de nuevas presas construidas se hacen mediante los métodos aguas abajo y eje central, ya que proporcionan mayor estabilidad física y menor riesgo asociado”. (Ministerio de Energía y Minas, 1995)

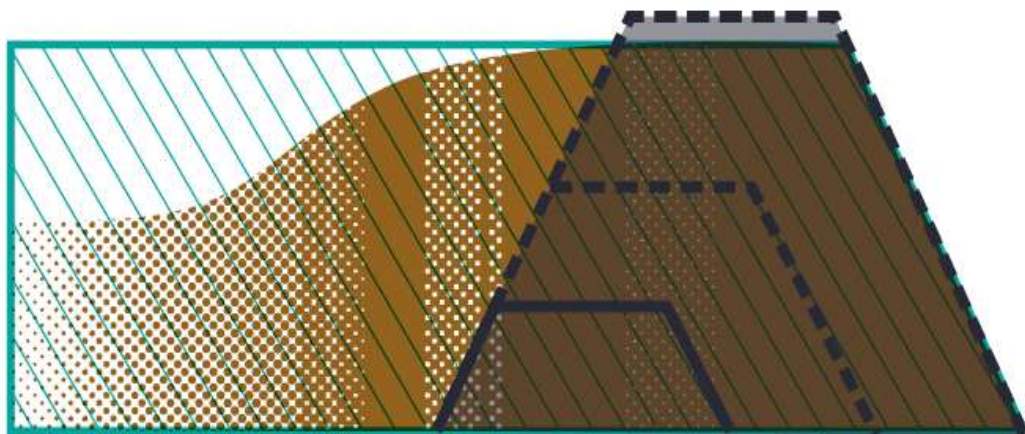
**Figura 9**

*Relavera aguas arriba*



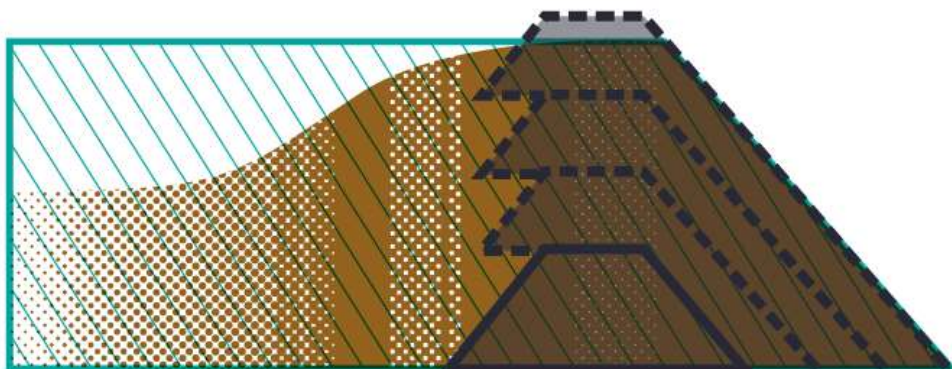
**Figura 10**

*Relavera aguas abajo*



**Figura 11**

*Relavera eje central*



## Convenciones

---



Aguas claras



Relaves



Construcción Progresiva



Muro inicial

### Depositas de Relaves

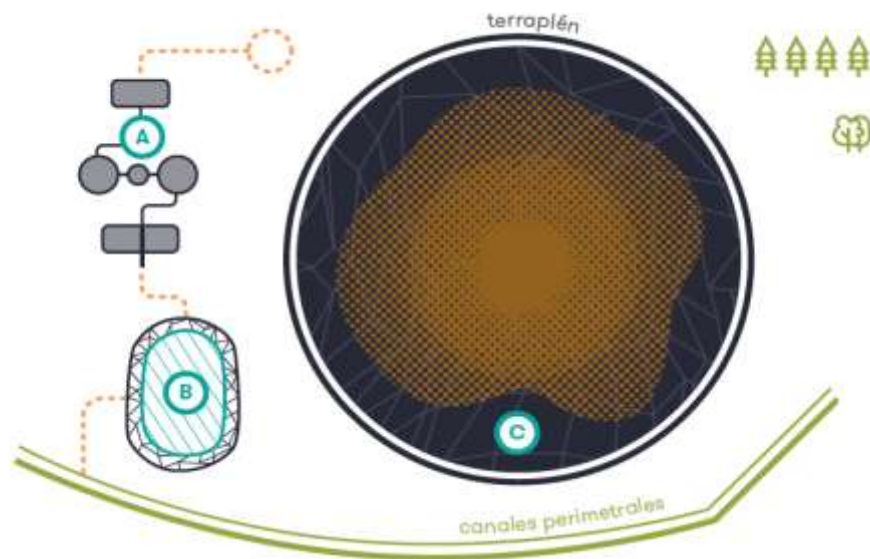
Los depósitos de relaves son estructuras que albergan relaves (colas) con contenidos de humedad bajos en comparación a los relaves (colas) convencionales dispuestos en presas, lo que permite que las estructuras de contención no requieran infraestructura tan elaborada, cuenta con un terraplén para evitar el desborde o movimiento de los relaves almacenados. Estas estructuras cuentan por lo general con canales perimetrales, sistemas de drenajes subsuperficiales para evitar la saturación de agua de los relaves. El agua captada en estos sistemas se conduce por lo general a sistemas de sedimentación y tratamiento, para realizar posteriormente procesos de recirculación de agua o vertimiento (ver Figura 12). (Ministerio de Energía y Minas, 1995).

“Los relaves almacenados en los depósitos son sometidos previamente a procesos de deshidratación de agua, lo que permite disminuir su volumen disminuyendo las áreas necesarias para su disposición. Generalmente la descarga de estos se realiza de manera cónica teniendo uno o varios puntos de descarga” (ver Figura 13) (Ministerio de Energía y Minas, 1995)



**Figura 12**

*Esquema básico en planta de depósito de relaves*

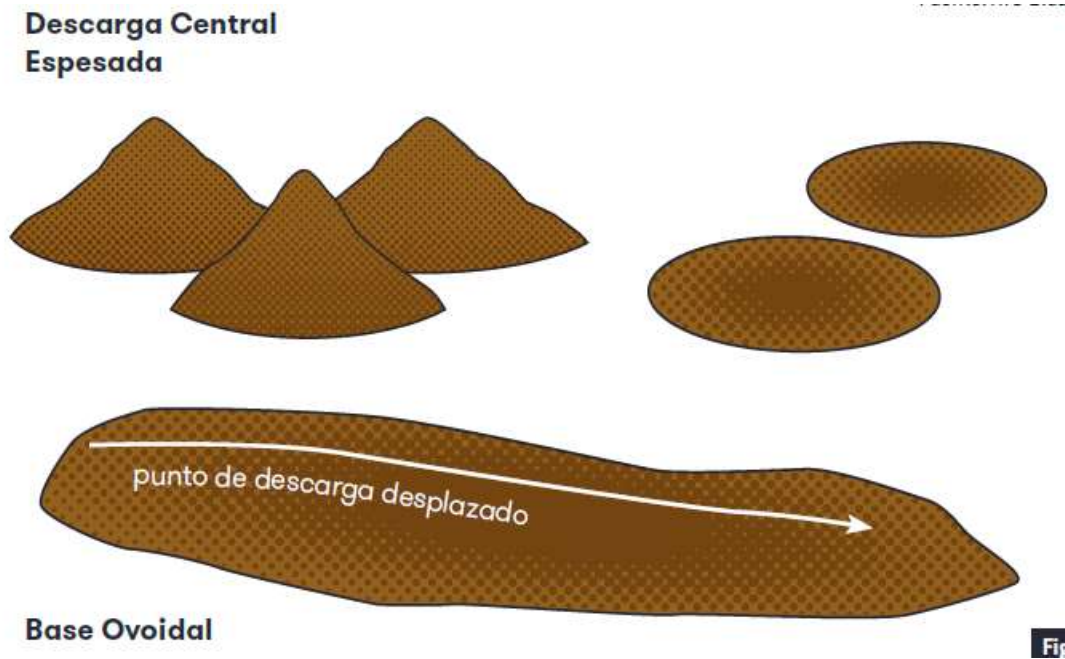


### Convenciones

- (A)** Tratamiento de agua
- (B)** Lagunas de Sedimentación
- (C)** Depósito
- Recirculación / Vertimiento
- Relaves (espesados filtrados o en pasta)

**Figura 13**

*Descarga de relaves*



### Aspectos fundamentales para el manejo de Relaves

“Cada proyecto minero es único, por las características del yacimiento a explotar, producción proyectada, tiempo de operación o por su ubicación geográfica determinan aspectos técnicos, ambientales, sociales y de gestión del riesgo y condicionan propiedades intrínsecas de la presa de relaves (colas). En la Figura 14 se pueden observar enlistados y clasificados los aspectos relevantes a la hora de manejar relaves a través de presas”. (Asociación de Minería de Canadá, 1998)

**Figura 14**

*Aspectos fundamentales para el manejo de relaves*

Aspectos del <b>Proyecto Minero</b>	Aspectos del Área de <b>Ubicación de la Presa</b>
Tipo de yacimiento	Topografía
Tiempo de vida del proyecto	Geología
Producción de relaves proyectada	Geomorfología
Recursos económicos disponibles	Hidrogeología
Tecnologías a emplear	Hidrología
Geoquímica de los relaves	Sismicidad
Geotecnia (estabilidad de la estructura y geomecánica de los relaves)	Uso y tipo de suelos
Parámetros geohidráulicos de los relaves	Climatología
	Restricciones ambientales
	Socioeconómicos y culturales

### **Líneas Estratégicas**

“Las presas de relaves (colas) deben estar construidas bajo estándares que garanticen su operatividad, funcionalidad y estabilidad, permitiendo almacenar o disponer los relaves (colas) generados durante la operación minera; estas estructuras deben estar construidas teniendo en cuenta las siguientes etapas, o líneas estratégicas de su ciclo de vida” (Figura 15). (Asociación de Minería de Canadá, 1998)



**Figura 15**

*Líneas estratégicas de los depósito y presas de relaves*



### **Manejo & Gestión**

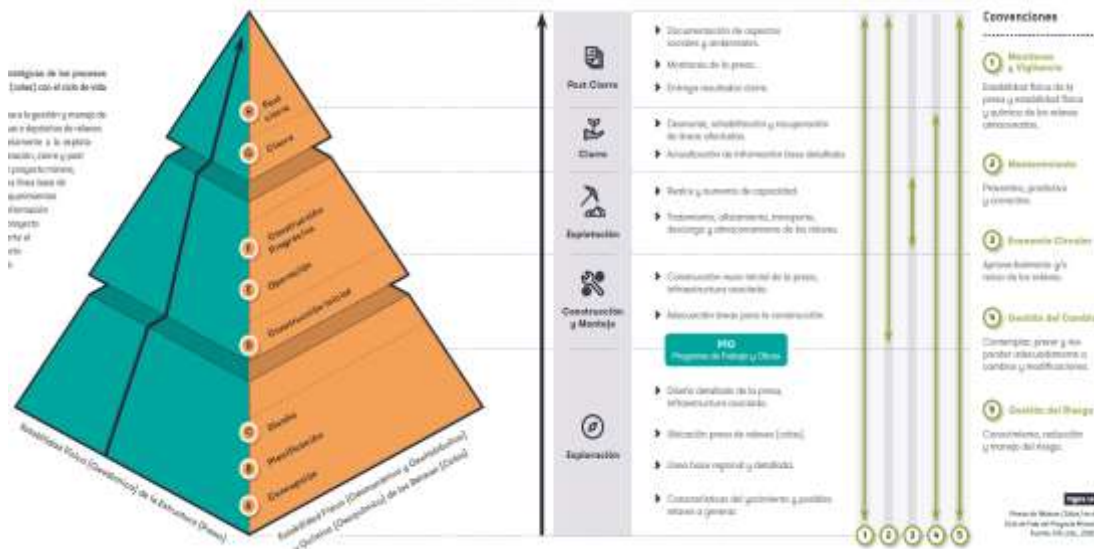
¿Cómo se articulan las Líneas Estratégicas de los procesos relacionados con presas de relaves (colas) con el ciclo de vida del proyecto minero?

Las Líneas Estratégicas definidas para la gestión y manejo de los procesos relacionados con presas o depósitos de relaves (colas) deben desarrollarse paralelamente a la explotación, construcción y montaje, explotación, cierre y post cierre, etapas del ciclo de vida de un proyecto minero; lo que permite obtener y utilizar una línea base de información que incorpore los requerimientos para la gestión de los relaves e información necesaria en el desarrollo del proyecto minero. Lo anterior, a su vez convierte el manejo de los

relaves en un aspecto intrínseco al momento de concebir un proyecto minero (Figura 16) (Global tallings Review. org, 2020)

**Figura 16**

*Estructura de manejo y gestión de presas de relaves*



### Lineamientos: ¿Qué y cómo?

Los Lineamientos se enfocan en la toma de decisiones para el manejo y gestión de las presas o depósitos de relaves (colas), teniendo como objetivo la estabilidad física de las estructuras, y la estabilidad física y química de los relaves depositados a lo largo de su ciclo de vida, en el marco de la identificación, prevención y manejo del riesgo, desde su Concepción hasta el Cierre y Post Cierre, sustentándose en la verificación de resultados y análisis integrales de aspectos técnicos, ambientales y sociales, garantizando que las estructuras construidas sean seguras, estables, funcionales y sostenibles en el tiempo (Global tallings Review. org, 2020)

### Concepción

“La concepción del proyecto corresponde a la prefactibilidad donde se generan alternativas y se selecciona la más adecuada, en este caso, la futura ubicación de la presa o depósito de relaves”. (Global tallings Review. org, 2020)

## **Planificación**

“La planificación puede considerarse como la línea base y es punto de referencia para tomar decisiones frente al diseño, la construcción y el monitoreo de la estructura”. (Global tallings Review. org, 2020)

## **Diseño**

“En esta etapa se elaboran todos los diseños de ingeniería detallada para la construcción, operación, monitoreo y vigilancia, cierre y post cierre de la presa o depósito de relaves e infraestructura asociada”. (Global tallings Review. org, 2020)

## **Construcción Inicial**

Se refiere a la construcción de estructuras e infraestructura que deben estar conformadas antes de que comience el descargue de relaves.

“Esto incluye, por ejemplo, el retiro de vegetación y suelo orgánico, además de la construcción de la presa inicial, tuberías para transporte de relaves, rutas de acceso e infraestructura asociada para el manejo de aguas”. (Global tallings Review. org, 2020)

## **Operación & Construcción Progresiva**

“La operación incluye las actividades relacionadas con el transporte, la descarga y el almacenamiento permanente de relaves y, cuando corresponda, efluentes y residuos, y la recuperación del agua de proceso”. (Global tallings Review. org, 2020)

## **Cierre**

El cierre comienza cuando el descargue o vertimiento de relaves en la cubeta o vaso de la presa o depósito se interrumpe permanentemente. La presa e infraestructura asociada se retiran de servicio y se implementa el plan de cierre, que incluye: La transición de las operaciones al cierre permanente.

Retiro de la infraestructura. Cambios en la gestión o el tratamiento de las aguas. Reconformación y manejo paisajístico de estructuras de contención y otros elementos (Global tallings Review. org, 2020)

### **Post Cierre**

El post cierre se refiere al período posterior al cierre de la mina donde se espera que la presa o depósito de relaves logre una estabilidad física; y los relaves obtengan su propia estabilidad física y química, y se entregue la instalación a un entorno bajo parámetros de seguridad y sostenibilidad en el largo plazo (Global tallings Review. org, 2020)

### **Mantenimiento**

“Este incluye actividades preventivas, predictivas y correctivas que se llevan a cabo para facilitar la operación correcta y continua de toda la infraestructura”. (Global tallings Review. org, 2020)

### **Monitoreo y Vigilancia**

El monitoreo incluye la inspección y en sí, lo que se denomina monitoreo (es decir, la recopilación de observaciones y datos cualitativos y cuantitativos) de las actividades y la infraestructura en relación con el manejo de relaves. El monitoreo también incluye la documentación, el análisis y la comunicación oportuna de los resultados del monitoreo para aportar información a la toma de decisiones y verificar si se cumple con los objetivos de desempeño y de gestión del riesgo, incluidos los controles críticos. (Global tallings Review. org, 2020)

### **Gestión del Riesgo**

“La gestión del riesgo es una Línea Estratégica transversal imprescindible en cada una de las etapas del ciclo de vida de la presa o depósito de relaves (colas), ya que en esta se identifica, analiza, maneja, gestiona y responde a los riesgos generados, evitando la ocurrencia de fallas o colapsos que puedan ocasionar resultados catastróficos”. (Global tallings Review. org, 2020)

“La evaluación periódica de los riesgos debe incluir parámetros relacionados con el riesgo por: sismos, avenidas torrenciales e inundaciones. Eventos de remoción en masa. La misma estructura (físico). Su contenido (estabilidad física y química de los relaves)”. (Global tallings Review. org, 2020)

### **Gestión del Cambio**

“La gestión del cambio hace referencia a la capacidad de los responsables del manejo de las presas o depósitos de relaves (colas), a responder adecuadamente ante los cambios y modificaciones generadas respecto a la planificación y diseños iniciales realizados para la gestión de estas estructuras a lo largo de su ciclo de vida”. (Global tallings Review. org, 2020)

### **Economía Circular**

La economía circular busca reutilizar lo que normalmente se conoce como un residuo y darle su respectivo valor, y para el caso de presas o depósitos de relaves, no necesariamente es darle un valor económico. Es el valor que el relave puede darle al proyecto al ser utilizado para controlar efectos de la minería como, por ejemplo, la subsidencia generada en labores mineras subterráneas que puede ser controlada a través de la disposición de relaves secos o filtrados por retrolleado, previo conocimiento de su condición y garantizando que no existan reacciones con las rocas encajantes (Global tallings Review. org, 2020)

## **2.3. Definición de términos conceptuales**

### **Coronamiento**

“Es la parte superior del prisma resistente o muro de contención, muy cercano a la horizontal” (CONSTANCIO, 2018)

### **Cubeta**

“Corresponde al volumen físico disponible para el depósito de relaves (lamas), junto con gran parte del agua de los relaves. En la cubeta, el agua se localiza en la Laguna de Aguas Claras” (CONSTANCIO, 2018)

**Depósito de relaves**

“Toda obra estructurada en forma segura para contener los relaves provenientes de una Planta de concentración húmeda de especies de minerales” (Fundación Chile, 2018)

**Embalse de relaves**

“Aquel depósito de relaves donde el muro de contención está construido con material de empréstito y se encuentra impermeabilizado en el coronamiento y en su talud interno” (Fundación Chile, 2018)

**Estabilidad física**

“Situación de seguridad estructural, que mejora la resistencia y disminuye las fuerzas desestabilizadoras que pueden afectar obras o depósitos de una faena minera” (Fundación Chile, 2018)

**Estabilidad química**

“Situación de control en agua, en aire y en suelo de las características químicas que presentan los materiales contenidos en las obras o depósitos de una faena minera, cuyo fin es evitar, prevenir o eliminar, si fuere necesario, la reacción química que causa acidez, evitando el contacto del agua con los residuos generadores de ácidos que se encuentren en obras y depósitos masivos mineros” (Fundación Chile, 2018)

**Laguna de Aguas Claras**

“La depositación de relaves (lamas) en la cubeta, que llega en una mezcla del sólido con agua para su transporte, en tanto los sólidos sedimentan a las capas inferiores, el agua forma esta laguna de aguas claras debido a la sedimentación de las partículas finas” (CONSTANCIO, 2018)

**Playa activa**

“Zona donde se descargan los relaves en la cubeta, se le denomina playa porque usualmente esta seca en la superficie y se asemeja a una playa de

arenas finas. Es la parte del depósito de relaves o lamas situada en las cercanías de la línea de vaciado” (CONSTANCIO, 2018)

### **Relaves en pasta**

“Depósito de relaves que presentan una situación intermedia entre el relave espesado y el relave filtrado, corresponde a una mezcla de relaves sólidos y agua, entre 10 y 25% de agua” (Fundación Chile, 2018)

### **Relaves espesados**

“Depósito de relave que, antes de ser depositados, son sometidos a un proceso de sedimentación mediante espesadores, eliminándole una parte importante del agua contenida” (Fundación Chile, 2018)

### **Relaves filtrados**

“Depósito de relaves que, antes de ser depositados, son sometidos a un proceso de filtración, mediante equipos especiales de filtros donde se asegure que la humedad sea menor a un 20%” (Fundación Chile, 2018)

## **2.4. Enfoque filosófico epistémico**

Se respeta la autoría en las fuentes de información consultadas, según las citas y referencias de Normas “La ética debe estar necesariamente presente en los investigadores y debe ser respetada a través de los estilos normativos de citación y referenciación” (M. B. Salazar et al., 2018).

Por el perfil de este trabajo que es cualitativo descriptivo y exploratorio no se ha elaborado la hipótesis al comienzo de la investigación el cual si podría surgir en el transcurso de la misma

La investigación descriptiva nos dice “En tales estudios se muestran, narran, reseñan o identifican hechos, situaciones, rasgos, características de un objeto de estudio, o se diseñan productos, modelos, prototipos, guías, etcétera, pero no se dan explicaciones o razones de las situaciones, los hechos, los fenómenos, etcétera” (BERNAL, 2010)

“La investigación exploratoria estudia a las variables o factores que podrían estar relacionados con el fenómeno en estudio, y termina cuando existe una clara idea de las variables relevantes y cuando ya se tiene información suficiente sobre el tema” (BERNAL, 2010)

- **Variable independiente:**

Vida útil de la relavera

- **Variable dependiente:**

Problemas en el futuro

Parámetros técnicos, económicos

Recrecimiento de la relavera



## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de investigación**

El proyecto se define como un trabajo aplicado, debido a que se aplicarán conocimientos referentes a relaves

#### **3.2. Nivel de investigación**

El nivel que se ubicará nuestra investigación será de un nivel descriptivo, explicativo, también será de un nivel exploratorio como dice que “Los estudios exploratorios se efectúan, normalmente, cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, que no ha sido abordado antes” (Sampieri H 1997 Pag,13).

#### **3.3. Características de la investigación**

Son de análisis documental, recolección de información, procesamiento, análisis e interpretación de datos, sobre Aumento de la vida útil de relavera mediante la evaluación de costos unitarios en el sistema de relleno hidráulico en la Mina Animón – Compañía Minera Chungar S.A.C.

### **3.4. Método de investigación**

Se empleará una metodología en este trabajo es el científico porque nos ceñiremos a la estructura científica de la investigación y a la vez usaremos los métodos específicos de inducción, analítico.

### **3.5. Diseño de investigación**

Este trabajo presenta una propuesta de diseño que se define por un perfil no experimental transversal ya que está definido para un tiempo temporal de 6 meses.

### **3.6. Procesamiento del muestreo**

#### **Población**

El segmento poblacional o universo de estudio lo conforman todas las relaveras que están emplazadas en las distintas operaciones mineras del centro del Perú.

#### **Muestra**

Se tomó como muestra específica la relavera de la “Mina Animón – Compañía Minera Chungar S.A.C.” porque había necesidad de alargar la vida de dicha relavera

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

#### **Técnicas**

En el caso del levantamiento de datos y su posterior evaluación y análisis, se tuvo como referencia los siguientes aspectos: observación directa y reportes de los procesos de depocitacion de los relaves, elaboración de diagramas, análisis de los indicadores de producción de relaves, análisis documental de las operaciones.

#### **Instrumentos**

Y como instrumentos: Los instrumentos utilizados para el estudio son el reporte diario de relleno hidráulico y reportes e informes de la relavera.

### **3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Se revisará sistemáticamente toda la información recopilada a efectos de determinar su calidad y el grado de confianza para lo cual planificares la etapa de nuestra investigación teniendo en cuenta las siguientes etapas.

- Etapa preparatoria
- Etapa de trabajo de campo
- Etapa analítica
- Etapa de elaboración del informe

### **3.9. Orientación ética**

Wiersmar y Jurs (2008) identifican aspectos relacionados con los derechos que se deben seguir ante una investigación cuantitativa.

Confidencialidad: no se revele la identidad de los participantes; ni se indique de quiénes fueron obtenidos los datos y anonimato. Traicionar la confianza de los participantes es una seria violación a los principios de la ética y la moral.

Dar algo en: es conveniente que los participantes reciban “algo” en reciprocidad de su involucramiento en un estudio.

Agradecimiento: Por ejemplo, capacitación, información, un regalo. por el reconocimiento (un diploma, una carta).

Es sumamente importante que conozcan los resultados finales de la investigación, resultados de los estudios es necesario para la investigación calidad de los mismos.

## CAPITULO IV

### PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. Presentacion, análisis e interpretación de resultados

Ubicación de la relavera

Este trabajo investigativo sobre el tema de “Relavera” se restringe a “La Empresa Administradora Chungar S.A.C. (EACH), unidad minera ANIMON, que 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 msnm” **(Cabezas, 2016, p.25)**. y presenta las siguientes características:

“A una altitud de 4 610 msnm, y a 76°25’19” longitudinales y a 11°01’ 35”

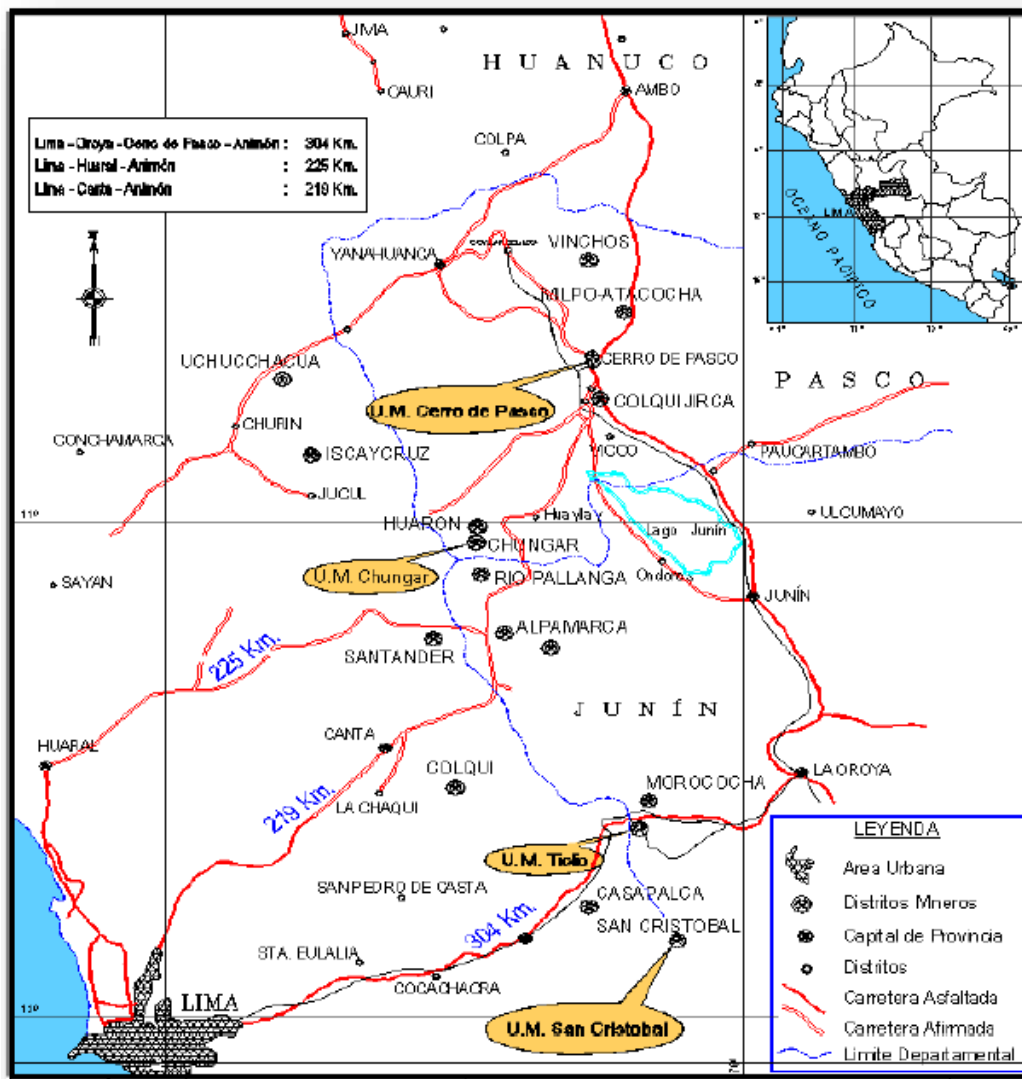
“de latitud con coordenadas UTM:

a) N: 8 780 500

b) E: 345 000”

Figura 17

Ubicación de la mina



Extensión de la relavera

El área que comprende la relavera y donde se hará el estudio es de 60,000 m<sup>2</sup>.

#### 4.1.1. Aspectos físicos de la zona

##### a) Topografía y fisiografía

El perfil topográfico del emplazamiento está determinado, en sus secciones bajas, por su estabilización y moderación. Si la perspectiva se orienta de Este a Oeste destacan algunas cumbres que están ubicadas

por los 5 mil metros de altitud. Estos picos son parte de la cordillera que conforma el margen de la meseta de Los Andes centrales.

Específicamente, en la composición morfológica del sitio donde se realizan las operaciones se evidencia la consecuencia de un proceso de degradación litológica. Se puede observar que esto fue causado por elementos provenientes de un proceso de meteorización. Además, se puede apreciar en estos cuerpos litológicos la presencia de arenisca, calvo arenisca y conglomerado los que nos permite tener idea de los elementos de su composición básica.

El proceso de meteorización fue primordial para modelar la composición contemporánea del lugar donde se realizan las operaciones actuales. Específicamente factores como la temperatura media del entorno ambiental, la presencia de lluvias y el fenómeno de escorrentías que presenta la superficie fueron determinantes en esta modeliza como morfológica.

#### b) Geología local

Localmente en términos geológicos destaca el fenómeno denominado demudación. Esto se ve reflejado en la presencia de sedimentitas como parte de la conformación litológica que a su vez es una evidencia de un importante periodo de emersión en lo que hoy es el yacimiento Animón. Por otro lado, se ha encontrado que el grupo Casapalca en sus: “capas rojas” presenta dos etapas de sedimentación diferenciadas cíclicamente. El primer ciclo presenta características de una mayor potencia. Además, se trata de un ciclo más grueso con hasta 1,500 metros en su parte más ancha y 1400 en su parte menos ancha. En cambio, el segundo ciclo presenta sólo un grosor de 900 metros en su parte más ancha y 800 en su parte menos ancha.

Ambos ciclos están caracterizados en su parte inferior por presentar un conglomerado abundante además de arenisca en igual dimensión. En cambio, en la parte superior hay presencia piroclástica además de yeso y horizontes de curry. Podemos inferir que la proveniencia de estos componentes es de orientación este, lo que actualmente es la cordillera oriental de Los Andes. Se concluye lo anterior debido a que su orientación y gradación de clastos así lo evidencian.

c) Geomorfología

El yacimiento está situado a una altura que supera los 4600 metros sobre el nivel del mar y en su punto más alto alcanza los 5000. Si tomamos como referencia la denominada medra de Junín el yacimiento estaría ubicado en la orientación oeste. Los Andes occidentales atraviesan el sitio en una orientación norte-este NW, es ahí donde el yacimiento encuentra su punto de mayor altitud. Pero la altura media del yacimiento se ubica usualmente en los 4400 msnm.

Fluvialmente el efluente principal que encuentran las aguas en esta zona es la cuenca del Río Mantaro que se encuentra en dirección al atlántico. El espacio geomorfológico que se produce cuando la cordillera andina entra en contacto con el altiplano central peruano en la región de Junín o la meseta de Junín produce una falla regional de grandes dimensiones, cuya orientación es NW. Es en esta falla que tienen lugar una gran diversidad de yacimientos mineros. Lo que es un indicador del nivel geomorfológico de las condiciones naturales para la actividad minera.

d) Tipo de suelo

Básicamente el suelo está conformado por elementos pertenecientes al cuaternario con preponderancia de materia aluvial. En este contexto es que se da la presencia de horizontes de limo, turbas y arcillas y grava arcillosa o limosa. Se debe tener en consideración esta composición

debido a que serán los materiales principales para construir el dique de crecimiento, así como la relavera.

e) Sismicidad

Si nos orientamos por las zonas sismológicas establecidas por el INDECI el yacimiento se encuentra emplazado en una zona determinada por una intensidad sismológica en escala de Mercalli de grado VIII.

Geodinámicamente el principal fenómeno que domina en contexto geológico donde está emplazado el yacimiento es el contacto entre las placas tectónicas Sudamericana y la placa de Nazca. Este encuentro geológico es la principal causa de la constante actividad sísmica de gran magnitud.

Para una estimación del posible mayor escenario sísmico en el lugar del yacimiento, por medio de modelos estadísticos, se llegó a concluir que un sismo de esas proporciones alcanzaría una magnitud de 7,8. Este evento tendría lugar dentro de un lapso de cien años.

f) Rasgos naturales

Como mecanismo de prevención ante ocurrencias imprevistas causadas por fenómenos naturales se deberán identificar los puntos vulnerables o las probabilidades de que este se produzca en la etapa de construcción u operación de la relavera. Además, también se debe tener en cuenta la ocurrencia de un accidente que pueda comprometer la integridad medio ambiental del entorno. Los fenómenos que podrían producir desenlaces de este tipo son los movimientos telúricos y el deslizamiento de tierra.

### **Sismos**

Como fenómeno de la naturaleza este movimiento brusco, repentino y pasajero que puede alcanzar magnitudes variables y además puede ocasionar



serios impactos en la superficie se origina en la capa superficial de la Tierra. Como efecto del desplazamiento de las capas tectónicas estas entran en colisión unas con otras, lo cual produce un enorme desfogue de energía como consecuencia del impacto.

### **Deslizamientos**

Este fenómeno se denomina al movimiento brusco, repentino y masivo de un cuerpo sólido. En nuestro contexto este fenómeno puede ocurrir en los taludes de las relaveras debido al aumento de lluvia.

Sin embargo, como parte del plan de cierre de operaciones la empresa ha dispuesto un sistema de aseguramiento del talud de la relavera mediante un procedimiento de revegetación de este talud. Además, se dispuso la implementación de canales para evacuar el agua de escorrentías en coronas y pie de talud.

En el escenario de que un fenómeno imprevisto ocurra se activará el plan de emergencia que dispone la inmediata movilización de la Brigada de Emergencia. Esta brigada tiene el entrenamiento y capacitación adecuada para intervenir y desplegar acciones en casos como este. Su preparación y operatividad es responsabilidad de la empresa que siempre deberá coordinar con INDECI las medidas a tomar en todos los casos requeridos.

#### **g) Climatología**

Las condiciones climatológicas del lugar de operaciones están determinadas básicamente por los elementos y escenarios propios que ofrecen la cordillera andina del Perú.

En este contexto podemos diferenciar dos periodos marcadamente. Por un lado, tenemos el verano serrano que se caracteriza por una presencia intensa de precipitaciones fluviales. Esta estación abarca los meses de

diciembre a febrero. Por otro lado, el otoño presenta condiciones climáticas frías nocturnas y sol intenso de mañana.

Así mismo, el clima frío se intensifica durante el período invernal entre los meses de junio hasta agosto. A partir de ahí climáticamente se produce un intervalo de frío nocturno y sol diurno. Esta interacción de calor y frío se registra hasta el mes de noviembre y está acompañado de constantes lluvias de menor intensidad. La temporada de lluvias intensas se produce durante el verano de la sierra y tiene presencia entre enero y marzo. Es común que a en las últimas semanas de diciembre estas lluvias constantes y fuertes también presenten episodios de granizo y nieve.

Específicamente, en cuanto al componente pluvial por precipitaciones este se caracteriza por presentar promedios anuales en el nivel de los 854mm. Además, si atendemos a la clasificación climatológica el entorno del proyecto se ubica en lo que se denomina clima boreal seco de alta montaña, tundra o valle mesoandino. En cuanto a su caracterización termostáticamente presenta valores entre 0 y 7 grados entre el invierno y el verano. Asociándose los climas más fríos a las temporadas de helada intensa. Los registros para la humedad ambiental relativa alcanzan un valor promedio de 83 por ciento.

Por las condiciones geo climáticas no es difícil entender que se presenten fenómenos como una baja concentración de oxígeno en el ambiente. Además, un factor que acrecienta la frigididad del ambiente es la alta densidad del aire y su sequedad lo que tiene como consecuencia que no sea un medio para conducir o acumular calor.

Otra característica muy marcada del entorno climático donde se realizará el proyecto es que la velocidad del viento oscila entre los 12 y 19 kilómetros por hora.

#### **4.1.2. Trabajo de campo**

##### **Actividades realizadas**

Después de la evaluación de la zona donde se encuentra la relavera, se realizó una serie de actividades como:

- Constitución a la zona de la relavera para constatar las condiciones en la que se encuentra la relavera
- Con el fin de conocer cuál será el comportamiento mecánico y físico de los elementos que se usaron para la construcción de la relavera se la evaluará geotécnicamente. La información obtenida a partir de esta evaluación indica que el talud presenta una relación entre su eje vertical y su eje horizontal de 2 a 1. A continuación, se muestra dicho resultado de manera gráfica.

**Figura 18**

*Pendiente de la relavera V:H, 2:1*



**MP: Dique construido con Material de Préstamo;**

**MC: Dique construido con Material de Relleno Convencional**

- Se recogió fragmentos representativos del material usado en la construcción del depósito de relave. Fueron muestras con componentes de préstamo y también con componentes de relleno convencional.
- Las características físicas de la construcción fueron obtenidas mediante el análisis de factores como nivel de humedad, límite para consistencia de Atterberg, grado granulométrico que se alcanza al tamizar, factor de compactado Proctor modificable, secuencia SUCS, corteado directamente y compresiones de tipo Triaxiales doble U y CU. En los cuadros siguientes se muestra esta información detalladamente.
- Verificación de la construcción del dique que fue construido en dos etapas: para la primera parte se optó por usar el sedimento que está presente en las inmediaciones del emplazamiento del depósito de relave, como material de préstamo. En la segunda parte hubo un cambio al momento de elegir el material y se optó por relave grueso seleccionado.

### Ensayos de caracterizaciones físicas del material de préstamo

**Tabla 1**

*Caracterización física del material de préstamo*

Muestra	Profundidad (m)	Clasificación (SUCS)	Clasificación (AASHTO)	Contenido de Humedad (%)	Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )
M - 3A	0,40 m	GC - GM	A - 1a (0)	0.7	2.02
M - 4A	0,40 m	GC - GM	A - 1b (0)	1.4	2.06
M - 4B	0,40 m	GM	A - 1b (0)	---	---
M - 4C	0,40 m	CL - ML	A - 4 (0)	15.0	1.75
M - 5B	0,40 m	GM	A - 1b (0)	1.0	2.00

### Ensayo de compresión triaxial del material de préstamo (mt)

**Tabla 2***Ensayo de compresión triaxial del material de préstamo*

<b>MUESTRA (M-4A) – CORONA MT</b>					
<b>ESFUERZO AXIAL</b>	<b>RESISTENCIA AL CORTE (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>ESFUERZO CORTANTE (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>FACTOR DE SEGURIDAD</b>	<b>FS PROMEDIO</b>	<b>TALUD / PRESA</b>
1 Kg/cm <sup>2</sup>	1.325	0.645	2.054	> 1	Adecuado
2 Kg/cm <sup>2</sup>	1.850	1.53	1.209		
4 Kg/cm <sup>2</sup>	2.900	3.091	0.938		

Ensayo del material de relave selectivo para la construcción por recrecimiento de la relavera con material de relave convencional

**Tabla 3***Estabilidad de taludes de la relavera*

<b>MUESTRA (P1)</b>				<b>FS PROMEDIO</b>	<b>TALUD/PRESA</b>
<b>Esfuerzo Normal (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>RESISTENCIA AL CORTE (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>ESFUERZO CORTANTE (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>FACTOR DE SEGURIDAD (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<1	No Adecuado
1	0.404	0.397	1.018		
2	0.808	0.869	0.930		
4	1.616	1.62	0.998		
<b>MUESTRA (P2)</b>				<b>FS PROMEDIO</b>	<b>TALUD/PRESA</b>
<b>Esfuerzo Normal (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>RESISTENCIA AL CORTE (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>ESFUERZO CORTANTE (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>FACTOR DE SEGURIDAD (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	>1	Adecuado
1	0.700	0.397	1.763		
2	1.400	0.869	1.611		
4	2.800	1.62	1.728		
<b>MUESTRA (P3)</b>				<b>FS PROMEDIO</b>	<b>TALUD/PRESA</b>
<b>Esfuerzo Normal (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>RESISTENCIA AL CORTE (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>ESFUERZO CORTANTE (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>FACTOR DE SEGURIDAD (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	>1	Adecuado
1	0.845	0.397	2.128		
2	1.151	0.869	1.325		
4	1.762	1.620	1.088		

**Cálculo del factor de seguridad (fs) del material de préstamo (mt) taludes  
de la relavera**

**Tabla 4**

*Factor de seguridad del material de préstamo de la relavera*

MUESTRA (M-3A) – CORONA MT			FS PROMEDIO	TALUD/PRESA
RESISTENCIA AL CORTE (kg/cm2)	ESFUERZO CORTANTE (kg/cm2)	FACTOR DE SEGURIDAD		
0.753	0.628	1.119	> 1	Adecuado
1.507	1.487	1.013		
3.014	3.067	0.982		
MUESTRA (M-5B) – TALUD MT			FS PROMEDIO	TALUD/PRESA
RESISTENCIA AL CORTE (kg/cm2)	ESFUERZO CORTANTE (kg/cm2)	FACTOR DE SEGURIDAD		
0.781	0.711	1.098	> 1	Adecuado
1.562	1.759	0.888		
3.125	2.962	1.055		
MUESTRA (M-4B) – TALUD MT			FS PROMEDIO	TALUD/PRESA
RESISTENCIA AL CORTE (kg/cm2)	ESFUERZO CORTANTE (kg/cm2)	FACTOR DE SEGURIDAD		
0.781	0.711	1.098	> 1	Adecuado
1.562	1.759	0.888		
3.125	2.962	1.055		
MUESTRA (M-4A) – CORONA MT			FS PROMEDIO	TALUD/PRESA
RESISTENCIA AL CORTE (kg/cm2)	ESFUERZO CORTANTE (kg/cm2)	FACTOR DE SEGURIDAD		
0.753	0.645	1.167	< 1	No adecuado No considerado por Descarte
1.507	1.53	0.984		
3.014	3.091	0.975		
MUESTRA (M-4C) – RELAVE: DENTRO DE LA PRESA			FS PROMEDIO	TALUD/PRESA
RESISTENCIA AL CORTE (kg/cm2)	ESFUERZO CORTANTE (kg/cm2)	FACTOR DE SEGURIDAD		
0.587	0.612	0.959	< 1	No adecuado/ Normal. <b>No problema por ser relave</b>
1.075	1.078	0.997		
2.05	2.618	0.783		

a. Recrecimiento de la relavera

Las operaciones en la mina animan demandan unas dimensiones para su relavera que alcance los 1600000 metros cúbicos. Así mismo, el diseño de este depósito de relave de ajustarse al requerimiento de una mínima expansión

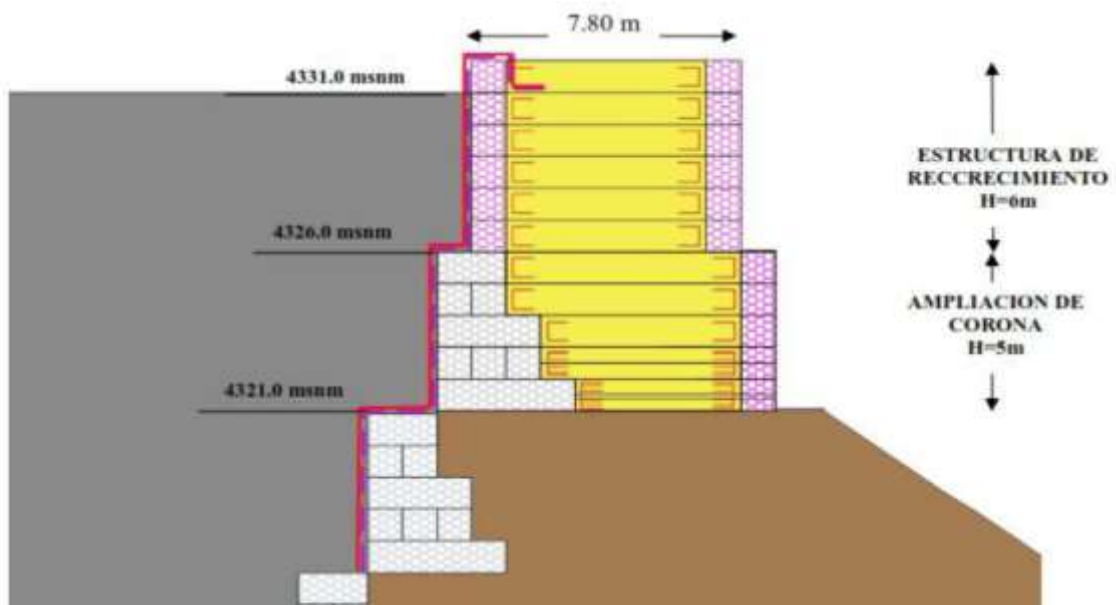
volumétrica para el relleno. Además de reducir el área de afectación al mínimo indispensable.

A continuación, se da muestra de los requerimientos específicamente que se proponen para la construcción de la relavera. Además, se detalla las razones para elegir el lugar de su emplazamiento, así como debería ser configurada y diseñada.

La propuesta considera incluir en la configuración de la construcción un muro desde el suelo de 11 metros de alto con reforzamiento. La extensión de este muro responde a las necesidades estructurales de recrecimiento hasta los 6 metros y a partir de ese nivel se dispone ampliar la corona hasta los 11 metros.

**Figura 19**

*Recrecimiento de la relavera*



La finalidad de configurar estructuralmente el depósito para el recrecimiento es que pueda servir para la contención del relave que será depositado. Ahora bien, dicha contención o infraestructura de deposición debe guardar ciertos parámetros de estabilidad tanto físicos como químicos.

Por lo señalado anteriormente al momento de diseñar el depósito para un recrecimiento se incluyó los siguientes parámetros estructurales.

<b>Parámetros Estructurales para Recrecimiento</b>	
<b>Elemento estructural</b>	<b>Detalle de ingeniería</b>
Ampliación de Corona	Terramesh System 1 cara de 5
Estructura de recrecimiento	Terramesh System doble cara de 6m
Revestimiento de la relavera	Sistema de impermeabilización
Evacuación de agua de la relavera	Sistema de Drenaje de Pondaje

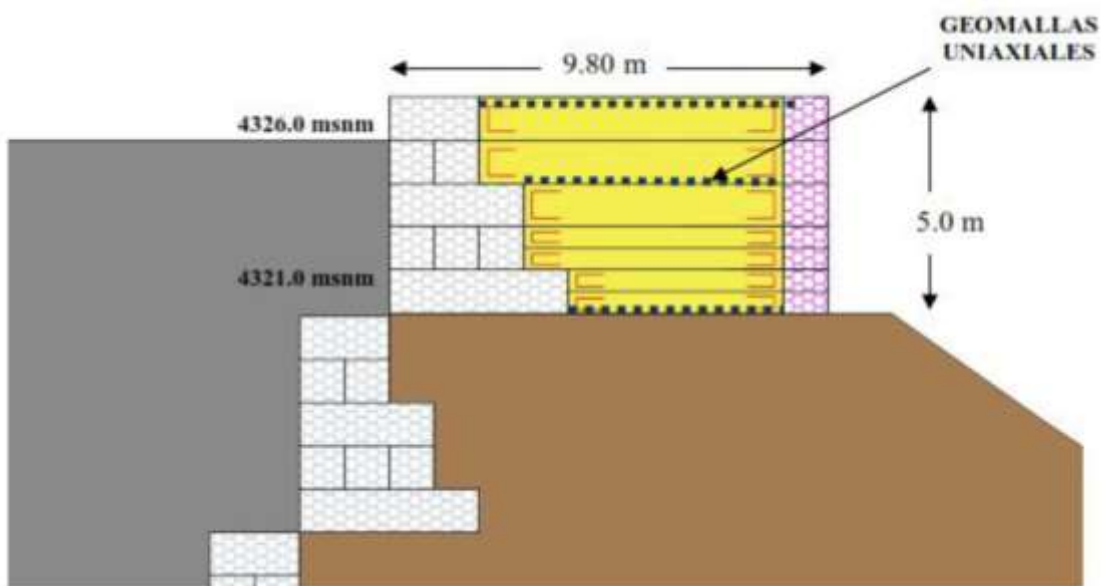
b. Ampliación de la Corona de 5 m.

Esta es una propuesta que proyecta una ampliación en el segmento ancho de la corona hasta alcanzar los 9.80 metros. Para ello se dispondrá un muro de suelo con refuerzo entre los niveles de cota 4321 a 4326 metros.

Como elementos adicionales para asegurar condiciones de reforzamiento se propone el uso de geomallas uniaxiales que serán dispuestas entre los niveles 4320 a 4322 metros.

**Figura 20**

*Ampliación de la corona*



c. Excavación para ampliar la corona



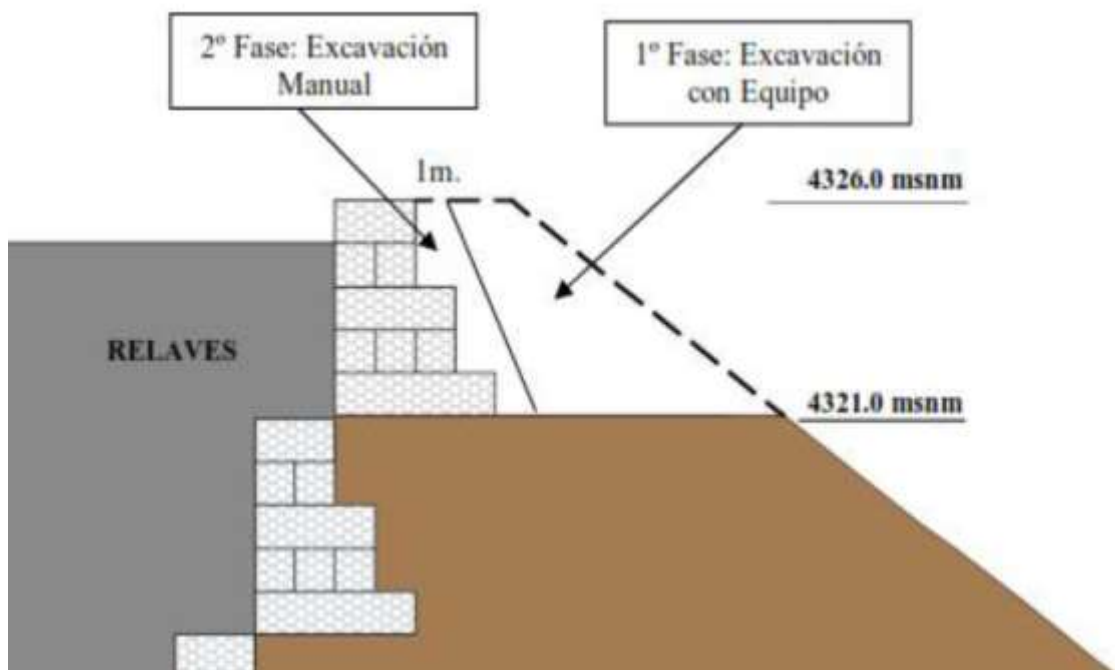
Con la finalidad de obtener una corona más amplia por medio de un muro con reforzamiento desde suelo consideramos excavar desde el nivel 4326 al 4321. Es decir, comenzar la proyección de la corona, alrededor de la presa.

La excavación alrededor de la presa se llevará a cabo en dos etapas. De acuerdo al tipo de equipamiento que se usará en las labores. La primera etapa deberá realizarse con maquinaria pesada y la segunda etapa a mano.

La distancia respecto del gavión es el principal criterio operativo para la excavación en la primera etapa. Según este criterio dicha distancia debe ser de 1 metro de material. Este criterio responde a salvaguardar estructuralmente la relavera. Cuando termine la primera etapa se continuará con equipamiento manual con el fin de reducir al mínimo posible el impacto de la excavación por parte de gavión. Cuando la pared de gavión se encuentre expuesta la etapa habrá terminado.

**Figura 21**

*Etapas de excavación manual y con equipo*



d. Estructura de recrecimiento Muro terramesh 6m

Estructuralmente, el recrecimiento está conformado de un muro/pared de suelo con reforzamiento usando el método Terramesh y sus dimensiones serán de 6 metros de alto por 7,80 de ancho. Por otra parte, se apoyará sobre el aporte estructural ampliado de la corona.

En cuanto al método Terramesh se trata de la conformación de un solo conjunto de elementos. Lo componen una malla hexagonal para refuerzo de torsión doble que funciona y se dispone frontalmente mediante un parámetro de encajonamiento. A continuación, se puede ver la disposición señalada.

En términos generales la fortificación mediante un muro para el recrecimiento que se proyecta presenta los siguientes componentes característicos en cuanto a su geometría.

<b>Geometría Estructural de los componentes para el recrecimiento</b>	
<b>Componente</b>	<b>Geometría Estructural</b>
Ancho de corona	7,8 metros
Nivel de corona	4332 msnm
Nivel de deposición de relaves	4331 msnm
Altura de Recrecimiento	6 metros
Borde Libre	1 metro
Talud aguas abajo	Vertical
Talud aguas arriba	Vertical
Longitud de Muro	825 metros
Volumen de Almacenamiento	1 600 000 metros cúbicos
Período de almacenamiento	3 años 4 meses

e. Sistema de impermeabilización

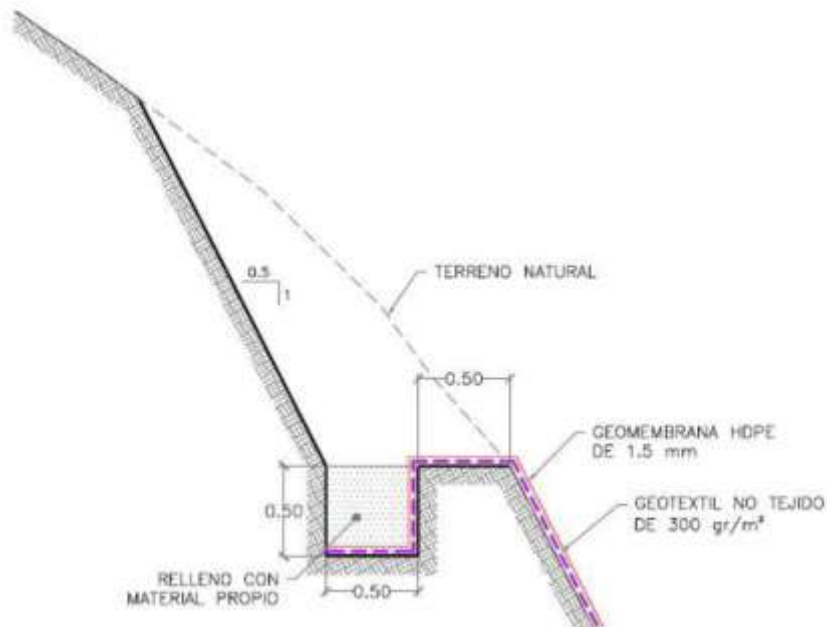
Para desarrollar esta propuesta se debe tener en cuenta y disponer de una impermeabilización en el nivel superior del talud en ambas márgenes del muro con reforzamiento. Así mismo, el sistema que se usará para anclar tanto

en el muro como en el talud se exponen detalladamente en los planos presentados.

Para garantizar una cobertura impermeable se dispondrá el uso del sistema HDPE que consiste en una geomembrana con 1.5 mil otros de espesor que se instala acompañado de un geotextil sin membrana de 300 gramos por metro cuadrado, de esta manera se previene fallas en puntos vulnerables a punzones. Todos estos aspectos serán detallados en las siguientes figuras.

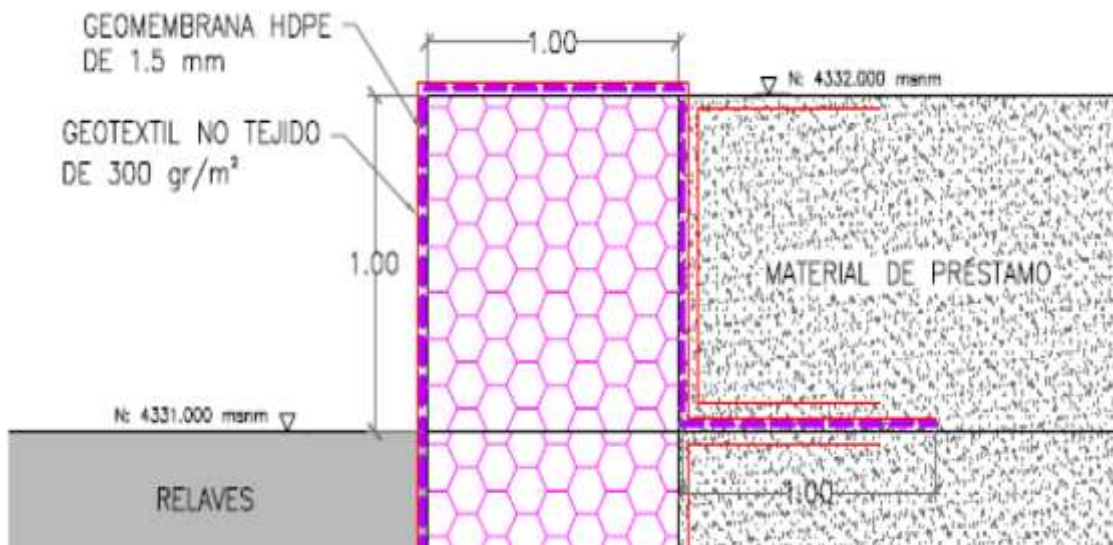
**Figura 22**

*Anclaje de la geomembrana*



**Figura 23**

*Anclaje del anclaje de la geomembrana en el muro de recrecimiento*



#### Evaluación de aguas de pondaje

El sistema propuesto para la evacuación de aguas de pondaje consiste en el uso de bombas que serán instaladas sobre balsas ya disponibles. Debido a que es recurrente la acumulación de estas aguas en la denominada cola del depósito. Usando el sistema de bombas esta agua será redirigido con destino de la planta metalúrgica.

La finalidad de este sistema de bombas de funcionamiento periódico es doble. Por un lado, usando esta agua redirigida se cubre la necesidad de agua para el funcionamiento de la planta. Por otro lado, el proyecto objetivo primordial es lograr que la relavera pueda ofrecer una capacidad de depositado óptimo.

#### Control del desbordamiento

Para evitar desborde por recrecimiento se prevé dejar un segmento antes del borde de 1 metro de ancho. Como medida de seguridad en caso la presa alcance su capacidad máxima.

#### Control del deslizamiento

Entre las medidas para prevenir posibles deslizamientos se deberá contar con un análisis de punto de estabilización interno y otro de nivel de estabilización global. Además, ambos análisis deberán ser considerados en condiciones estáticas y condiciones sísmicas. Para este segundo escenario de condiciones se dispuso de la metodología pseudóstática. Los coeficientes de sismicidad utilizados fueron de 0.12. Este nivel es el que se presenta cuando la aceleración alcanzada es la mitad de los niveles máximos que se registran sobre riesgo sísmico.

En cuanto a los estudios de nivel de estabilización interna y global fueron posibles por medio de modelación de software MacStart 2000 y Slide v5.0. A continuación se detalla el resultado arrojado por esos programas.

**Tabla 5**

*Análisis de estabilidad*

SECCION	FACTOR DE SEGURIDAD (Estabilidad Global)	
	ESTATICO	SISMICO
Crética	1.541	1.236

f. Proceso de construcción

Entre las labores más determinantes y que tendrán mayor relevancia al momento de iniciar las obras de ingeniería para construir la infraestructura de recrecimiento se encuentran las siguientes:

- Limpieza o desinstalado de elementos que pudieran representar obstáculos al proceso de construcción. Entre los elementos que pueden interferir están

las tuberías de acero HDPE ubicados en el segmento denominado vaso de la corona, además de otros materiales que podrían interponerse para construir el dique.

- Retirar el suelo suelto u otros materiales que puedan encontrarse en la superficie del sitio para las operaciones de recrecimientos y actividades conexas.

- Excavar utilizando equipamiento pesado o por labores manuales la parte lateral del muro reforzado con el objetivo de prevenir daño al gavión.

- Realizar labores para extraer mecánicamente el material para el relleno estructural. Inmediatamente después de la extracción se debe cribar la calidad de dicho material para recién transportarlo y disponerlo adecuadamente.

- Seleccionar, transportar y acopiar el material rocoso que se utilizará para rellenar los gaviones. Para se debe garantizar un nivel granulométrico adecuado por norma técnica.

- Compactar el material destinado para rellenar estructuralmente. La misma demanda por nivel adecuados y calidades sobre granulometría que especifique la norma técnica.

- Instalar el recubrimiento HDPE en forma de geomembrana con 1.5 milímetros de espesor y con capacidad impermeable en la parte superior de las aguas del muro. Además, conjuntamente se debe instalar el geotextil elaborado sin tejido de 300 gramos por metro cuadrado.

- Instalar los instrumentos geotécnicos con la necesaria reubicación de los piezómetros que ya están instalados.

- Elaborar los planos para el recrecimiento de la relavera.

g. Control topográfico

Este método para controlar la topografía de instalación adicional en el recrecimiento de la relavera requiere disponer de hitos o puntos para la medición topográfica.

Materialmente para ubicar estos puntos se debe disponer de bases de concreto, sobre estas se ubican el equipamiento de medición topográfica.

Las mediciones se realizan con una frecuencia mensual en periodos de estalaje y se reducirá a dos semanas en periodos de lluvias.

Inicialmente se deben recabar información topográfica desde un punto de partida, lo que permitirá a partir de ese punto inicial medir posibles desplazamientos hacia otros puntos desde el punto de referencia.

#### **4.2. Discusión de resultados**

- **Estimación de costos de CAPEX**

Con la finalidad de estimar los costos de implementar la infraestructura para el recrecimiento del depósito de relave se tuvo en consideración los costos directamente asociados a esta construcción, los costos por actividades indirectas, la gestión de obras, el nivel y garantía de calidad y posibles contingencias.

- **Costos Directos**

El criterio principal para establecer el costo directo de cada labor específica fue considerar el metraje de obra, además se consideró cada labor en términos de precios por unidad de obra. Sin embargo, no se incluyó en estos cálculos el criterio de crecimiento o expansión de obras.

Las expectativas sobre la realización de las obras de ingeniería son que el método, los estándares y resultado constructivos será óptimos. Por esa motivación se debería asignar dicha obra a una empresa ejecutora con amplias calificaciones en ese sector. Así mismo, el personal designado a esta obra debería demostrar una experiencia destacable en labores similares.

- **Costos Indirectos**

Para la estimación de costos que no están necesariamente relacionados a la ejecución de las obras de ingeniería y por ello los denominamos indirectos se tuvo en cuenta rubros como: gastos por operatividad en general, gastos de supervisiones y los trabajos de ingeniería en detalle.

- **Costo de CAPEX**

Específicamente el recrecimiento de 6 metros tendrá un costo Capex que se estima de la siguiente manera como se muestra en el cuadro sobre costo del depósito de relave a continuación los detalles:

**Tabla 6**

*Costo de Capex*

<b>COSTO DE CAPEX</b>				
<b>Costo directo (\$)</b>	<b>Gastos generales (\$)</b>	<b>Costo de supervisión (\$)</b>	<b>Costo de elaboración del proyecto (\$)</b>	<b>Costo total (\$)</b>
14,600,000	100,000	200,000	100,000	15,000,000

Se calcula que el volumen de material de relave que se podría almacenar es del orden de 1600000 metros cúbicos. Este cálculo está realizado para una cota altitudinal de 4332 m.s.n.m. En términos económicos el costo de esta infraestructura alcanza por metro cúbico de material depositado los: 9,736 dólares.

En ese sentido se puede estimar que la construcción de la relavera tendrá un costo de 15 millones de dólares. Adicionalmente, su actividad operativa que consiste en bombeo es 0,361 dólares por metro cúbico. Esto representa un costo de transporte de relave de 9,375 dólares por metro cúbico.



**Tabla 7***Análisis de costo de la relavera*

ANALISIS DE COSTO DE LA RELAVERA		
COSTO DE RECRECIMIENTO	US\$	15000000
VOLUMEN CREADO	M3	1600000
COSTO DE RECRECIMIENTO	US\$/M3	9.375
COSTO DE BOMBEO	US\$/M3	0.361
TOTAL COSTO RELAVE HACIA LA CANCHA		9.736
AHORRO DE COSTO MENSUAL		78570.09271
AHORRO DE COSTO ANUAL		942841.1125

- **Costo de Opex**

El costo de operación de mandar el relave desde la planta de relleno hidráulico hacia la relavera comprende el costo del recrecimiento más el costo de bombeo como apreciamos en el presente cuadro.

**Tabla 8***Costo de Opex*

COSTO DE OPEX		
COSTO	UNIDAD (\$)	IMPORTE (\$)
Costo de recrecimiento	(\$)	9.375
Costo de bombeo	(\$)	0.361
Costo total de relave hacia la cancha		9.736

- **Vida útil de la relavera**

Al revisar la información de los datos de volumen promedio mensual que se deposita en la relavera fue de 48,064.803 m<sup>3</sup>, pero a partir del mes de julio el requerimiento de relleno hidráulico para las diferentes labores aumento en 8,070 m<sup>3</sup> en promedio, lo que indica que él envió a la cancha de relaves disminuyo en esa cantidad es decir en 8,070 m<sup>3</sup>, depositando a la relavera 39,994.8 m<sup>3</sup>.

La vida útil de la relavera será:

### En condiciones normales

1,600,000 m<sup>3</sup> capacidad de relavera

48,064.803 m<sup>3</sup>/mes promedio de volumen mensual a relavera

1,600,000 m<sup>3</sup>/48,064.803 m<sup>3</sup>/mes: 33.3 meses

### Con incremento de relleno hidráulico a la mina de 8,070 m<sup>3</sup>

1,600,000 m<sup>3</sup> capacidad de relavera

39,994.8 m<sup>3</sup>/mes por incremento de relaves a la mina

1,600,000 m<sup>3</sup>/39,994.8 m<sup>3</sup>/mes: 40 meses

Esto nos da una vida útil 3 años con 4 meses

A continuación, mostramos un cuadro de la vida operativa de la relavera

Animom de los años 2017 y 2018.

**Tabla 9**

*Vida útil de la relavera Animon – 2017 - 2018*

VIDA ÚTIL DEPOSITO DE RELAVE ANIMON - AÑO 2017 - 2018					
CONSIDERA PLAN DE DISPOSICION DE RELAVE EN OPERACION 4% Y 2%- SECUENCIA DE DISPOSICION					
FECHA	VOLUMEN MENSUAL ACUMULADO (M3)	VOLUMEN FINAL PROYECTADO (M3)	VOLUMEN FINAL PROYECTADO (M3)	Fecha de Vida Útil Proyectada	Fecha de Vida Útil Proyectada
	ETAPA 04 - AÑO 3 COTA 4618 y 4621	ETAPA 04 - AÑO 3 COTA 4618	ETAPA 04 - AÑO 3 COTA 4621	Etapa I 4618	Etapa II 4621
01-Nov-17		876,160.70	1,749,726.51	13-Ene-19	25-Mar-20
10-Dic-17	48,920.56	827240.14	1,700,805.95	28-Ene-19	08-Abr-20
10-Ene-18	55,420.56	771819.58	1,645,385.39	31-Ene-19	12-Abr-20
05-Feb-18	52,099.22	719720.36	1,593,286.17	31-Ene-19	12-Abr-20
15-Mar-18	47,607.36	672113.00	1,545,678.81	14-Feb-19	26-Abr-20
07-Abr-18	38920.56	633192.44	1,506,758.25	18-Feb-19	29-Abr-20
07-May-18	45420.56	587771.88	1,461,337.69	25-Feb-19	07-May-20
15-Jun-18	30,202.87	557569.01	1,431,134.82	21-Mar-19	31-May-20
13-Jul-18	19,841.00	537728.01	1,411,293.82	08-Abr-19	18-Jun-20
07-Ago-18	40,224.14	497503.87	1,371,069.68	13-Abr-19	23-Jun-20

- **Mantenimiento de la relavera**

Siendo este depósito de relave una obra de ingeniería de grandes dimensiones y que se encuentra sujeta a las inclemencias de la naturaleza que pueden deteriorarla lentamente. En ese sentido, para asegurar una vida

operativa y eficiente de la relavera es crucial un buen programa periódico de mantenimiento.

Las acciones para mantener en óptimas condiciones una infraestructura cómo está son distintas y dependen específicamente del tipo de presa que se trata, teniendo para ello consideraciones del tipo función, material de construcción, años de servicio o lugar y condiciones naturales del emplazamiento.

Por ejemplo, si se trata de una infraestructura construida principalmente en tierra será fundamental que las labores de mantenimiento se concentren en los taludes. Teniendo una especial atención a la acción de agentes que pueden provocar erosiones. Para nuestra propuesta se dispone de dos soluciones dependiendo si se trata de taludes aguas arriba o abajo. En el primer caso, se aplicará una cobertura de protección mediante geomembrana. En el segundo caso, se dispondrá de revisiones periódicas que garanticen la prevención del estado óptimo de los cimientos y las laderas.

A continuación, se presentan los criterios principales para el control de mantenimiento de la relavera.

- **Control de sobreelevación de presa**

Se tendrá en cuenta:

- Taludes, que no contengan el grado de inclinación de acuerdo con los criterios del diseño propuesto. Para prevenir esa descoordinación es necesario optar por producir las escuadras acordes al diseño inicial. El taller de carpintería o metal mecánica de la empresa podría producirlos especialmente para esta labor sin ningún inconveniente y de esta manera se puede facilitar un control adecuado.
- Se debe registrar la ubicación en toda la extensión del talud de posibles signos de alguna fisura o rajado. Una señal clara de este hecho sería encontrar agua, humedad, grietas, entre otras señales.

- Respecto a la vigilancia del nivel de humedad que presentan los materiales del dique o terraplén se puede ver usar la tecnología "Speedy" este mecanismo determina los niveles de humedad de distintos materiales en minutos. De esta manera se debe garantizar que el nivel de humedad en el terraplén sea el óptimo.

- Se deben recoger muestras del agua de filtraciones. Es importante realizar esta tarea de monitoreo para revisar el estado de componentes específicos de la presa. Esta toma debe hacerse directamente del drenaje que se instale en la relavera.

- Determinación de inestabilidad del terreno en la proximidad de la relavera. Generalmente este fenómeno es causado por actividad sísmica que puede afectar a taludes naturales y comprometer la seguridad de la zona adyacente.

- **Control del agua de precipitación y escorrentía sobre la presa**

Con el objetivo de monitorear controlar la presencia de agua de precipitaciones y escorrentías se implementará un mecanismo compuesto por un grupo de bombas dispuestas en la corona en la parte superior de la relavera cuya orientación de pendiente es transversal y se encuentra en el porcentaje de 1. Sin embargo, para el periodo de escorrentías se instaló una cuneta en la parte inferior del talud con el fin que pueda facilitar el drenaje del agua de escorrentías. Para su adecuado funcionamiento debe estar permanentemente limpia y despejada para poder garantizar una evacuación adecuada.

- **Control de obras hidráulicas**

Este aspecto consiste en atender dos infraestructuras. Por un lado, las cunetas que se ubican en la parte inferior del talud, por otro lado, todo el mecanismo hidráulico involucrado de manera auxiliar.

- **Cunetas al pie de talud**

La finalidad principal de monitorear esta infraestructura es garantizar que el agua discurra con normalidad por la cuneta que se encuentra sobre la plataforma al comenzar el talud donde no debería haber ningún elemento que represente o pueda provocar obstrucción. Así mismo, es determinante la constante verificación de algún signo de daño, así sea menor o significativo para poder tomar las medidas de remediación más adecuadas cuanto antes.

- **Obras hidráulicas auxiliares**

Es primordial garantizar que el agua discurra sin encontrar interrupciones en los mecanismos hidráulicos que funcionan auxiliariamente la infraestructura mayor. Una primera medida de mantenimiento es la limpieza permanente que estas obras deben recibir. Por otra parte, es fundamental que el resultado de la construcción de los taludes presente una precisión muy cercana a la del diseño debido a que de esta manera se puede garantizar su estabilidad estructural, y de ese modo se pueda prevenir incidentes por derrumbamientos o desplazamiento de tierra.

El aspecto relacionado a las aguas de escorrentía resulta determinante para lograr un buen nivel de mantenimiento de la totalidad de la infraestructura. Mediante una vigilancia y monitorización permanente, con especial énfasis en la parte interna de la estructura, se debe poder identificar señales que puedan alertar de una situación de mayor preocupación. Estos signos a verificar son:

<b>Posibles Señales de Daño Estructural</b>	
<b>Elemento Estructural</b>	<b>Señales Preventivas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fondo de la presa y paredes</li> </ul>	Grietas, Rajaduras, Fisuras
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estado del Acero</li> </ul>	Desplazamiento del concreto, Corrosión
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Juntas de dilatacion y contraccion</li> </ul>	Calidad y Funcionamiento
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Base de la presa</li> </ul>	Fugas Laterales
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bases estructurales</li> </ul>	Estado de asentamiento
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Taludes</li> </ul>	Desplazamientos, Presencia de humedad
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zonas Aledañas</li> </ul>	Inestabilidad en el emplazamiento de componentes auxiliares

- **Control de disposición de relaves**

El factor principal para controlar y asegurar una correcta distribución al momento de verter el relave en el depósito de la relavera (vaso) es la ubicación de la tubería. Esta tiene que ubicarse a una determinada distancia de seguridad de la ubicación del talud. El objetivo de mantener un espacio de seguridad entre las tuberías y el talud en la parte superior es poder disponer de una plataforma relavera.

Esta estrategia surge como consecuencia del análisis estructural al que fue sometida la relavera en su factor de estabilidad. A partir de dicha evaluación se evidenció que el relave presentaba una carga de resistencia considerable debido a su falta de saturación. Es por este motivo que se consideró que en la parte superior del depósito el talud no debe entrar en contacto con el agua de la relavera.

Es en este punto donde se muestra la principal función de la estructura de recrecimiento que es la contención del material de relave, asegurando se estabilización en términos físicos y químicos.

- **Instalación de geotextil**

La manera adecuada de instalar el geotextil en la superficie es lentamente y guardando todos los cuidados necesarios. Es decir, una vez que la superficie haya sido preparada el geotextil debe ser desenvuelto de la manera más suave permitida. Tanto la superficie como el geotextil no deben presentar pliegues, arrugas o acumulaciones que dificulten o interfieran en su instalación. Para el caso específicos de aplicación en taludes primeramente el geotextil debe ser anclado sobre la corona y a partir de ahí deberá ser desenrollado en orientación al fondo del depósito. Para evitar interferencias de elementos externos al momento de su instalación como por ejemplo ráfagas de viento se debe disponer sacos de tierra. Esta actividad debe realizarse cuidando no dañar el material.

Cuando sea necesario añadir un segmento de geotextil, este deberá ser unido al anterior mediante una costura especial y con un traslape. La unión de dos segmentos debe tener una dimensión máxima de 50 centímetros. De producirse algún daño en el cuerpo de geotextil este debe ser reparado en ese mismo momento.

Para reparar un segmento del material primero se limpia un área de 90 centímetros de radio tomando como foco el segmento dado. El segmento que se utilizará para reparar el área dañada deberá tener una extensión adicional de 90 centímetros al segmento dañado.

## CONCLUSIONES

1. Para determinar la vida útil de la relavera en función del relleno hidráulico primeramente se ha tenido que realizar varias acciones o actividades que nos indica las condiciones del lugar donde se halla la relavera, estos aspectos fueron los aspectos físicos de la zona, topografía, fisiografía, geología, geomorfología, sismicidad, rasgos naturales, climatología.

2. se evaluó las condiciones físicas de la relavera para ver el estado en la que se encontraba, para lo cual se izó una evaluación geotecnia, toma de muestras, evaluación física, verificación de la construcción de la relavera.

3. Se optó por realizar un recrecimiento de la relavera, por las condiciones topográficas, de espacio, no afectar a las áreas circundantes; lo que nos permitirá aumentar la vida útil de la relavera y que estará en relación al uso del relleno hidráulico para rellenar las labores vacías.

4. los costos que significa prolongar la vida de la relavera, mediante el recrecimiento fueron: costos de construcción del recrecimiento 15,000,000 \$ y los costos operativos fue de 9.736 \$/m<sup>3</sup>

5. Las principales características de la relavera y la depocitacion encontradas en el estudio fueron:

- Volumen creado = 1,600,000 m<sup>3</sup>
- costo de relave en cancha = 9.376 \$/m<sup>3</sup>
- Costo de bombeo = 0.391 \$/m<sup>3</sup>
- Bombeo promedio mensual a la relavera = 48,064 m<sup>3</sup>/mes
- Bombeo mensual optimizado a la relavera = 39,994 m<sup>3</sup>/mes
- Incremento de R/H a la mina = 8,070 m<sup>3</sup>/mes
- Vida útil de la relavera = 3 años y 4 meses



## **RECOMENDACIONES**

1. Al haber hecho las evaluaciones sobre la construcción de la relavera por recrecimiento se recomienda su construcción ya que es una alternativa más viable por las condiciones de la zona
2. Al realizar la construcción y durante la depositación del relave se debe realizar en forma constante ensayos de laboratorio, para poder controlar los esfuerzos que realiza la depositación del relava

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asociación de Minería de Canadá. (1998). *Guía para la administración de instalaciones de relaves*. OTTAWA.
- BERNAL, C. (2010). *Metodología de la investigación* (Tercera edición ed.). (P. Educación, Ed.)
- CASTRO, M. (2018). *NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA EL USO Y DISPOSICIÓN DE RELAVES MINEROS APLICADO A CODELCO, DIVISIÓN EL TENIENTE*. [Tesis de licenciamiento UNIVERSIDAD DE CONCEPCION] Repositorio Universidad de Concepción.
- CONSTANCIO, N. (2018). *EVALUACIÓN ECONÓMICA DE CONSTRUCCIÓN DEL “PROYECTO EMBALSE DE RELAVE N°3, EL ARENAL*. [tesis de licenciamiento Universidad ANDRES BELLO] Repositorio institucional Universidad ANDRES BELLO.
- Fundación Chile. (2018). *Avances y retos para la gestión de los depósitos de relave en Chile*.
- Global tallings Review. org. (2020). *Estándar global de gestión de relaves para la industria minera*.
- Huaman, J. (2018). *ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA DEL DEPOSITO DE RELAVE MANAVALE PARA SU RECRECIMIENTO VERTICAL CON RELAVE EN PASTA EN LA EMPRESA MINERA AUREX S.A.*. [tesis de licenciamiento U.N. DANIEL ALCIDES CARRION] Repositorio institucional U.N. Daniel Alcides Carrión.
- Instituto Geológico y Minero de España. (1987). *Manual de perforación y voladura de rocas*. Instituto Geológico y Minero de España.
- MAMANI, E. (2018). *APLICACIÓN DE EMULSIÓN GASIFICADA (SAN-G) Y SU FACTIBILIDAD EN EL RENDIMIENTO DE COLUMNA EXPLOSIVA DE LA COMPAÑÍA MINERA “LA ZANJA” CAJAMARCA 2014*. [tesis de

licenciamiento, U.N. Jorge Basadre Grohmann - Tacna] repositorio institucional.

Ministerio de Energía y Minas. (1995). *“Guía Ambiental para el Manejo de los Relaves Mineros. Elaborada por la industria minero-metalúrgica, bajo los auspicios del Banco Mundial para el Ministerio de Energía y Minas del Perú.*

Ministerio de Minas y Energía. (2021). *Estandarizar los procesos relacionados con presas de relaves.* Colombia.

Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGOMING). (2007). *Guía técnica de operaciones y control de depósitos de relaves.* Chile.

VALDEBENITO, VIVEROS, A. (1998). *Aspectos Técnicos y Ambientales de un Tranque de relaves.* [Tesis de licenciamiento Pontificia Universidad Católica de Valparaíso] repositorio institucional Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

VARGAS, R. (2016). *EVALUACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE LAS RELAVES EN FUNCIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL MATERIAL QUE ALMACENAN.* [tesis de licenciamiento Universidad Técnica de Machala] repositorio institucional Universidad Técnica de Machala.

VILLEGAS, J. (2015). *“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN NUEVO DEPÓSITO PARA LA DISPOSICIÓN DE RELAVES MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN ESPESADOR EN LA PLANTA CONCENTRADORA SANTA LUCIA, U. M. TACAZA – CIEMSA”.* [tesis de licenciamiento U.N. de SAN AGUSTIN DE AREQUIPA] repositorio de la U.N.de San Agustín de Arequipa.

VILLEGAS, J. (2015). *“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN NUEVO DEPÓSITO PARA LA DISPOSICIÓN DE RELAVES MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN ESPESADOR EN LA PLANTA CONCENTRADORA SANTA LUCIA, U. M. TACAZA – CIEMSA”.* [Tesis de

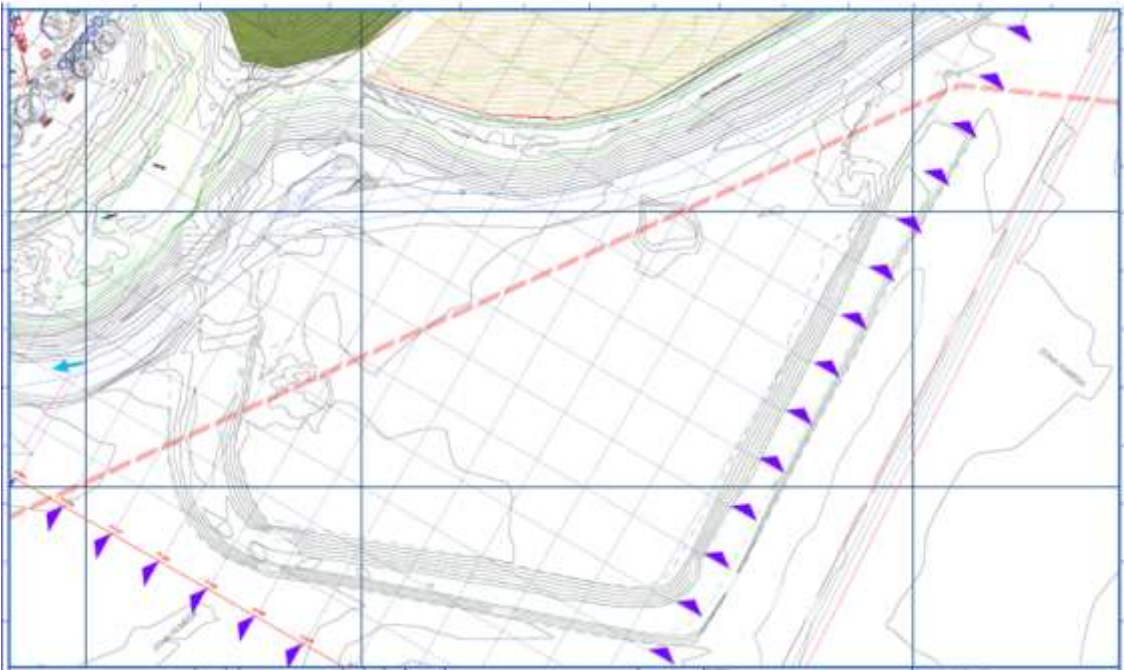
licenciamiento U.N.de SAN AGUSTIN DE AREQUIPA] repositorio institucional

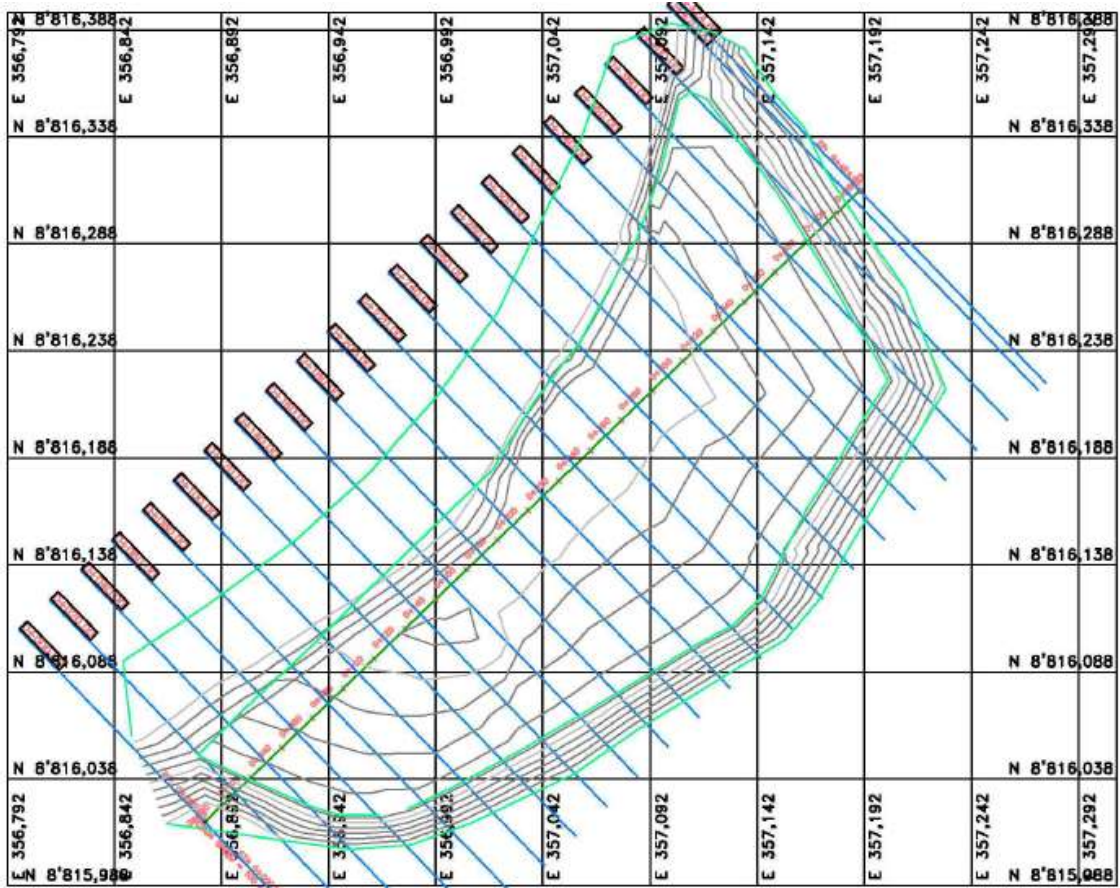
U.N. San Agustín de Arequipa.

## ANEXOS

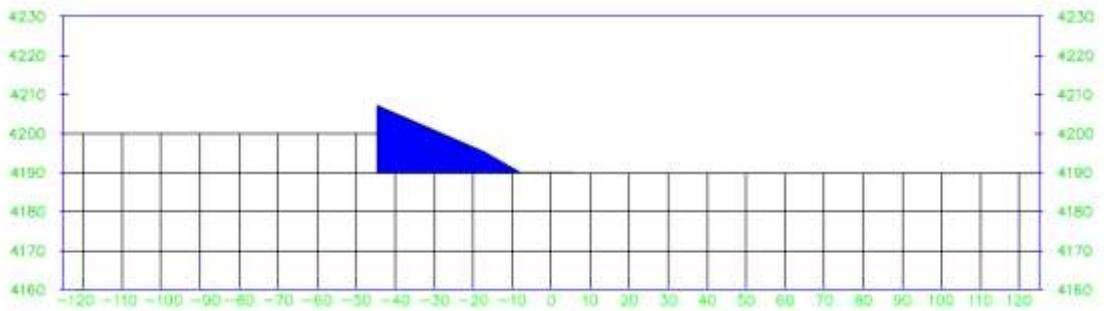
### Instrumentos de Recolección de datos

#### Anexo B

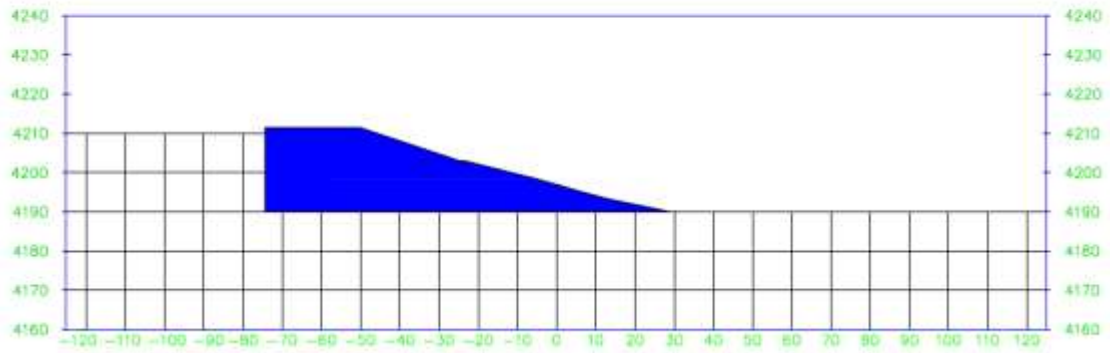




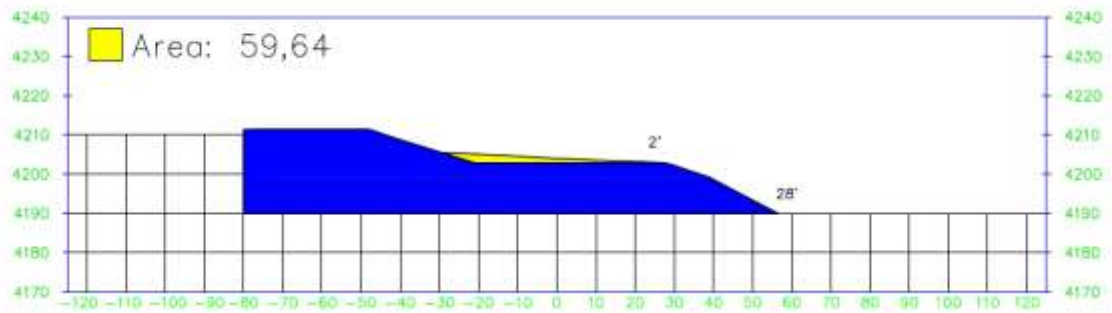
0+000.00



0+020.00



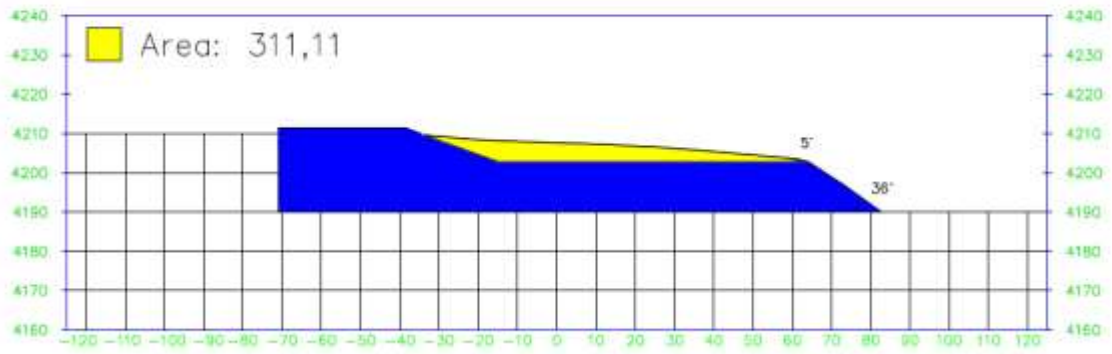
0+040.00



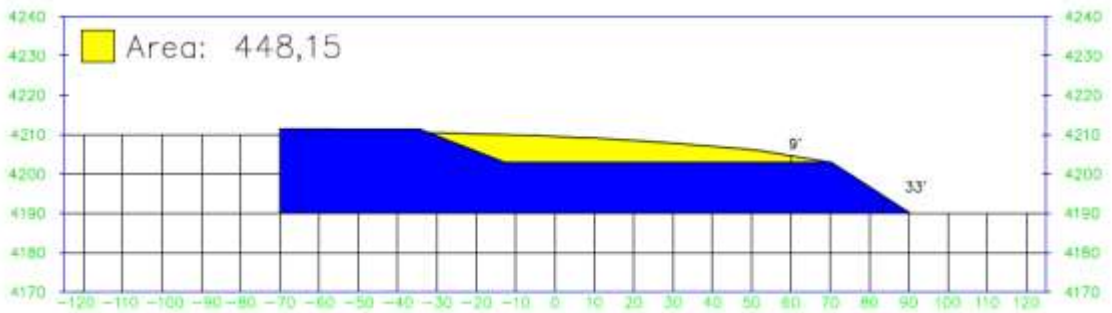
0+060.00



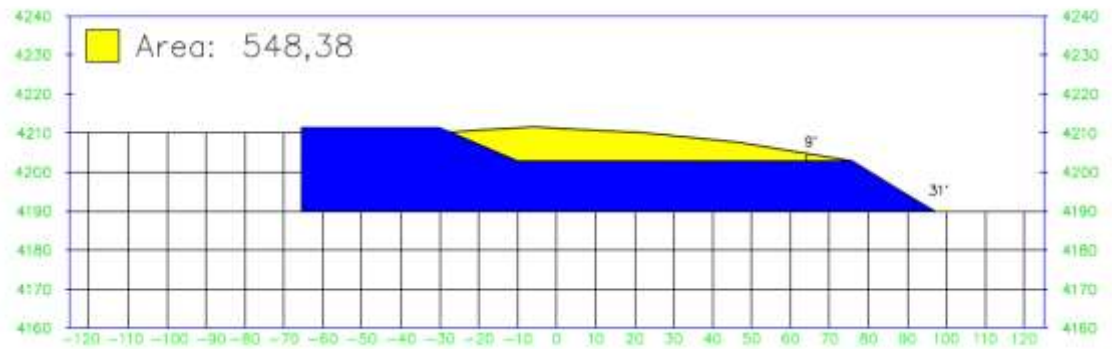
0+080.00



0+100.00

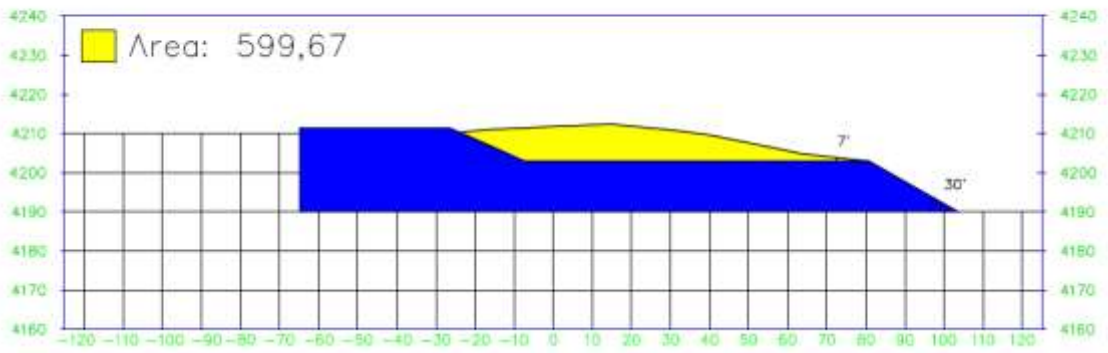


0+120.00





0+140.00





**Anexo C**

**Anexo D “MATRIZ DE CONSISTENCIA”**

**TÍTULO DE TESIS: “Aumento de la vida útil de relavera mediante la evaluación de costos unitarios en el sistema de relleno hidráulico en la Mina Animón – Compañía Minera Chungar S.A.C.”**

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLE
<p><b>PROBLEMA GENERAL:</b> ¿Cómo podemos incrementar la vida útil de la relavera para evitar problemas en el futuro mediante la evaluación de costos, en la “Mina Animon - Compañía Minera Chungar S.A.C.”?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL:</b> Incrementar la vida útil de la relavera para evitar problemas en el futuro mediante la evaluación de costos, en la “Mina Animon - Compañía Minera Chungar S.A.C.”</p>	<p>Por el perfil de este trabajo que es cualitativo descriptivo y exploratorio no se ha elaborado la hipótesis al comienzo de la investigación el cual si podría surgir en el transcurso de la misma</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Variable independiente:</b> Vida útil de la relavera</li> <li>• <b>Variable dependiente:</b> Problemas en el futuro Parámetros técnicos, económicos Recrecimiento de la relavera</li> </ul>
<p><b>PROBLEMAS ESPECIFICOS:</b></p>	<p><b>OBJETIVOS ESPECIFICOS:</b></p>		

---

¿Qué parámetros económicos, técnicos se debe tener en cuenta para aumentar la vida útil de la relavera, en la “Mina Animon - Compañía Minera Chungar S.A.C.”?	Conocer los parámetros económicos, técnicos que se debe tener en cuenta para aumentar la vida útil de la relavera, en la “Mina Animon - Compañía Minera Chungar S.A.C.”.
¿El recrecimiento será una alternativa para aumentar la vida útil de la relavera, en la Mina Animon - Compañía Minera Chungar S.A.C.?	Determinar si el recrecimiento será una alternativa para aumentar la vida útil de la relavera, en la “Mina Animon - Compañía Minera Chungar S.A.C.”

---