

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**“PROPUESTA DE DISEÑO DE PLANTA DE
RELLENO HIDRÁULICO PARA APLICACIÓN EN
MEJORAR LA ESTABILIDAD DEL MACIZO
ROCOZO EN LA MINERA PODEROSA S.A. -
UNIDAD SANTA MARIA, 2016.”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Bach. CABALLERO OREÑO, Jagner Iván

TRUJILLO – PERU

2016

TEMA:

**“PROPUESTA DE DISEÑO DE PLANTA DE RELLENO HIDRÁULICO PARA
APLICACIÓN EN MEJORAR LA ESTABILIDAD DEL MACIZO ROCOZO EN
LA MINERA PODEROSA S.A. - UNIDAD SANTA MARIA, 2016”**

AUTOR:

BACH. CABALLERO OREÑO, Jagner Iván

PRESIDENTE.

SECRETARIO.

VOCAL.

DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado la vida e iluminado en mi camino y sobre todo por saber afrontar las adversidades de la vida y haber llegado hasta este momento tan importante de mi vida .

A mis padres: **MARIANO CABALLERO HUACCHA Y FEVI OREÑO CONTRERAS**, con mucho amor, quienes han sido mi fortaleza y motor de seguir para adelante con enseñanzas y valores para ponerlos en práctica en todo momento de mi vida.

Así mismo a mis hermanos, con mucho cariño y amor quienes hicieron todo lo posible por brindarme su apoyo incondicional para salir en adelante y culminar con éxito mi carrera profesional a ustedes por siempre mi agradecimiento.

AGRADECIMIENTO

A **DIOS**, por permitir finalizar esta etapa de mi vida profesional.

A la **UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO UPRIT**, por permitir ser parte de su familia, de educarnos para ser profesionales de éxito para nuestro país.

EN GENERAL A LOS DOCENTES DE LA FACULTAD DE ING. CIVIL por enseñarnos y ayudarnos en nuestra formación profesional para ser competitivos profesionales a futuro.

A mi asesor **ING. ENRIQUE DURAND BAZAN**, por las enseñanzas y tiempo dedicado y paciencia, ser guía de cada uno de sus alumnos y buen amigo en la elaboración del presente trabajo.

EL AUTOR

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN	viii
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	10
1.1. Realidad problemática.....	10
1.2. Formulación del problema.	11
1.3. Justificación del problema.	11
1.4. Objetivos.....	12
1.4.1. Objetivo general.....	12
1.4.2. Objetivo específicos.....	12
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	13
2.1. Antecedentes.	13
2.2. Bases teóricas:.....	14
2.3. Definición de términos.	16
CAPITULO III: HIPÓTESIS Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
3.1. Formulación de la hipótesis.....	18
3.2. Variables.	18
3.2.1. Variable independiente.	18
3.2.2. Variable dependiente.....	19
3.3. Operacionalización de variables.....	20
3.4. Tipo de diseño de investigación.	20
3.5. Material de estudio.....	20
3.5.1. Población.....	20
3.5.2. Muestra.	21
3.6. Limitaciones de la investigación.	21
3.7. Técnicas, procedimientos e instrumentos.....	21
3.7.1. Para recolectar datos.	21

3.7.2. Para procesar datos.....	21
CAPITULO IV: PROPUESTA DE APLICACIÓN PROFESIONAL.	22
4.1. Aspectos físicos territoriales.	22
4.1.1. Generalidades.....	22
4.1.2. Ubicación política.	22
4.1.3. Vías de acceso y comunicación.....	23
4.1.4. Topografía de la zona.....	24
4.1.5. Climatología.....	24
4.2. Aspectos sociales por económico.....	24
4.2.1. Población.....	24
4.2.2. Servicios públicos.	24
4.3. Elección de ubicación de la planta y material de relleno.	25
4.3.1. Generalidades.....	25
4.3.2. Reconocimiento del terreno.	25
4.3.3. Ubicación del punto inicial y punto final.....	25
4.3.4. Trabajos en campo.	26
4.3.5 Estudio técnico de aplicación del relleno hidráulico.....	27
4.3.6 Requerimiento y disponibilidad de relleno hidráulico.	28
4.3.7 Cálculos de volúmenes de proceso.	29
4.3.8 Cálculos de volumen de tanque acondicionador.....	30
4.3.9 Cálculos de volumen de almacenamiento de agua.....	31
CAPITULO V: RESULTADOS	32
5.1. Proceso de la planta de relleno hidráulico.....	32
5.1.1 Descripción del proceso.	32
5.2. Diseño de la planta relleno hidráulico.....	34
5.2.1. Generalidades.....	34
5.2.2 Clasificación de la planta de relleno hidráulico para su diseño.	35
5.3. Plan de Manejo Ambiental.....	45
5.3.1 Definición e Importancia.....	45
5.3.2 Balance de materiales y efluentes de relleno de mina y operación.	45
5.4. Tratamiento de Agua y Manejo de Pozas de Sedimentación.....	46
CAPITULO VI: CONCLUSIONES	49
CAPITULO VII: RECOMENDACIONES.	51
REFERENCIAS	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Identificación de variables.....	20
Tabla 2. Descripción de la vía de acceso a Unidad Santa María - Pataz	23
Tabla 3. Análisis Granulométrico por Tamizado –ASTM C 136.....	27
Tabla 4. según curva de Talbot y malla 200	28
Tabla 5. Cuadro de Balance de masas según la prueba de Slump.	28
Tabla 6. Requerimiento de Relleno Hidráulico según programa de producción	29
Tabla 7. Muestra los valores y resultados del cilindro deslamador.	30
Tabla 8. Muestra los valores y resultados del Tanque Acondicionador.....	30
Tabla 9. Muestra los valores y resultado de Almacenamiento de Agua	31
Tabla 10. Volumen de almacenamiento de agua	41
Tabla 11. Líneas de Relleno Hidráulico Interior Mina	44
Tabla 12. Resumen de Parámetros Básicos	46
Tabla 13. Balance de Masa.	46
Tabla 14. Efluentes de Operación Mina.....	46
Tabla 15. Tratamiento de agua de mina y manejo de pozas de sedimentación.....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del proyecto departamento La Libertad - Provincia de Pataz	22
Figura 2. Vías de acceso y comunicación.	23
Figura 3. ubicación de la planta de relleno hidráulico.	26
Figura 4. Diagrama General del proceso Relleno Hidráulico	34
Figura 5. Sección de la losa armada.....	35
Figura 6. Sección del muro de protección perimétrico.	36
Figura 7. Sección de la junta de separación sísmica	37
Figura 8. Sección de la tolva y el muro de contención.	38
Figura 9. Sardinel lateral de zanjas	38
Figura 10. Sección transversal de muro dissipador de energía.....	39
Figura 11. Sección transversal de muro contención principal.	39
Figura 12. Muro contención perimétrica.....	40
Figura 13. Tableros, Sala de Instrumentación, Laboratorio y Servicios Higiénicos.....	40
Figura 14. Cámara de almacenamiento de agua y bombeo NV. 2670	41
Figura 15. Plano Geomecánico de zona de excavada. Para cámara de bombeo Nv. 2670.....	42
Figura 16. Diagrama de Abastecimiento de Agua para Relleno Hidráulico.....	43

RESUMEN

Con el objetivo de reducir los problemas de inseguridad en la explotación de la Unidad Santa María en la Minera Poderosa S.A. En el presente trabajo se desarrolla la aplicación de Planta de Relleno Hidráulico Minera Poderosa S.A.C – Unidad Santa María.

La aplicación de Planta de Relleno hidráulico es un tema de estudio e investigación que proviene de la necesidad de contribuir al avance y desarrollo de la Minera Poderosa S.A, el presente proyecto titulado. **“PROPUESTA DE DISEÑO DE PLANTA DE RELLENO HIDRÁULICO PARA APLICACIÓN EN MEJORAR LA ESTABILIDAD DEL MACIZO ROCOSO EN LA MINERA PODEROSA S.A. - UNIDAD SANTA MARIA, 2016.”**, se ha desarrollado cada uno de los objetivos específicos para luego dar por desarrollo el objetivo general. Luego de analizar las alternativas para ubicar la planta, se concluyó que la mejor alternativa es ubicar la Planta de Relleno Hidráulico en la Unidad Santa María, como la principal debido a que la diferencia de producción es más alta en explotación, con una capacidad de 72 .16 m³ / h de pulpa, a esta ventaja se puede acondicionar la pulpa como agregado para el relleno hidráulico.

Así mismo, EL DISEÑO DE LA PLANTA DE RELLENO HIDRAULICO, beneficiará a la disminución de material detrítico depositado en la superficie del entorno de la mina, que servirá para ir mejorando la utilización del suelo como tierras de cultivo o áreas de pastoreo, además el material acumulado en los lugares de desmonte se disminuirá, acumulará y minimizará el riesgo de que este sea arrastrado por las aguas de las lluvias para poder evitar daños ecológicos.

ABSTRACT

With the objective of reducing the problems of insecurity in the operation of the Santa Maria Unit in the Mining Poderosa S.A. In the present work is developed the Application of Hydraulic Filling Plant Mining Poderosa S.A.C - Santa Maria Unit.

The application of Hydraulic Filling Plant is a subject of study and research that comes from the need to contribute to the progress and development of Mining Poderosa S.A., the present project titled. **"PROPOSED DESIGN OF HYDRAULIC FILLING PLANT FOR IMPLEMENTATION IN IMPROVING THE STABILITY OF SOLID ROCOZO IN MINERA PODEROSA S.A. - UNIDAD SANTA MARIA, 2016.** “ Each of the specific objectives has been developed and then the general objective is developed. After analyzing the alternatives to locate the plant, it was concluded that the best alternative is to locate the Hydraulic Filling Plant in the Santa Maria Unit, as the main one because the production difference is higher in operation, with a capacity of 72 .16 m³ / hour of pulp, to this advantage can be conditioned the pulp as an aggregate for the hydraulic filling.

Likewise, THE DESIGN OF THE HYDRAULIC FILLER PLANT, will benefit the reduction of detrital material deposited on the surface of the mine environment, which will serve to improve the use of the soil as cropland or grazing areas, as well as the material Accumulated in the sites of deforestation will be diminished, accumulated and will minimize the risk of this being dragged by the waters of the rains to be able to avoid ecological damages.

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática.

El Perú se encuentra considerado dentro de los 6 países más ricos en minerales a nivel mundial lo que indica que la minería es el crecimiento principal de la economía de nuestro país.

El área del proyecto se ubica en la sierra de La Libertad, en el distrito y provincia de Patáz, a una distancia de 597 km de la ciudad de Trujillo, a una altura que va entre 1,250 y 3,100 msnm. La zona de influencia directa es el distrito de Patáz, en la provincia de Patáz, El acceso principal por vía terrestre es Trujillo – Huamachuco – Chagual – Patáz.

El sistema de Planta de relleno hidráulico de la minera Poderosa S.A. Unidad Santa María, constituye una ventaja técnico-económica para mejorar la productividad, para evitar problemas de inestabilidad de las labores mineras, que es por ello se hacen estudios previos experimentales donde se determinan parámetros orientados a que materiales se van a utilizar en la preparación, los trabajos están conformados por trabajos preliminares y complementarios y obras civiles con el fin de disminuir los problemas de inestabilidad del macizo rocoso y de la misma manera poder minimizar los riesgos de la caída de rocas y/o estallidos de rocas así como los altos costos de producción generados por los problemas en el sostenimiento de las labores mineras.

Es necesario rellenar los espacios vacíos dejados por la explotación minera con la finalidad de mantener la estabilidad de la roca. Se han realizado varios estudios y alternativas en el mundo minero como en: **Construcción de la planta de relleno hidráulico 100% relave en la minera Marsa – El Gigante, aplicación de relleno hidráulico en la mina Jimena de compañía minera Poderosa S.A. y Estudio de relleno hidráulico de la compañía–minera Argentum S.A. – unidad Morococha.** Llegando a una conclusión que las plantas de relleno hidráulico son la solución más óptima para realizar el relleno de los espacios vacíos en el macizo rocoso por ello es necesario tener un diseño adecuado de una Planta de relleno hidráulico en la unidad Santa María Minera Poderosa S.A.

La importancia de este estudio se enfoca en la aplicación de relleno hidráulico utilizado en la unidad Santa María para el sostenimiento de los minerales explotados por corte y relleno ascendente con puntal de avance con el fin de crear y establecer nuevos

pilares de sostenimiento que permitan la explotación de futuros tajeos contiguos al recién ser explotados y rellenados en la planta.

Por otro lado este estudio permite optar por la **“PROPUESTA DE DISEÑO DE PLANTA DE RELLENO HIDRÁULICO PARA APLICACIÓN EN MEJORAR LA ESTABILIDAD DEL MACIZO ROCOZO EN LA MINERA PODEROSA S.A. - UNIDAD SANTA MARIA , 2016.”**, con el objetivo de mejorar la inestabilidad del macizo rocoso, así lograr de esta manera saturar las áreas abiertas, con el relleno hidráulico permitirá extender la vida de las canteras de arena para que más adelante la planta de relleno hidráulico siga dando servicios para el cierre de mina progresiva por la misma explotación de mineral en la unidad Santa María.

1.2. Formulación del problema.

¿Es posible utilizar una planta de relleno hidráulico más para mejorar la estabilidad del macizo rocoso en la Unidad Santa María?

1.3. Justificación del problema.

Las comunidades del entorno minero demandan cada vez con más fuerza que la minería ejecute proyectos con responsabilidad social y ambiental. En caso de aplicar el diseño de planta de relleno hidráulico en la unidad Santa María - Minera Poderosa S.A.

La importancia radica en encontrar una mejor alternativa de disposición del material que queda como desmonte producto de los trabajos de la mina para la solución del problema de inestabilidad del macizo rocoso en la explotación del yacimiento mineral. La aplicación de diseño de planta de relleno hidráulico es de mucha importancia porque permitirá avanzar en el ciclo de minado, mayor recuperación de mineral, menor pérdida de finos, reducir el consumo de madera como elementos de sostenimiento, que en consecuencia de esto se podrá reducir los costos de minado, se disminuirá los accidentes de caída de rocas al tener las labores más estables.

La aplicación de diseño de relleno hidráulico en la minería subterránea es bastante conocida como agregados se utiliza el relave o canteras de arena de superficie, a la fecha estas actividades se desarrollan en forma continua dado que no se cuenta con la infraestructura y tecnología necesaria para mejorar su producción.

La confiabilidad del proyecto en mención se retomará al lugar donde se extrajeron la mayor parte de los residuos sólidos extraídos de la mina, permitiendo que los tiempos se

reduzca para poder tener una eficiencia productiva con el fin de incrementar la rentabilidad, como también generar más puestos de trabajo, y así generar una mejor utilización de los recursos como es el mineral o residuos sólidos de manera adecuada ver la disposición del mineral en pocas cantidades y de tal manera el impacto ecológico sea menor.

1.4.Objetivos.

1.4.1. Objetivo general.

Describir cuál es la mejor propuesta de dimensiones de planta de relleno hidráulico para mejorar la estabilidad del macizo rocoso en la unidad Santa María-Minera Poderosa S.A.

1.4.2. Objetivo específicos.

- ✓ Explicar la solución de una planta de relleno hidráulico, como solución óptima para mejorar la estabilidad de los macizos rocosos.
- ✓ Dimensionar del proceso de relleno hidráulico a utilizar en el diseño en la unidad Santa María mediante el diagrama general.
- ✓ Diseñar una planta de relleno hidráulico, con capacidad de 72.16 m³/h de pulpa, para la unidad minera Santa María, compañía minera Poderosa S.A. Y proporcionar el documento técnico necesario para la construcción de la planta.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes.

En este trabajo se presentan las siguientes investigaciones relacionadas a la presente investigación sobre el diseño Planta de relleno hidráulico.

- ✓ **“CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE RELLENO HIDRAULICO 100% RELAVE EN LA MINERIA MARSA – EL GIGANTE”**. (Yalle Guillen, 2009), El relleno hidráulico constituye una ventaja técnico - económica para el sostenimiento de los tajeos explotados por corte y relleno ascendente es preparado en la planta, lo que determinan parámetros orientados a evaluar el material que se va a utilizar en la preparación en la planta “El Gigante” con mezcla de 1:1 arena: relave en donde se incrementa el costo de operación debido principalmente al agotamiento de las canteras de arena adyacentes a la planta lo que nos obliga transportar los agregados de lugares más distantes lo que es de ida y vuelta de las operaciones mineras a continuar a niveles más bajos por el agotamiento de la reserva del mineral.

- ✓ **“APLICACIÓN DE RELLENO HIDRAULICO EN LA MINA JIMENA DE COMPAÑÍA MINERA PODEROSA S.A.”**. (Huaman Montes, 2007), la aplicación del relleno hidráulico ofrece una serie de ventajas las cuales nos mencionan en la reducción de los costos, mayor productividad y más seguridad operacional, como también se considera aprovechar el desmonte de los avances de la mina reduciendo el impacto ambiental negativo lo que indica que aumenta la rentabilidad del proyecto.

- ✓ **“ESTUDIO DE RELLENO HIDRAULICO DE LA COMPAÑÍA–MINERA ARGENTUM S.A. – UNIDAD MOROCOCHA”**. (Vallejo Cortes, 2011), el relleno hidráulico colocado se utiliza principalmente como piso y no cumple una labor de sostenimiento inmediato al buen comportamiento geo mecánico, el relleno hidráulico al aumentar su consolidación y compactación, tanto por posibles desplazamientos de las cajas hacia el interior del tajo rellenado como las cargas dinámicas producidas por vibración, el material de relleno utilizado es clasificado como arena limosa (sm) con consistencia dura y aumenta por la misma consolidación.

2.2. Bases teóricas:

2.2.1. RELLENO HIDRAULICO. Factores importantes en el diseño de plantas 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. El relleno hidráulico, que 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, desde las canteras hasta los tajeos y a un costo mucho más elevado que los otros métodos de relleno que se efectúan transportando los sólidos en medios fluidos por tubería e impulsados por bombas.

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, y el segundo es servir de sostenimiento para que la mina no colapse debido al incremento de áreas abiertas.

La preparación para relleno y el relleno son parte de las etapas de minado, dentro del ciclo de explotación por el método de corte y relleno, ya sea ascendente o descendente. Estas actividades de preparación para relleno y el relleno ocupan del 30% al 40% de tiempo empleado dentro del ciclo.

Debido a la premura con que se deben ejecutar las actividades del ciclo de minado, el relleno debe cumplir ciertos requisitos de granulometría y velocidad de percolación o índice de permeabilidad.

El relleno hidráulico podría ser parte del relave desechado por la concentradora o cualquier material rocoso, aluvial o coluvial, sometido al proceso de chancado, tamizado, molienda y cicloneo.

Generalmente, se utiliza el relave desechado por la planta concentradora para ciclonear, a fin de pasar las arenillas del relave (superiores a la malla 200), las que

caen a un tanque de agua donde es mezclado mediante un agitador. Esta mezcla de la arenilla del relave con el agua es el relleno hidráulico, el que es lanzado por una bomba de lodo recíproca, a fin de ser transportado mediante una tubería de alta presión de doble capa, con la pared interior de acero de alta aleación, templado a 600 Brinell de dureza. La potencia de la bomba y el diámetro de la tubería son calculados en función de las condiciones y requerimientos que se presenten particularmente en cada mina; asimismo, los costos de inversión y de operación obedecerán a parámetros particulares de cada caso.

- I. En el libro de (PASQUEL, 2004)”, nos menciona sobre el relleno hidráulico que el material más usado es la arena, la cual tienen la ventaja de ser bastante constante en sus características y en general es más económico, como también aumenta el grado de comprensión, con lo cual se aumenta la función de soporte, además reduce la emisión de metano. Pero el relleno hidráulico presenta inconvenientes es decir necesita de grandes proporciones de agua las cuales se pueden mantener mediante el reciclado de las mismas.
- II. El libro de (LUCIO, "TEORIA DE RELLENO HIDRAULICO", 2006), Nos menciona sobre el sistema de relleno hidráulico que se encuentra constituido por arenas, que se encuentran clasificadas por los relaves resultantes del tratamiento metalúrgico y una mayor cantidad de agua, que es por ello tiene una gran consistencia de una pulpa, de tal manera que se pueda transportar por tuberías con bombas convencionales.
- III. Según su tesis de (GUILLERMO, "ANALISIS DE LOS SISTEMAS DE RELLENO HIDRAULICO EN LA MINA CARAHUACRA- VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A", 2002), nos habla sobre la utilización del relleno hidráulico que es difícil de poder determinar los factores debido a que son desconocidos en cada centro minero y en cada explotación debido a los minerales poli metálicos, los materiales que son usados en la mina la mayoría son relaves que a la vez son transportados lo hacen mediante tuberías.
- IV. Del libro de LANDRIAULT **“TECNOLOGIAS DE PASTA PARA APLICACIONES DE RELLENO SUBTERRANEO”** nos habla de cómo poder acondicionar las obras para poder eliminar el agua contenida en el lugar del relave que es por ello es necesario siempre filtrar lo que queda de tal manera tiene que

adecuarse al tajo con un sistema de tuberías que pueda permitir el filtrado adecuadamente, pero esta tubería tiene que llevar en su gran parte la filtración para absorber la mayor cantidad de agua para que así se pueda canalizar el agua a los lugares adecuados.

2.3. Definición de términos.

Todas las definiciones que adoptaremos para la presente investigación

- i. **MATERIAL DE RELLENO.** -Se encuentra enmarcado en las rocas ya que la gran parte de las minas se encuentran marcadas con formaciones rocosas que son consideradas rellenos estériles.
- ii. **RELLENO HIDRAULICO.** - Es la composición de relaves y arenas clasificadas producto de los desechos de trituración de plantas de tratamiento de minerales que se encuentran adicionados con agua para su transporte.
- iii. **DECANTACION.** -Es el empleo de canalones que sirve como bordes de decantado de las aguas sin dejar el material sólido, ya que con ello se elimina gran parte del agua que contiene el relave.
- iv. **FILTRACION.** -Es la operación de decantado que no elimina en su gran totalidad el agua que se encuentra contenida en el relave, por lo que es necesario siempre filtrar lo que queda en filtro, para ello la filtración se encuentra forrada por una capa de yute que siempre impide que las partículas del mineral se encuentren en contacto con el suelo.
- v. **RELLENO DE PASTA.** -Se encuentra formadas con relaves, cemento y agua en proporciones muy densas
- vi. **RELLENO COMPUESTO.** - Es la combinación de material de aluvión de los, arroyos y lechos con cemento y agua que se encuentra compuesto.
- vii. **TUBERIAS.** - Es un conducto que cumple funciones con el fin de transportar agua u otros fluidos, también transportan materiales como es cemento, arena como es el hormigón con el fin de poder llevar a su lugar indicado.
- viii. **RELAVE.** - Es conjunto de desechos tóxicos de procesos mineros de la concentración de minerales, usualmente constituido por la mezcla de rocas molidas, agua y minerales pesados que deterioran el medio ambiente.
- ix. **RELLENO CON DESMONTE DE MINA.** - Proviene de las obras en desarrollo de interior mina que se envía desde la superficie que lo hacen por medios de chimeneas de nivel, pero como el material se envía desde la superficie que se

cuenta con el relleno es llevado en camiones de volteo, las cuales evita un espesor de agua en la boca.

- x. **RELLENO EN TAJEOS.** - Procede al barrido de finos y lavado de la labor con cortes horizontales, ya que los finos recuperados son llenados en sacos de rafia para el muestreo para luego ser enviado a planta.

CAPITULO III: HIPÓTESIS Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Formulación de la hipótesis.

Es posible utilizar el relleno hidráulico procesado para estabilizar el macizo rocoso usando como agregado el allanamiento de desmonte que proviene de la mina, alcanzando al mismo tiempo disminuir el impacto ambiental negativo provocado por el almacenamiento del desmonte en superficie.

3.2. Variables.

3.2.1. Variable independiente.

Para Diseño. - El diseño de la planta de relleno hidráulico, es la parte más importante dentro de un proyecto de construcción, pues allí reducirá notablemente los costos de operación, eliminando la **arena y relave**, prescindiendo de la maquinaria pesadas que alcanza una función muy importante dentro del relleno hidráulico, es decir para mejorar la inestabilidad del macizo rocoso.

- i. Trabajos preliminares.** - Comprende en la movilización y desmovilización de equipos y maquinarias a emplearse. Trazo y replanteo en la ejecución de la obra, así como el control y monitoreo de las labores y la remediación de las zonas utilizadas como canteras, el acondicionamiento de caminos para el acceso para el transporte de materiales y la remediación y revegetación. Para abastecer el agua, la distancia del tanque a la planta de relleno hidráulico es de 320.0 m. La alimentación desde este punto será por gravedad con mangueras.
- ii. Movimiento de tierras.** - Esto implica el acondicionamiento del patio de maniobras y de la planta de relleno mediante trabajos de cortes, relleno los cuales garanticen estabilidad duradera para esto, es sujeto de análisis en función a sus características físicas y de resistencia.
- iii. Obras civiles superficie.**
 - a. Generalidades.**- El esquema de la planta está constituido por una plataforma o patio de maniobras en donde se acumulará el agregado hacia una plataforma de recepción de material o tolva, el cual caerá por gravedad hacia el pozo de recepción de material, esta estructura se encuentra soportado por un muro de contención al cual se le han agregado contrafuertes perpendiculares al eje de dicho muro, adicionalmente se han considerado muros perimétricos de protección alrededor de la planta, con losas de concreto armado.

iv. Obras para la planta de relleno.

a. Generalidades.- se considera a las plataformas de recepción de material el cual ayudara al desplazamiento de los relaves, como los sardineles laterales y posteriores lo cual ayudara a la recepción de materiales que se consideran muretes o sardineles y muro disipador de energía que se encarga de la recepción de material que se ubicara el muro de disipador el cual absorbe la energía con que caen los relaves lo cual distribuye mejor el material lo que pasa através de unos agujeros semicirculares, y luego pasa a una recepción de material, y para el sostenimiento de la tolva y de la poza de recepción de material se emplazara un muro de contención.

v. Obras civiles interior mina.

a. Generalidades. - Se da con la finalidad de abastecer el volumen de agua diario requerido por la planta de relleno hidráulico que se considera la captación de este recurso que se encuentra ubicado en el interior mina mediante la construcción de una cámara de bombeo que permitirá una autonomía de abastecimiento de agua a la planta de relleno hidráulico.

3.2.2. Variable dependiente.

Tenemos la inestabilidad del macizo rocoso.

3.3. Operacionalización de variables.

Tabla 1. Identificación de variables.

VARIABLE INDIRECTA	VARIABLE DIRECTAS	INDICADOR	ESCALA DE MEDIDA
Diseño de relleno hidráulico en la minera Poderosa – Unidad Santa María	Análisis granulométrico	Muestras	Intervalo
		Velocidad de sedimentación	Intervalo
		Módulo de finura	Ordinal
	Ubicación de la planta Macizo Rocosó	Finura de materiales	Razón
		Volúmenes de proceso	Razón
		Volumen de pulpa alimentada	Intervalo
	Obras mecánicas y suministros	Suministro de agua	Razón
		Línea de conducción de relleno hidráulico y chimenea	Intervalo
		Derrame de planta y circulación	Intervalo
Diseño de relleno hidráulico en la minera Poderosa – Unidad Santa María	Análisis granulométrico	Muestras	Intervalo
		Velocidad de sedimentación	Intervalo
		Módulo de finura	Ordinal
	ubicación de la planta macizo rocoso	Finura de materiales	Razón
		Volúmenes de proceso	Razón
		Volumen de pulpa alimentada	Intervalo

Fuente: Elaboración propia

3.4. Tipo de diseño de investigación.

Diseño de investigación descriptiva, debido a que los datos fueron tomados en un solo momento, en la investigación se describirán las variables tal y como se observó en su contexto natural que es por ello no se van a manipular variables.

3.5. Material de estudio.

3.5.1. Población.

Unidad Minera Santa María – Minera Poderosa S.A.

Ubicación geográfica.

El proyecto se encuentra ubicado en la sierra de La Libertad, en la provincia y Distrito de Pataz, a una distancia de 597 Km de la ciudad de Trujillo, a una altura de 1,250 y 3,100 msnm. La zona de influencia directa es el distrito de Pataz, en la provincia de Pataz y la zona de influencia indirecta el distrito de Pías, (provincia de Pataz) y el distrito de Cochorco (provincia de Sánchez Carrión). El acceso principal por vía terrestre es Trujillo – Huamachuco – Chagual – Pataz.

3.5.2. Muestra.

Levantamiento Topográfico, Análisis de Suelos y otros datos Resultados del trabajo en campo en todo el lugar de estudio, cumpliendo los requerimientos mínimos de las muestras requeridas por las normas.

3.6. Limitaciones de la investigación.

- ✓ Ubicación.
- ✓ Documentos de referencia.
- ✓ Calculo de volúmenes de proceso.
- ✓ Calculo de parámetros.
- ✓ Capacidad de 72.16 m³/h de pulpa para la unidad Santa María.
- ✓ Proceso de la planta de relleno hidráulico.

3.7. Técnicas, procedimientos e instrumentos.

3.7.1. Para recolectar datos.

- ✓ OBSERVACIÓN ESTRUCTURALES.
 - ❖ Identificación de hitos topográficos.
 - ❖ Conformación del terreno según los trazos indicados en los planos.
 - ❖ Estudio de planta de Relleno.
- ✓ EXPERIMENTO.
 - ❖ Análisis de en el laboratorio de mineralogía en la universidad nacional de ingeniería según normas ASTM C295.
 - ❖ Procesamiento de Datos con Software de Topografía especializado.

3.7.2. Para procesar datos.

Se utilizarán tablas, gráficos y el AUTOCAD CIVIL 3D, EXCEL.

CAPITULO IV: PROPUESTA DE APLICACIÓN PROFESIONAL.

4.1. Aspectos físicos territoriales.

4.1.1. Generalidades.

El proyecto consiste en la **“PROPUESTA DE DISEÑO DE PLANTA DE RELLENO HIDRÁULICO PARA APLICACIÓN EN MEJORAR LA ESTABILIDAD DEL MACIZO ROCOZO EN LA MINERA PODEROSA S.A. - UNIDAD SANTA MARIA, 2016”** con una capacidad de 72.16 m³/h de pulpa para la unidad Santa María

Este todo proyecto aplicación de relleno hidráulico tiene y en cualquier otro estudio de ingeniería, tiene que tener en cuenta el reconocimiento del terreno o lugar donde se va a realizar la obra, con la finalidad de facilitar y recolectar datos del lugar que se tomara como estudio, los cuales definirán las pautas, técnicas para la realización del diseño de relleno hidráulico.

4.1.2. Ubicación política.

Zona de Estudio : Zona Romero Pampa - Pataz.
Región : La Libertad
Provincia : Pataz
Distrito : Pataz

Figura 1. Ubicación del proyecto departamento La Libertad - Provincia de Pataz
- Distrito Pataz – Romero Pampa - Pataz



Fuente: Diseño de los autores.

4.1.3. Vías de acceso y comunicación.

El área del proyecto se encuentra ubicado en la sierra de la libertad, en la provincia y distrito de Pataz, a una distancia de 597Km de la ciudad de Trujillo, a una altura que va entre 1,250 y 3,000 msnm. La zona de influencia directa es el distrito de Pataz, en la Provincia de Pataz y la zona de influencia indirecta el distrito de Pías, (Provincia de Pataz) y el distrito de Cochorco (Provincia de Sánchez Carrión). El acceso principal por vía terrestre es Trujillo – Huamachuco - Chagual – Pataz.

- ✓ En el lugar del estudio tiene acceso de transporte urbano.

Figura 2. Vías de acceso y comunicación.



Tabla 2. Descripción de la vía de acceso a Unidad Santa María - Pataz

DESCRIPCIÓN	DISTANCIA	TIEMPO	TIPO SUP. ROD.	TIPO VEHICULO
Trujillo - Pataz	320 Km	14 horas	Asfaltada	Automóvil
				Bus
				Minivan
				Camioneta
				Camiones
				Moto Lineal
Pataz – Unidad Santa María	16 Km	15 Min	Trocha	Automóvil
				Camioneta
				Minivan
				Camiones de eje simple
				Moto Lineal
TOTAL	336 Km	14:15		

Fuente: Elaboración propia

4.1.4. Topografía de la zona.

El lugar de estudio es relativamente ondulada y escarpada, con un tipo de suelo de predominante variado con un material granular, sus pendientes son variables. Esta zona se encuentra cubierta por terrenos extensos de sembríos por los pobladores de la zona en la parte baja.

4.1.5. Climatología.

El clima es preeminente frígido, presente un clima variante que por noviembre al mes de abril son de lluvias constantes y los otros meses del año es relativamente cálido, y se encuentra por debajo de los 3100 m.s.n.m.

4.2. Aspectos sociales por económico.

Las principales actividades económicas que son predominantes como ingresos de la población son la minería artesanal y el comercio, y en la parte baja es la agricultura y la ganadería.

4.2.1. Población.

La población se encuentra conformada por los pobladores de Pataz que es el área de influencia del presente proyecto, y los habitantes que habitan en la Unidad de Santa María son 2500.

4.2.2. Servicios públicos.

En la Unidad Santa María - Pataz cuenta con los siguientes servicios:

- ✓ En la Unidad Santa María – Patáz cuenta con agua potable de la cual la población tiene agua en sus domicilios que conducido mediante tuberías.
- ✓ Las casas y campamentos cuentan con desagüe.
- ✓ Los pobladores cuentan con alumbrado eléctrico que tienen una central hidroeléctrica propia.
- ✓ Actualmente cuentan con telecomunicaciones que son los servicios de telefonía móvil como es claro y movistar.

4.3. Elección de ubicación de la planta y material de relleno.

4.3.1. Generalidades.

A continuación, mostraremos el procedimiento para ejecutar el estudio de relleno hidráulico del área de la zona del proyecto, con el fin de precisar que este trabajo comprenda con la seguridad que se está evaluando y por ende sea la adecuada y cumpla, con las normas.

Los trabajos preliminares se refiere que comprenden con la movilización y desmovilización de equipos y maquinarias a emplearse, para ver en cuanto descansa la losa si de 0.30 m de espesor alcanzado a nivel del piso terminado de 3044.2 msnm los cuales fueron conectados a un sistema de control vertical y horizontal, con el fin de representar mejor disposición desde el punto de vista el terreno de ubicación, así como las estructuras existentes de manera inmediata mediante el uso de la gravedad serán ingresados a mina como relleno hidráulico el presente estudio en los planos topográficos.

4.3.2. Reconocimiento del terreno.

Se procedió a la visita al lugar para tomar muestras del suelo del lote enviado, lo que se reconoció que el granito como principal componente rocoso, con andesita subordinada, con la cantidad de arcillas que pasa la malla 200, de 33.8 gr, ambas litologías, granito y andesita, son favorables a su comportamiento con el cemento portland, sin reaccionar con los álcalis de este.

Sin embargo se tomó en cuenta con respecto a las arcillas que pasan la malla 200 y que conforman aproximadamente el 1.56% del lote enviado, se recomienda tratar de lavarlas, dado que se hallan parcialmente impregnadas el material rocoso del suelo, aunque también se observa trazas de raíces delgadas, estas no deben ser problema, dada su escasa cantidad y por lo expuesto, el lote de suelo enviado, se considera no reactivo para su uso como agregado, y según el estudio a los suelos de las canteras se muestra el contenido de arcillas presentes, los cuales pasan la malla 200. Los valores del porcentaje en peso acumulado pasante por la malla 200 de estas arcillas representan un parámetro muy importante en el diseño del sistema de hidrotransporte del relleno hidráulico.

4.3.3. Ubicación del punto inicial y punto final.

Una vez ejecutado el reconocimiento de la ubicación del lugar de estudio y del terreno, se determinó la ubicación y desarrollo en el lugar que se dará como inicio y final del proyecto Planta de relleno hidráulico.

a) Punto inicial.

El inicio de diseño de la Planta de relleno hidráulico se determinó como punto de inicio en los trabajos preliminares y reconocimiento de tierras según los trazos indicados en los planos.

b) Punto final.

Diseño de la planta de relleno hidráulico con capacidad de 72.16 m³/h de pulpa para la unidad Santa María -.Minera Poderosa.

Figura 3. Ubicación de la planta de relleno hidráulico.



Ubicación donde se realizará la construcción de la planta de relleno hidráulico unidad Santa María.

4.3.4. Trabajos en campo.

Las actividades iniciales para la Planta de Relleno Hidráulico está dado por trabajo preliminares y complementarios, como obras civiles, estos inicia con los trabajos preliminares comprenden con la movilización y desmovilización de equipos y maquinarias a emplearse, y la primera etapa principal cuyo objetivo esta efectuado por un reconocimiento rápido y analítico del terreno, señalar la disposición de las zonas que serán utilizadas como canteras de acondicionamiento de caminos de acceso peatonal para el transporte y la remediación y revegetación de estos. Se definió la ubicación y acondicionamiento de la cantera Mangalpa como parte de su proceso de minado. La unidad minera Santa María que produce minerales de oro y plata se encuentra actualmente siendo explotada mediante el método de cortes y relleno ascendente con puntal de avance, que es por ello se elaborara el diseño de la planta de relleno hidráulico, para poder brindar mejor la información.

4.3.5 Estudio técnico de aplicación del relleno hidráulico.

Primer análisis de muestras: Que según el informe petrográfico realizado en los suelos de la cantera se muestra el contenido de arcilla los cuales pasan la malla 200, fracción granulométrica que pasa por la malla N°200 (0,75 µm) del tamaño de arcillas de los cuales se obtiene los resultados siguientes.

a) Análisis granulométrico.

El parámetro de módulo de finura, el cual representa el grado de contenido de finos o gruesos en un agregado, en este caso el MF para una primera muestra es de 2.5 y para una segunda muestra es 4.15, teniendo en promedio un módulo de finura (MF) de 3.3. Este valor según la escala de finura de suelos como agregados, para MF>3.1 se clasifican como gruesos; por lo tanto, desde el punto de vista Civil el suelo de cantera Mangalpa cuya granulometría es 100% - ¼ plg es un agregado grueso.

Tabla 3. Análisis Granulométrico por Tamizado –ASTM C 136

Tamiz	Abertura (mm)	(%) Parcial Retenido	(5) Acumulado	
			Retenido	Pasa
3"	76,200	-	-	
2 1/2"	63,500	-	-	
2"	50,300	-	-	
1 1/2"	38,100	-	-	
1"	25,400	-	-	100
3/4"	19,050	2.1	2.1	97.9
1/2"	12,700	1.6	3.7	96.3
3/8"	9,525	1	4.7	95.3
1/4"	6,350	3.3	8	92
N°4	4,760	2.5	10.5	89.5
N°8	2,360	8.6	19.1	80.9
N!6	1,180	13.7	32.8	67.2
N°30	0,590	15.6	48.5	51.5
N°50	0,300	12.7	61.2	38.8
N°100	0,149	8.4	69.6	30.4
FONDO		30.4		

Segundo análisis de muestras: Se utilizó para este segundo análisis el material de la cantera de Mangalpa, pues en esta zona hay una gran cantidad de material que sirve para el relleno y que además es de donde procede el material existente para la Unidad Santa María.

- a) Muestra 15.58% passing acumulado malla 200, siendo esta cantidad de finos (en relaves de mina), los responsables de aportar en mayor o menor grado la transportabilidad del relleno hidráulico.

Tabla 4. Según curva de Talbot y malla 200

Malla		Agregado Mangalpa rojizo Promedio				Talbot
Malla	apertura um	Peso g	% peso	% Pass Ac. +	% Pass Ac. -	
1/4 plg	6300		0.00	0.00	100.00	0.000
4	4750	31.79	4.08	4.08	95.92	100.000
6	3350	35.58	4.57	8.65	91.35	83.980
8	2360	48.49	6.22	14.87	85.13	70.487
12	1700	56.07	7.20	22.07	77.93	59.824
14	1400	32.91	4.22	26.29	73.71	54.290
16	1180	41.05	5.27	31.56	68.44	49.842
20	850	76.05	9.76	41.32	58.68	42.302
30	600	73.57	9.44	50.76	49.24	35.541
50	300	123.81	15.89	66.65	33.35	25.131
70	212	43.39	5.57	72.22	27.78	21.126
100	150	36.93	4.74	76.96	23.04	17.770
140	106	32.87	4.22	81.18	18.82	14.938
200	75	25.29	3.25	84.42	15.58	12.566
270	53	21.02	2.70	87.12	12.88	10.563
400	38	14.99	1.92	89.05	10.95	8.944
-400	19	85.35	10.95	100.00	0.00	6.325
TOTAL		779.16	100.00			

D50 556.46

Modulo Finura 4.15

Velocidad de Sedimentación (Prueba de Slump). Esta prueba de Slump consiste en depositar la pulpa dentro de un cono, ya que inicia con la inyección en superficie e ingresa por la chimenea del servicio RC 9, desde el nivel 2995 hasta el nivel 2670 con un ángulo de 90° que se muestra a través del cuadro de balance de masas del sistema de relleno hidráulico.

Tabla 5. Cuadro de Balance de masas según la prueba de Slump.

NUMERO	Mb t/h sólidos	SG s óidos	Qs m ³ /h sólidos	Ma t/h agua	%S % sólidos	Qa m ³ /h agua	Mp t/h pulpa	SG pulpa	Qp m ³ /h pulpa
1	98.74	-	-	-	-	-	-	-	-
2	89.00	2.89	33.09	46.81	65.53	46.81	135.81	1.700	79.90
3	-	-	-	58.17	-	-	-	-	-

Mezcla fina = 35% agua+85 de suelo

4.3.6 Requerimiento y disponibilidad de relleno hidráulico.

El requerimiento de la planta de relleno hidráulico en la unidad Santa María de la mina Poderosa estará en manejo constante de su programa de producción. Porque la disponibilidad de agregados para el relleno es el más suficiente porque se cuenta con la cantera de arena y desmonte de los trabajos que se tiene como avances de mina Mangalpa,

y en cuanto al servicio del agua, más adelante se realizara un análisis de esta necesidad la cual es suficiente con la que se tiene el drenaje de la Unidad Santa María.

Tabla 6. Requerimiento de Relleno Hidráulico según programa de producción

Criterio	Und	Valor	Característica / Observación
Tipo de planta de relleno			Versátil Hidrodetrítico y/o Rock Fill
Volumen tajo día	m3	300.00	diario
Factor de seguridad	und	1.20	
Capacidad de planta	m3	360.00	diario
Capacidad patio maniobras	m3	360.00	diario
Factor maniobra Rock Fill	und	1.60	
Capacidad total patio maniobras	m3	576.00	diario
Tamaño de partícula de diseño	malla		Se elegirá entre 8M y 1/4 plg
Porcentaje de sólidos en peso	%	71.23	
Densidad de pulpa promedio	kg/lt	1.81	
Gravedad específica de sólidos		2.69	promedio 8M - 1/4 plg
Relación (RF) cemento / agregado	kg/kg	1/12	Según ensayo diseño Lab. UNI
Resistencia requerida	Kpa		El cliente lo proporcionará
Operación neta / turno	hrs	5.00	
Capacidad de volquete	m3	15.00	
Autonomía tanque de agua	hrs	5.00	
Capacidad de silo cemento	tm	30.00	
Capacidad de planta Rock Fill	m3	144	diario

4.3.7 Cálculos de volúmenes de proceso.

Con las siguientes formulas se hallarán los valores de los volúmenes del tanque acondicionador y volumen de almacenamiento de agua y para el cálculo de volumen cilindro deslamador es el volumen y dimensiones del cilindro deslamador se utilizarán las siguientes formulas:

✓ **Volumen de pulpa alimentada a cilindro diario**

$$V_c = \text{Vol (sólidos)} + \text{Vol (agua)} \quad (\text{m}^3/\text{día})$$

✓ **Volumen de pulpa en cilindro a 100% capacidad**

$$V_v = V_c \times t / 1440 \quad (\text{m}^3)$$

Donde:

V_c: Volumen de pulpa alimentada a cilindro diario

T: tiempo de residencia de pulpa en cilindro

✓ **Volumen de cilindro deslamador**

$$V_{v1} = V_v / 0.15 \quad (\text{m}^3)$$

Donde:

V_v : Volumen de pulpa en cilindro a 100% capacidad

0.15: 15% de volumen que representa V_v

Tabla 7. Muestra los valores y resultados del cilindro deslamador.

Descripcion	Simbolo	Unidad	Valor
Volumen pulpa alimento F diario a cilindro	V_c	m ³ /dia	751.11
Volumen pulpa F 100% capacidad de cilindro	V_v	m ³	1.04
Tiempo de residencia pulpa en cilindro	t	min	2.00
Volumen de cilindro deslamador	V_{v1}	m ³	6.95
Dimension del cilindro deslamador	$D \times L$	mt	1.65x3.30

4.3.8 Cálculos de volumen de tanque acondicionador.

Para hallar el volumen del tanque de acondicionamiento se utilizarán las siguientes fórmulas:

✓ **Flujo másico diario R:**

$$R = M_s \times 10 \quad (\text{t/día})$$

✓ **Volumen Teórico de tanque acondicionador V_n :**

$$V_n = R \times T \times f_a \times f_s \quad (\text{pies}^3)$$

Dónde:

T: Tiempo de residencia

f_a : Factor de agitación

f_s : Factor de seguridad

Tabla 8. Muestra los valores y resultados del Tanque Acondicionador

Descripcion	Simbolo	Unidad	Valor
Flujo masico diario	R	tm / dia	890.00
Tiempo de residencia	T	min	10.00
Factor de agitacion (Gs:2.69, %Sw:65.53)	f_a		0.0174
Factor de seguridad	f_s		1.25
Volumen teorico tanque acondicionador	V_n	pies ³	193.58

4.3.9 Cálculos de volumen de almacenamiento de agua.

Para hallar el volumen de almacenamiento de agua se utilizará la siguiente fórmula:

✓ **Volumen de almacenamiento de agua (Vaa):**

$$V_{aa} = Q_a \times t_c \quad (m^3)$$

Dónde:

Qa: Caudal de agua

t: Tiempo de autonomía

Tabla 9. Muestra los valores y resultado de Almacenamiento de Agua

Descripcion	Simbolo	Unidad	Valor
Tiempo de autonomia	t	hrs	5.00
Volumen de almacenamiento de agua	Vaa	m3	280.86

CAPITULO V: RESULTADOS

5.1. Proceso de la planta de relleno hidráulico.

5.1.1 Descripción del proceso.

. La planta de relleno hidráulico de la zona Romero Pampa – Pataz, inyectará pulpa mineral formada por *material de agregado de la cantera Mangalpa más agua lo que es al interior mina*, que se iniciara en la superficie con una línea de inyección que ingresa por la chimenea por servicios RC 9, desde el nivel 2995 hasta el nivel 2670 con Angulo de 90°, y el material será transportado en volquetes que dejaran su carga en el patio o terreno de almacenamiento de planta de relleno, y un cargador frontal llevara ese material a la zanja de relleno hidráulico, en donde se inyectara agua y la pulpa que se genera, se deslizará por gravedad hasta la poza de recepción para ingresar al cilindro deslamador y finalmente al tanque acondicionador, previo a la inyección de relave a interior mina.

I) Materiales.

Para definir los materiales a utilizarse en la Planta de relleno hidráulico de la Unidad Santa María Minera Poderosa S.A . Se realizaron estudios y análisis de granulométricos de los diferentes agregados.

La repartición granulométrica precisa para que el relleno alcance una máxima densidad que de tal forma pueda garantizar la resistencia a la comprensión uniaxial del diseño, que viene determinada por la misma curva de Talbot que es la curva para la máxima densidad.

II) Componentes de la planta.

El diagrama general de proceso de relleno hidráulico, presenta las siguientes etapas:

(1) *Patio de maniobras*, donde se decepcionará el agregado proveniente de la cantera Mangalpa, la granulometría del agregado será 100% - 2 plg.

(2) *La zanja de relleno*, infraestructura de concreto donde mediante un cargador frontal se acumulará aprox. 60 m³ de agregado, el mismo que será repulpado mediante la inyección de agua a presión por medio de aspersores o pitones.

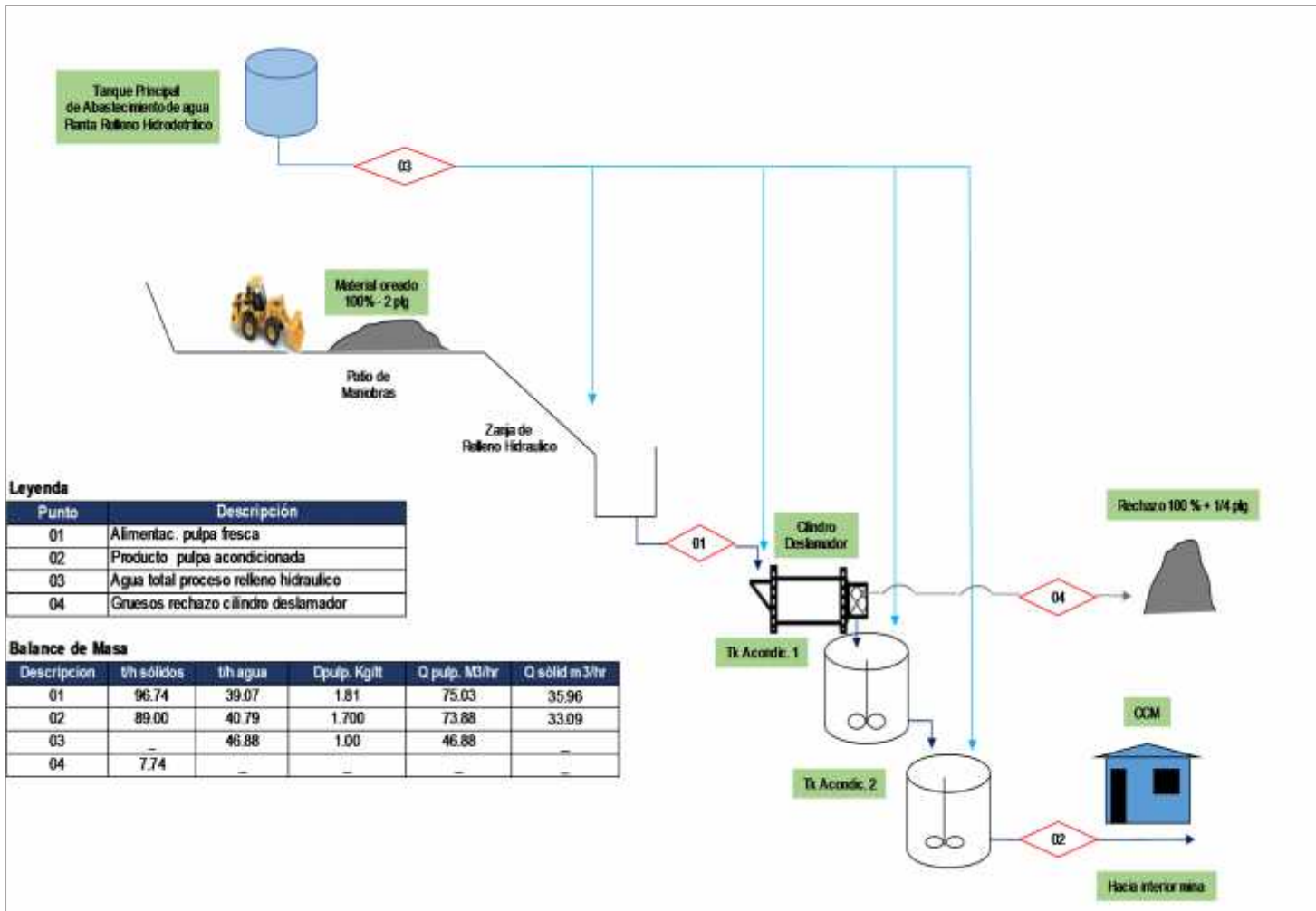
(3) *Cilindro deslamador*, equipo centrifugo cuya función es lavar las arcillas impregnadas en las partículas rocosas del agregado, este equipo recibirá como alimentación el agregado en forma de pulpa formada en la zanja de relleno; asimismo tendrá la función

de clasificar mediante una malla (trommel) de ¼ plg de abertura las partículas finas y gruesas. Las partículas finas (100% - ¼ plg) se usarán como material de relleno hidráulico, mientras que las partículas de tamaño mayor a ¼ plg serán rechazadas y acumuladas en una zona del patio de maniobras inferior para su posterior uso en obras civiles (grava o balasto).

(4) *Tk acondicionador 1*, tanque que recibirá la pulpa de agregado que pasa la malla ¼ plg (trommel) del cilindro deslamador y en el cual se evaluará la densidad preliminar de la pulpa de relleno hidráulico.

(5) *Tk acondicionador 2*, tanque que recibirá la pulpa de relleno hidráulico del tanque acondicionador 1. Si la densidad es la óptima (1.7 kg/t) y no presenta exceso de finos, se enviará como producto final de relleno hidráulico a mina; si presenta densidades menores a 1.7 kg/lt y/o contiene exceso de finos y **ESTO SE EVIDENCIA DURANTE LA PUESTA EN MARCHA DE LA PLANTA**, entonces se procederá a complementar el diagrama de proceso mediante el siguiente procedimiento: se cierra la válvula pinch o la válvula tipo cuchilla del tanque 1 que alimenta al tanque 2 y se abre una segunda válvula pinch del tanque 1 que alimentará a una bomba de lodos, la misma que alimentará a un nido de ciclones previamente dimensionados, en donde el producto grueso (UF) retornará al tanque 2 y los finos (OF) serán derivados a un sedimentador de cono profundo, en donde se conformará una pasta o se filtrarán los finos con el objeto de su mejor disposición desde el punto de vista medio ambiental. Los gruesos retornados al tanque 2 se acondicionaran a una densidad de pulpa de 1.7 kg/lt y de manera inmediata mediante el uso de la gravedad serán ingresados a mina como relleno hidráulico.

Figura 4. Diagrama General del proceso Relleno Hidráulico



5.2. Diseño de la planta relleno hidráulico.

5.2.1. Generalidades.

El diseño de la planta de relleno hidráulico de una minera comprende del reconocimiento de terreno y análisis de tierras y arenas que se desarrolla en las canteras que esto se encuentra constituido por una plataforma o patio de maniobras en donde se acumulara el relave, el cual será descargado hacia una plataforma de recepción de material o tolva, el cual caerá por gravedad hacia el pozo de recepción de material, esta estructura esta soportado por un muro de contención al cual se le han agregado contrafuertes perpendiculares al eje de dicho muro de contención, adicionalmente se han considerado los muros perimétricos de protección alrededor de la planta, con losas de concreto armado como se muestra y se desarrollan cada una de ellas.

5.2.2 Clasificación de la planta de relleno hidráulico para su diseño.

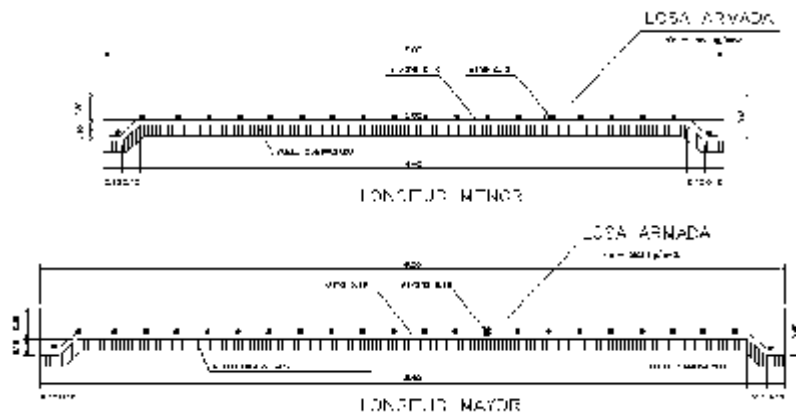
Este proyecto se encuentra estructurado como una planta de relleno hidráulico de alto potencial rendimiento y de bajo costo, esta clasificación está en base al diseño de relleno hidráulico se utiliza el material de la misma mina y se aprovecha los desniveles para operar por gravedad.

El proyecto se iniciara para una capacidad de 72 .16 m³ / hora de pulpa para la Unidad Santa María – Compañía Minera Poderosa S.A . Este volumen lo determino la mina en función del volumen de operaciones y material que extraen programado.

a) Losa armada en dos direcciones para el patio de maniobras.

La losa armada se asienta sobre una plataforma perfilada de nivel 3,043.9 msnm, sobre el descansa la losa de 0.30 m de espesor alcanzando un nivel de piso terminado de 3,044.2 msnm. La losa se distribuye en paños de 6 m (longitud mayor) y de 5 m (longitud menor) con una resistencia de concreto de 280 kg/cm².

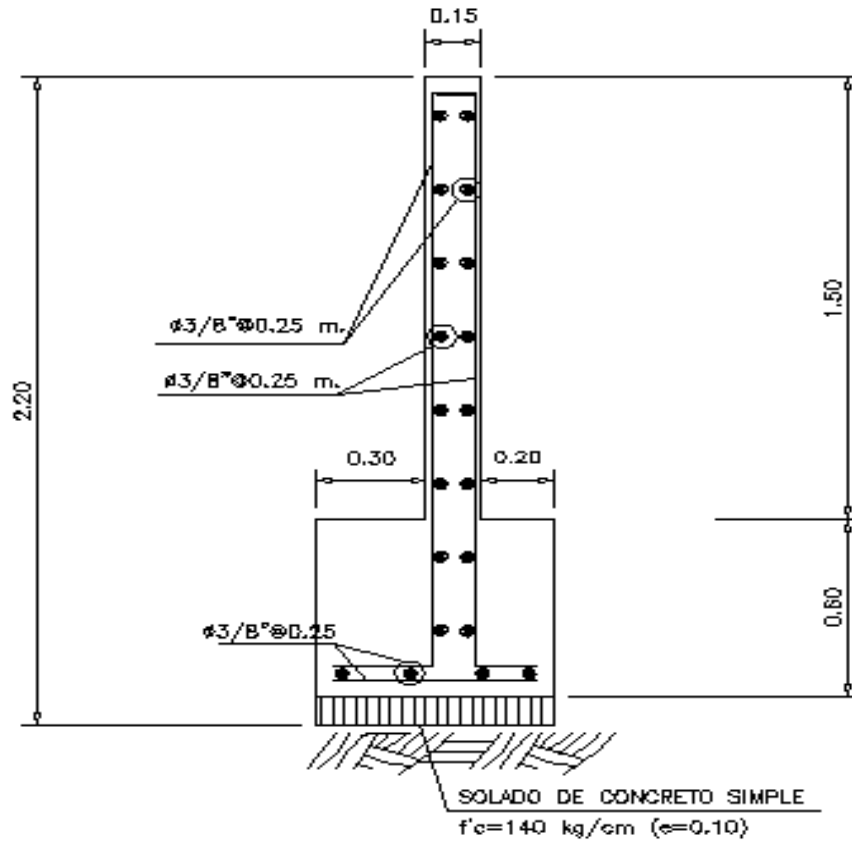
Figura 5. Sección de la losa armada.



b) Muro perimétrico de protección del Patio de Maniobras

El muro perimétrico se ubica en la intersección del plano conformado por el patio de maniobras y el talud de los cortes efectuados. Este muro es necesario por la topografía de la zona para permitir tener el área adecuada al patio de maniobras. Tiene una extensión de 72.0 m con una cimentación de 0.65x.60 m con una altura de muro de 1.5 m y un espesor de 0.15 m.

Figura 6. Sección del muro de protección perimétrico.



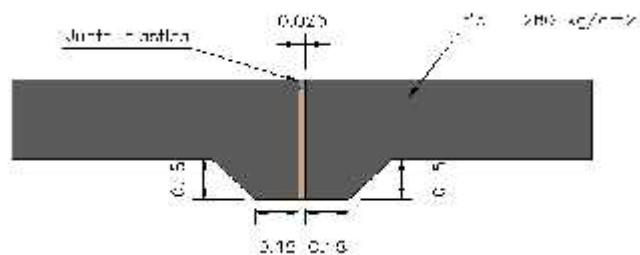
c) Sumidero en el Patio de Maniobras

Por encontrarnos en una zona de lluvias es necesario prever obras de drenaje. En la intersección del patio de maniobras y el pie de taludes se ubican un sumidero de sección 0.30×0.30 con una longitud de 45.9 m.

d) Sello de juntas

Las losas de concreto armado tiene una separación sísmica y de contracción de 1", antes del vaciado de las losas se debe colocar la franja de poliestireno expandido hasta una altura de 5 cm por debajo del nivel de piso terminado de la losa, este espacio será rellenado con una masilla elástica.

Figura 7. Sección de la junta de separación sísmica

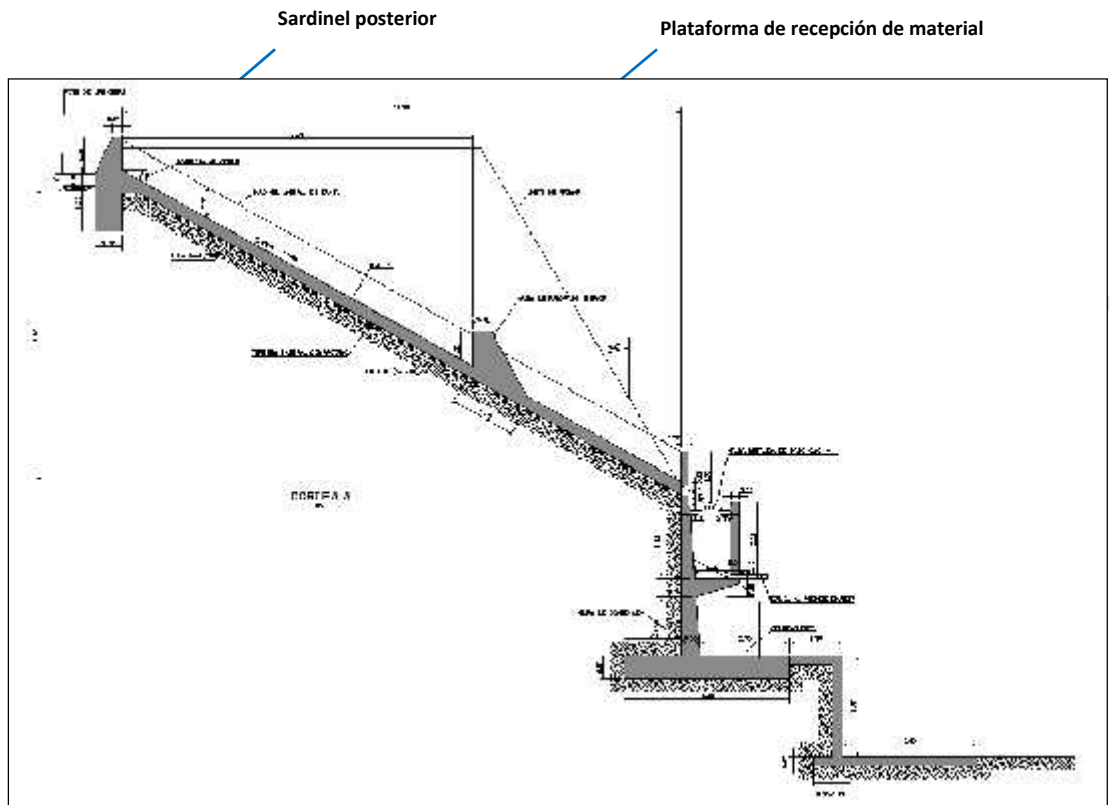


5.2.3 Secciones para la Planta de Relleno.

5.2.3.1. Plataforma de recepción de material.

Se considera una losa inclinada trapezoidal de 0.20 m de espesor, con un área de 190 m², sobre esta losa se colocarán crestas de 0.20x0.10m de forma longitudinal, el cual ayudara al desplazamiento de los relaves.

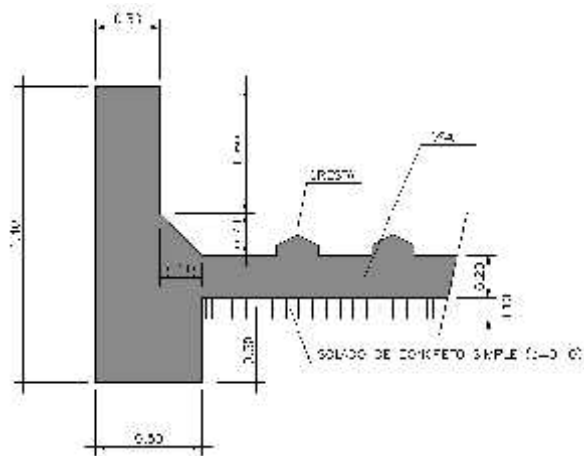
Figura 8. Sección de la tolva y el muro de contención.



5.2.3.2. Sardineles laterales de la zanjas.

En los laterales de la zanja de recepción de material se han considerado muretes o sardineles de 0.30x1.40 m., en los laterales.

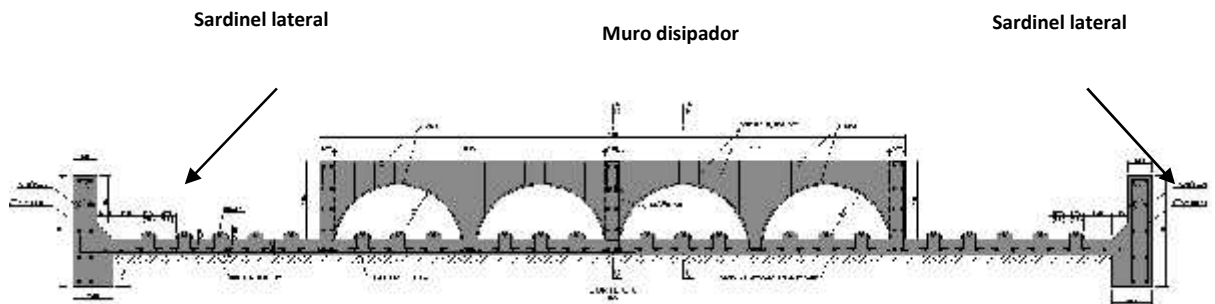
Figura 9. Sardinel lateral de zanjas



5.2.3.3. Muro disipador de energía.

En la parte media de la plataforma de recepción de material se ubicará el muro disipador el cual absorbe la energía con que caen los relaves y distribuye mejor el material, este pasa a través de unos agujeros semicirculares de radio 0.80 m. Para mayor detalle ver el plano SLM-150100-CV-06.00.

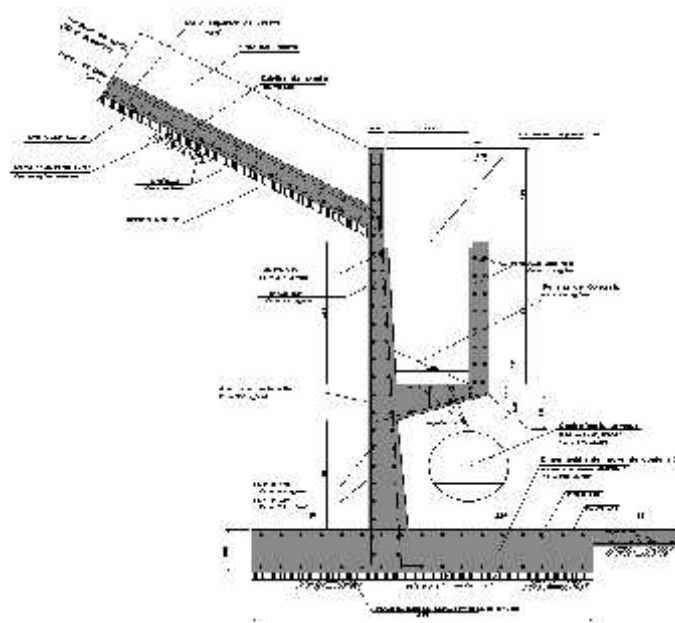
Figura 10. Sección transversal de muro disipador de energía.



5.2.3.4. Muro de contención principal y zanja de recepción de material.

Para el sostenimiento de la tolva y de la poza de recepción de material se emplazará un muro de contención de 5.40 m de altura con un espesor variable, cimentado sobre un talón de 4.25x0.60 m. Ver plano SLM-150100-CV-07.00.

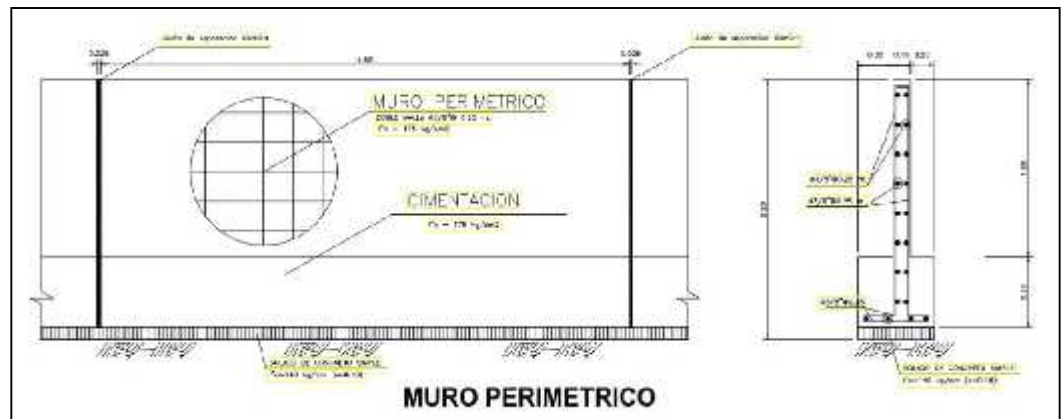
Figura 11. Sección transversal de muro contención principal.



5.2.3.5. Muro de contención perimétrico.

De acuerdo a la topografía fue necesario proyectar alrededor de la planta de relleno muros de contención perimétricos de altura variable de acuerdo al perfil longitudinal como se muestra en el plano SLM-150100-CV-09.00.

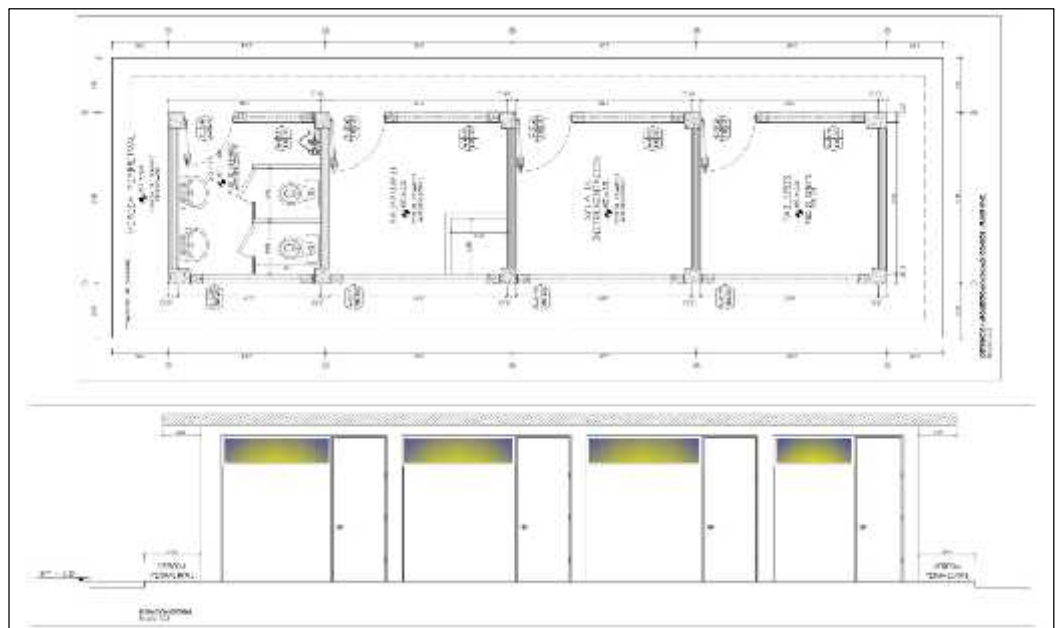
Figura 12. Muro contención perimétrica



5.2.3.5. Sala de Control

Se trata de una estructura mixta a porticada y albañilería confinada con columnas y vigas con un techo aligerado de concreto armado y tabiquería de albañilería confinada. Se ha destinado un área de $13.44\text{m} \times 4.6\text{m} = 61.77 \text{ m}^3$ para estos cuatro ambientes.

Figura 13. Tableros, Sala de Instrumentación, Laboratorio y Servicios Higiénicos



5.2.4 Proceso de relleno hidráulico en interior mina.

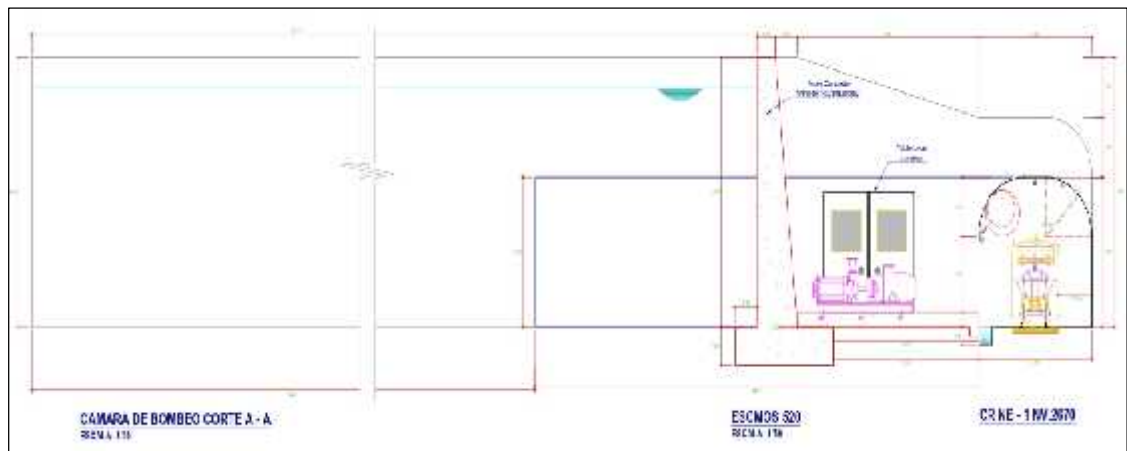
5.2.4.1. Generalidades.

Con la finalidad de abastecer el volumen de agua diario requerido por la planta de relleno hidráulico; 468.85 m³/día, (Ver Tabla 10), se ha considerado la captación de este recurso ubicado en el nivel 2670 en interior mina mediante la construcción de una cámara de bombeo (ver Figura 12). Ésta tiene una capacidad de 812.16 m³, la misma que permitirá un autonomía de abastecimiento de agua a la planta de relleno hidráulico de 1.73 días.

Tabla 10. Volumen de almacenamiento de agua

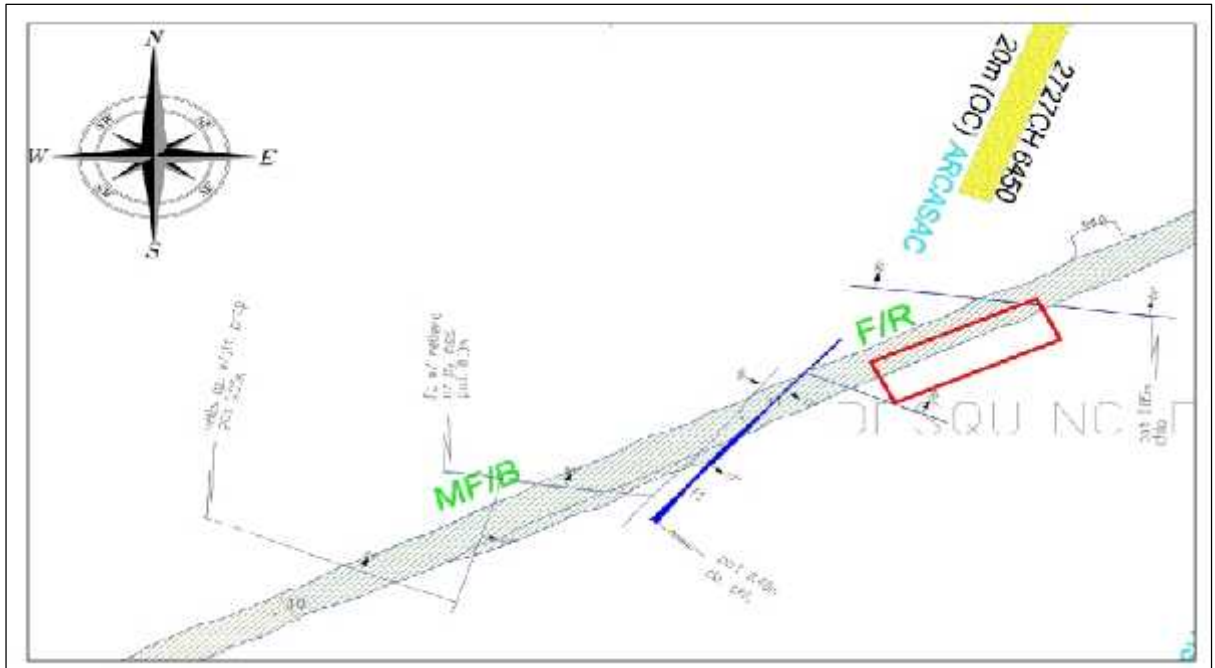
Descripción	Símbolo	Unidad	Valor
Tiempo de autonomía	T	hrs	10.00
Volumen de almacenamiento de agua	Vaa	m ³	468.85

Figura 14. Cámara de almacenamiento de agua y bombeo NV. 2670



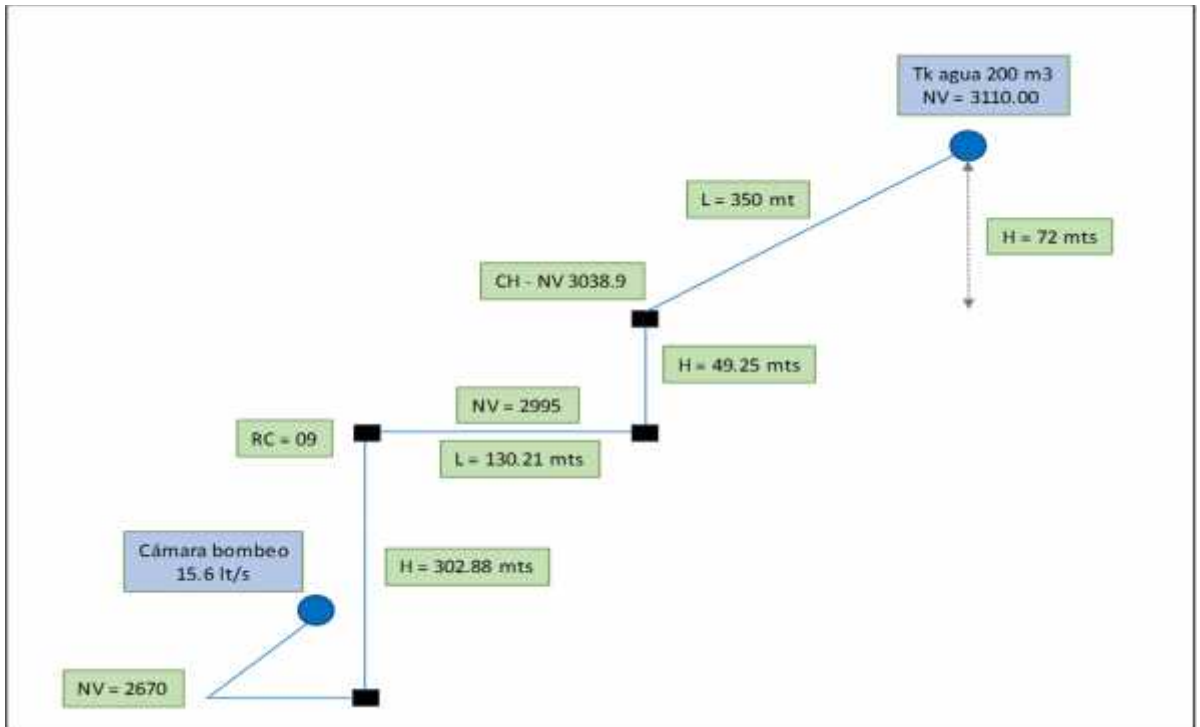
Las dimensiones de la cámara de bombeo son: L=45.9 m, H=4.5 m, A=4.0 m, ver plano asociado SLM-150100-CVM-02.00. El diseño de la cámara de bombeo de agua se realizó considerando el plano geo mecánico respectivo proporcionado por el cliente.

Figura 15. Plano Geomecánico de zona de excavada. Para cámara de bombeo Nv. 2670



La ruta de abastecimiento de agua, desde la ubicación de la cámara de bombeo en el nivel 2670.00 hasta la zona de los tanques elevados en el nivel 3110.00 se muestra en la figura 15, la longitud aproximada del tendido de tubería de 2 plg de diámetro será de 900.00 mts.

Figura 16. Diagrama de Abastecimiento de Agua para Relleno Hidráulico



5.2.5 Obras Mecánicas y Tuberías de Relleno Hidráulico en Interior Mina

5.2.5.1. Suministro de agua

La planta de relleno hidráulico tendrá un tanque de almacenamiento de agua fresca para abastecer a todo el proceso de la planta. Este tanque está ubicado en un nivel superior, cota 3,110.0 msnm a 53 m sobre el nivel de la planta para tener una altura de presión de agua necesaria para la operación. El agua llegará a la planta a través de una tubería de acero de Ø4", de donde una derivación llevará un flujo de 39.07 m³/h se inyectará al agregado depositado en la zanja para el proceso de repulpeo. La inyección de agua en la zanja será multipunto, con 6 inyectoros de agua distribuidos en el contorno de la zanja.

A partir de la línea de llegada, una tubería de Ø1 ½" llegará al primer tanque acondicionador para regular la densidad del relleno hidráulico. Una derivación final de Ø1" alimentará de agua a los servicios generales de la planta de relleno hidráulico.

5.2.5.2. Línea de conducción de relleno hidráulico a chimenea.

De la descarga del tanque agitador TK-002 saldrá una línea de tubería HDPE 4 plg SDR 9, para conectarse con el sistema de conducción de relleno hidráulico a la chimenea cuya cabeza se encuentra ubicada en el pto X=216772.9, Y=9140489.01, Z=3037.57., conectando luego con la galería en el nivel 3000.00 y posteriormente con el RC 9, ver plano SLM-150100-TU-02.00. Las tuberías de la línea de conducción contarán con derivaciones para la instalación de válvulas tapón con conexión rápida para el lavado de tuberías y válvulas tapón para las purgas.

La tubería de conducción de relleno hidráulico será de SCH STD 80-4 plg en la chimenea RC 9, esta tubería tendrá conexiones tipo victaulic para un rápido desmontaje, así como rompe presiones cada cierto tramo.

Las tuberías que conforman las líneas troncales de relleno hidráulico serán tipo HDPE 4 plg SDR 9, y tienen las siguientes características,

Tabla 11. Líneas de Relleno Hidráulico Interior Mina

LINEA	COTAS	LONGITUD (m)	TUBERÍA (m)	
			HDPE 4"	SCH STD 80-4 plg
Arranque	3038.4 - 2682.44	544.58	234.58	310.00
1	2680.1 - 2576.45	2,638.20	2,638.20	
2	2682.45 - 2417.76	1,990.61	1,990.61	
3	2524.7 - 2416.0	376.02	376.02	
4	2591.5 - 2591.5	265.87	265.87	
Total		5,815.28	5,505.28	310.00

5.2.5.2. Derrame de la planta y circulación

La planta de relleno hidráulico contará con una bomba sumidero de 100 GPM y 10 HP de potencia, ubicado en un cajón de concreto en la parte más baja de la planta. El sumidero colectará purgas de las líneas de relleno hidráulico, reboses y purgas de los tanques agitadores y lodos que se originen de las lluvias del lugar. La bomba sumidero evacuará estos flujos a través de una tubería de Ø3" hacia el cajón de la zanja de repulpeo de relave, formando un circuito cerrado y tener cero efluentes de la planta.

5.3. Plan de Manejo Ambiental

5.3.1 Definición e Importancia

El Plan de Manejo Ambiental contiene un conjunto de medidas estructuradas en procedimientos, destinados a evitar y mitigar los factores ambientales afectados negativamente durante los ciclos operativos de una empresa, en este caso durante y después del proceso del relleno hidráulico.

Su importancia radica en que:

- Concentra la Visión de la empresa respecto a la protección del ambiente, controlando permanente su actividad productiva para mantenerla ambientalmente viable en el marco de la normativa ambiental.
- Detalla los procesos que se ejecutarán para mejorar la calidad de sus productos y así la competitividad de la empresa en un escenario cada vez más exigente. Dichos procesos deben ser conducidos de manera responsable asegurando la viabilidad y sostenibilidad ambiental de su operación.

5.4.2 Balance de materiales y efluentes de relleno de mina y operación.

El proceso de relleno hidráulico en unidad Santa María – CMPSA, presenta los siguientes parámetros de operación (Ver Cuadro 1): Un caudal de pulpa de 75 m³/hr con una densidad de pulpa de 1.8 tm/m³, 5.0 horas de relleno neto por turno. El cuadro 2, indica el caudal de la pulpa y sólidos mediante gravedad hacia interior mina de 73.88 m³/hr y 33.09 m³/hr respectivamente a una densidad de operación de relleno de 1.7 tm/m³. El cuadro 3, muestra los diferentes caudales de efluente (agua) producidos por perforación de DDH, filtración y perforación, haciendo un total de 762.52 m³/hr de caudal de agua. El cuadro 4, resume el balance de los efluentes materiales tanto de relleno hidráulico como de operación mina, teniendo un flujo total de 6.8 tm/hr de lodos y un caudal total de 795.57 m³/hr de agua.

Tabla 12. Resumen de Parámetros Básicos

Descripción	Símbolo	Unidad	Valor
Flujo volumétrico de pulpa	Qp	m ³ /h	75.03
Porcentaje de sólidos en peso	%S	%	71.23
Gravedad específica de pulpa	SG pulpa	[]	1.81
Horas de operación	Horas/día	Horas/día	10.00
Agua para lavado tubería y sello de agua	%	[]	20.00
Pasante acumulado - 1/4 plg	%	[]	92.00

Tabla 13. Balance de Masa.

Descripción	t/h sólidos	t/h agua	Dpulp. Kg/lt	Q pulp. M3/hr	Q sólido m3/hr
01	96.74	39.07	1.81	75.03	35.96
02	89.00	40.79	1.700	73.88	33.09
03	—	46.88	1.00	—	—
04	7.74	—	—	—	—

Tabla 14. Efluentes de Operación Mina

Nivel	Labor	Q1	Q2	Q3	Qt (lt/s)	Qt (m3/hr)
2670	ESCMDH 01	68.06	6.34	6.67	81.07	291.855
2520	RP IRMA	21.22	2.06	0.00	23.28	83.820
2410	ESCMDH	14.71	4.06	0.00	18.77	67.573
2260	ESCMDH 15	39.71	0.00	0.00	39.71	142.953
2120	ESCMDH	47.79	1.19	0.00	48.98	176.315
Total					211.81	762.52

5.4. Tratamiento de Agua y Manejo de Pozas de Sedimentación

Para la prevención y el control en el manejo de efluentes de relleno hidráulico y de operación mina utilizaremos el siguiente procedimiento escrito de trabajo seguro:

Tabla 15. Tratamiento de agua de mina y manejo de pozas de sedimentación.

<p style="text-align: center;">TRATAMIENTO DE AGUA DE MINA Y MANEJO DE POZAS DE SEDIMENTACION.</p>	<p style="text-align: center;">IPER 8</p>	<p>USO EPP OBLIGATORIO: Respirador, anteojos, guantes de jebe, mameluco, botas de jebe con punta de acero, sombrero protector.</p>
<p>1. OBJETIVO</p>	<p>Clarificar el agua turbia proveniente de la mina, mediante pozas de sedimentación, utilizando leyes física de Stock, acelerados por floculantes y coagulantes.</p> <p>Verter agua limpia al cuerpo receptor, cumpliendo R.M. 011-96 MEM/DM.</p>	
<p>2. ALCANCE</p>	<p>Operadores de Sistema de Tratamiento Agua de Mina.</p> <p>Jefatura de Asuntos Ambientales, Mina y Proyectos.</p>	
<p>3. REFERENCIA</p>	<p>Ley 28611. Ley General del Ambiente. (Art. 121 y 122).</p> <p>Ley 17752. Ley General de Aguas.</p> <p>R.M. 011-96 MEM/DM.</p>	
<p>4. RESPONSABILIDADES</p>	<p>Superintendente Mina: Control del Flujo de Agua de Mina</p> <p>Jefatura de Asuntos Ambientales: Supervisión del Tratamiento.</p>	
<p>5. RIESGOS</p>	<p>Medio Ambiente:</p> <p>Vertimiento de agua de mina sin tratamiento al cuerpo receptor.</p> <p>Desborde de las pozas</p> <p>Derrame de sedimentos al suelo.</p> <p>SSO:</p> <p>Caída de persona en el mismo nivel y/o de un nivel a otro.</p> <p>Contacto con la piel</p>	

6. REQUISITOS	Instructivos de Dosificación Envases dosificadores de floculante sólido y coagulante líquido Coagulante P-193 y floculante SuperFloc-127 Lampa, paleta de agitación, cuba para llenar el agua. Estándar Equipo Motorizado - Transporte y seguridad vial Hojas MSDS del floculante
----------------------	--

CAPITULO VI: CONCLUSIONES

Después de haber realizado la Propuesta de Diseño de Planta de Relleno Hidráulico en la Minera Poderosa S.A- Unidad Santa María se llegó a las siguientes conclusiones:

6.1. La aplicación del relleno hidráulico ofrece ventajas como la reducción de costos y una mejor productividad y mayor seguridad operacional mejorando la inestabilidad del macizo rocoso.

El consumo de madera por tonelada de mineral roto antes de aplicar relleno hidráulico es 28,48 kg/TM ,de Aplicando el relleno hidráulico se reduce a 4.60 kg/TM.

El costo de sostenimiento sin utilizar relleno hidráulico es de 3.99 \$/TM, al aplicar el relleno hidráulico este costo se reducirá a 1.83\$/TM. Esta diferencia nos representaría \$499,200 de ahorro en sostenimiento básicamente con madera. El costo del relleno hidráulico es de 2.77\$/TM, esto representa \$332,400 por año; por lo tanto se tendría un ahorro neto de \$166,800 por año.

6.2. El proyecto se iniciara para una capacidad de 72 .16 m³ / hora de pulpa para la Unidad Santa María – Compañía Minera Poderosa con características de poder tener menos riesgos tanto para la empresa y medio ambiente.

6.3. Con esta aplicación del Relleno Hidráulico se podrá aprovechar en una gran cantidad de desmonte producto de los avances de la mina, es decir se reducirá el impacto ambiental como también aumentara la rentabilidad de la Unidad Santa María.

6.4. La aplicación de la planta de relleno hidráulico contará con una bomba sumidero de 100 GPM y 10 HP de potencia, ubicado en un cajón de concreto en la parte más baja de la planta. El sumidero coleccionará purgas de las líneas de relleno hidráulico, reboses y purgas de los tanques agitadores y lodos que se originen de las lluvias del lugar. La bomba sumidero evacuará estos flujos a través de una tubería de Ø3” hacia el cajón de la zanja de repulpeo de relave, formando un circuito cerrado y tener cero efluentes de la planta.

- 6.5. La planta de relleno hidráulico se abastecerá con un volumen de agua a diario requerido por la misma planta; 468.85 m³/día, lo cual se ha considerado la captación de este recurso ubicado en el nivel 2670 en interior mina mediante la construcción de una cámara de bombeo. Ésta tiene una capacidad de 812.16 m³.
- 6.6. La poza de recepción de material se emplazara en un muro de contención de 5.40 m de altura con un espesor variable, cimentado sobre un talón de 4.25x0.60 m.
- 6.7. La planta de relleno hidráulico tendrá un tanque de almacenamiento de agua fresca para abastecer a todo el proceso de la planta. Este tanque está ubicado en un nivel superior, cota 3,110.0 msnm a 53 m sobre el nivel de la planta para tener una altura de presión de agua necesaria para la operación.

CAPITULO VII: RECOMENDACIONES.

Las recomendaciones que se puede tener para este proyecto son las siguientes:

- 7.1. Como resultados según los análisis que se obtuvo de la aplicación de relleno hidráulico son favorables que es por ello se recomienda implementar la planta de Relleno Hidráulico con una capacidad de 72 .16 m³ / hora de pulpa para la Unidad Santa María.
- 7.2. El diseño de la planta debe de contemplar de minimizar material de las canteras para poder utilizar cemento a gran cantidad y así obtener mejores resultados de compactación.
- 7.3. Para la profundización de la mina se debe considerar, dejar desmonte grueso en los tajos y completar con relleno cementado.
- 7.4. Se debe considerar la reutilización el agua que ingresa con el relleno, creando un recorrido cerrado de agua, optimizando su utilización.
- 7.5. Los espacios vacíos se deben de rellenar de la manera más posibles dejados en los niveles superiores, con la finalidad de crear barreras geo mecánicas y mejorar las condiciones de estabilidad del macizo rocoso.
- 7.6. Los resultados según los análisis se determinan positivos por lo que se puede concluir que el proyecto es rentable y viable, por lo tanto se recomienda realizar su construcción y aplicación.

REFERENCIAS

GUILLERMO. (2002). *"ANALISIS DE LOS SISTEMAS DE RELLENO HIDRAULICO EN LA MINA CARAHUACRA- VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A"*. LIMA.

HUAMAN MONTES, L. W. (2007). *APLICACION DE RELLENO HIDRAULICO EN LA MINA JIMENA DE COMPAÑIA PODEROSA S.A.* LIMA: UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS.

LUCIO, D. (2006). *"TEORIA DE RELLENO HIDRAULICO"*. PERU.

PASQUEL. (2004). *"MANUAL DE REUTILIZACION DE INDUSTRIA MINERA"*. MEXICO.

VALLEJO CORTES, C. (2011). *"ESTUDIO DE RELLENO HIDRAULICO DE LA COMPAÑIA MINERA ARGENTUM- UNIDAD MOROCOCHA.* LIMA.

YALLE GUILLEN, E. C. (2009). *"CONSTRUCCION DE LA PLANTA DE RRELLENO HIDRAULICO 100% RELAVE EN LA MINERA MARSА - EL GIGANTE.* LIMA.