



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



**EXPLOTACIÓN POR SUB NIVELES ASCENDENTES CON
RELLENO CEMENTADO UNIDAD MINERA PALLANCATA CIA
MINERA ARES – HOCHSCHILD.**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

PRESENTADO POR:

BACH. WILSON VIDAL RAMOS CONDORI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

PUNO – PERU

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

**EXPLOTACIÓN POR SUB NIVELES ASCENDENTES CON
RELLENO CEMENTADO UNIDAD MINERA PALLANCATA CIA
MINERA ARES – HOCHSCHILD.**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
PRESENTADO POR:**

WILSON VIDAL RAMOS CONDORI

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



**APROBADO POR:
PRESIDENTE**

: _____

DR. JUAN MAYHUA PALOMINO

PRIMER MIEMBRO

: _____

ING. EMMANUEL HERNAN TUMY GÓMEZ

SEGUNDO MIEMBRO

: _____

ING. AMILCAR GIOVANNY TERAN DIANDERAS

TEMA: GEOMECANICA

ÁREA: INGENIERÍA DE MINAS

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 13 de diciembre del 2019



DEDICATORIA

Agradezco a DIOS y a la vida por darme la oportunidad de estar en este mundo.

A mis padres, Teofila Condori Halanoca y Vidal Ramos Caracela, que me dieron la vida y su apoyo incondicional.

A mi esposa Ruth e hijos, Alisson y Stephano, que me motiva a seguir adelante y que me impulsa a conseguir más logros en mi carrera profesional.

A mis hermanos, Deysi y William, que me apoyaron en todo momento.



AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a mi alma Mater Universidad nacional del altiplano, porque en sus ambientes y escuela minas, recibí el conocimiento científico ingenieril y humano de cada uno de los docentes de la facultad de ingeniería de minas, escuela profesional de ingeniería de minas, cuyo ingeniero, maestros y doctores, que a lo largo de mi formación supieron transmitir sus amplios conocimientos y a la vez sus sabios consejos en aras de la formación integral de la investigación e innovación.

Agradecimiento en segundo lugar a los trabajadores administrativos de la facultad de ingeniería de minas, por los servicios de biblioteca especializado, registros, laboratorios y gabinete que complementaron acertadamente a mi formación integral del profesional ingeniero de minas.

También un agradecimiento especial a la Compañía Minera Ares S.A. – HOCHSCHILD MINING por el apoyo brindado en la elaboración del presente trabajo de suficiencia profesional.

WILSON VIDAL RAMOS CONDORI



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
RESUMEN	9
ABSTRACT.....	10
I. INTRODUCCIÓN.....	11
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
2.1 UBICACIÓN DE LA PLANTA DE RELLENO.....	14
2.2 Datos operacionales y parámetros de diseño.....	16
2.3 Datos Operacionales	16
2.4 Criterios de Diseño	16
2.5 Criterios de Diseños Generales.....	16
2.6 Capacidad de la Planta de Relleno.	17
2.7 Criterios de Transporte – Distribución Subterránea.....	17
2.8 Consumo de insumos.....	17
2.8.1 Relave	17
2.8.2 Cementos	17
2.8.3 Agua.....	17
2.8.4 Aditivo (uso suspendido).....	17
2.9 Preparación	18
2.10 Transporte de relleno a mina	18
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
3.1 Análisis comparativos de costos de la aplicación de relleno en pasta y relleno cementado	18
3.2 Costo de aplicación del relleno en pasta por tuberías.....	19
3.3 Costo de aplicación del relleno cementado con volquetes	19
3.4 Costo comparativo del relleno en pasta y cementado.....	20
3.5 Análisis comparativos de tiempos en la aplicación de relleno en pasta y relleno cementado	20



3.5.1	Tiempos de ciclaje de volquetes y scoop en relleno cementado.....	20
3.5.2	Tiempos de llegada del relleno en pasta desde la planta hacia los niveles	20
3.6	Análisis de la seguridad en el proceso de relleno en pasta.....	21
3.6.1	Proceso de relleno cementado.....	21
3.6.2	Proceso de relleno en pasta.....	21
IV.	CONCLUSIONES.....	21
V.	RECOMENDACIONES.....	22
VI.	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	22

ÁREA: INGENIERÍA DE MINAS

LINEA: GEOMECANICA

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 13 de diciembre 2019



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Costo de aplicación del relleno en pasta por tuberías.....	19
Tabla 2. Costo de aplicación del relleno.....	19
Tabla 3. Costo comparativo del relleno en pasta y cementado.....	20
Tabla 4. Tiempos de ciclaje de volquetes y scoop en relleno cementado.....	20
Tabla 5. Tiempos de llegada del relleno en pasta desde la planta hacia los niveles	20



ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: plano de labores de pallancata central	15
---	----



EXPLOTACIÓN POR SUB NIVELES ASCENDENTES CON RELLENO CEMENTADO UNIDAD MINERA PALLANCATA CIA MINERA ARES – HOCHSCHILD.

EXPLOITATION BY SUBNIVELS ASCENDING WITH CEMENTED FILLING MINING UNIT PALLANCATA CIA MINERA ARES - HOCHSCHILD.

Bach. Wilson Vidal Ramos Condori
Universidad Nacional del Altiplano
Facultad de Ingeniería de Minas
Dirección: Av. Floral 1153, Ciudad Universitaria
Correo electrónico: wirac.fim@gmail.com Fono: 942104800

RESUMEN

El problema radica en el método de minado que se está utilizando actualmente que viene a ser el método de subniveles ascendentes con relleno en pasta el cual está siendo sustituido por el método SARC “Explotación por subniveles ascendentes con relleno cementado, razón por la cual se ha evaluado un método de explotación. La tecnología de relleno de caserones con relaves en pasta cementados se ha popularizado en la industria minera subterránea a nivel mundial. Esta tecnología brinda una serie de ventajas desde el punto productivo y medio ambiental El presente artículo se presentan los resultados de la comparación económica del relleno en pasta con el relleno cementado para la U.O. Pallancata como método para el manejo de los relaves provenientes del proceso de concentración por flotación de su planta de beneficio en la planta de Selene y su disposición final en las labores subterráneas de mina U.O. Pallancata. El Proceso de preparación de relleno consiste en mezclar la fracción gruesa de los relaves con cemento, brindándole determinadas características de resistencia a la compresión para ser empleado como relleno de grandes volúmenes en interior mina así como en otras labores. Conforme a lo establecido en el estudio de factibilidad, se contempla la utilización de los relaves obtenidos de la Planta de Desaguado existente con malla Nro. 200 así como agregado no mayor de 3 pulgadas, en actual ejecución ubicada en Selene. El relave obtenido de las Plantas de desaguado se transportará de Selene a Pallancata (25 km), empleando los camiones que actualmente transportan el mineral de Pallancata a Selene y que normalmente retornan vacíos. La Planta de Mezclado de Concreto con una capacidad de 40 m³/h y capacidad de almacenamiento de 240 toneladas se ubica en la Unidad Pallancata, ha sido ubicada en superficie sobre el plano del cuerpo mineralizado, lo que permitirá realizar el relleno subterráneo empleando la fuerza de gravedad. La diferencia de cotas disponible entre la ubicación de la planta en superficie y los niveles subterráneos será suficiente para permitir el descenso por gravedad del relleno, el ingreso de relleno interceptará la chimenea RB-0, ubicada cerca de la planta. Para permitir el relleno de sectores más allá de los límites del cono de influencia, específicamente la zona denominada Pallancata Central, que viene a ser la zona en la cual se están abriendo cruceros transversales ya que la potencia de la veta abarca unos cuarenta metros considerando ambas vetas Pallancata central y la veta ramal central

PALABRAS CLAVES: relleno, caserones, relaves cementados.



ABSTRACT

The problem lies in the mining method that is currently being used, which is the method of ascending sub-levels with paste filling which is being replaced by the SARC method "Exploitation by ascending sub-levels with cemented filling, which is why evaluated a method of exploitation. The technology of filling of mansions with cemented paste tailings has become popular in the underground mining industry worldwide. This technology offers a series of advantages from the productive and environmental point of view. This article presents the results of the economic comparison of the paste filling with the cemented filling for the U.O. Pallancata as a method for the management of tailings from the process of concentration by flotation of its plant of benefit in the Selene plant and its final disposal in the underground works of U.O. Lever The filling preparation process consists of mixing the coarse fraction of the tailings with cement, giving it certain characteristics of compressive strength to be used as filling of large volumes inside the mine as well as in other tasks. As established in the feasibility study, the use of tailings obtained from the existing Drainage Plant with mesh No. 200 as well as aggregate no larger than 3 inches is contemplated, currently in execution located in the U.O. Selene The tailings obtained from the Drainage Plants will be transported from Selene to Pallancata (25 km), using trucks that currently transport Pallancata ore to Selene and that normally return empty. The Concrete Mixing Plant with a capacity of 40 m³ / h and storage capacity of 240 tons is located in the Pallancata Unit, has been located on the surface above the plane of the mineralized body, which will allow the underground filling using the force of gravity. The difference in dimensions available between the location of the plant on the surface and the underground levels will be sufficient to allow the descent by gravity of the landfill, the inflow will intercept the chimney RB-0, located near the plant. To allow the filling of sectors beyond the limits of the cone of influence, specifically the area called Pallancata Central, which is the area in which transverse cruises are opening since the power of the vein covers about forty meters considering both central lever levers and central branch vein.

KEY WORDS: fill, mansions, cemented tailings.



I. INTRODUCCIÓN

La Unidad de Pallancata, de la Compañía Minera Ares S.A.C. que actualmente está en Operación y Producción de Oro y Plata, la unidad de Pallancata es una mina mecanizada en el total de actividades que realiza con la producción finos de Oro y Plata. Ubicada en el departamento de Ayacucho Provincia de coronel Castañeda distrito de Parinacochas.

La tecnología de relleno minero con relaves en pasta cementados CPB (Cemented Paste Backfill) ha sido ampliamente utilizada en las últimas décadas con el objetivo de rellenar las grandes perforaciones dejadas luego de las operaciones de tronadura ejecutadas para la extracción subterránea de minerales. El uso de esta técnica tiene una serie de ventajas respecto a otros métodos de extracción, por ejemplo, provee una mayor estabilidad local y global a la mina, permite la extracción de mineral desde los pilares ubicados entre caserones y brinda la posibilidad a ingenieros geotécnicos de depositar una gran cantidad de relaves bajo tierra, lo que disminuye los riesgos asociados a la disposición en superficie y el impacto ambiental de la operación minera (Venegas Olivares, 2017).

El problema radica en el método de minado que se está utilizando actualmente que viene a ser el método de subniveles ascendentes con relleno detrítico el cual está siendo sustituido por el método SARC “Explotación por subniveles ascendentes con relleno cementado, razón por la

cual se ha evaluado un método de explotación que cubra con los requerimientos actuales de la compañía. Es en este sentido se plantea la explotación de la Veta Pallancata Central por el método de subniveles ascendentes con relleno Cementado, ese es el motivo del nombre del presente proyecto de ingeniería.

Asca Agüero (2018) en su tesis titulada “Metodología para el tratamiento del material de relleno cementado en la planta Altron empleado en las labores mineras; - Unidad Minera Andaychagua. –Volcan Para”, explica que el relleno cementado viene empleándose en muchas unidades mineras del Perú con éxito y tiene como objetivo rellenar los espacios dejados luego de las operaciones de voladura para la extracción subterránea de minerales. El uso de esta técnica tiene una serie de ventajas respecto a otro métodos de relleno, pues provee una mayor estabilidad local y global de la mina, permite la extracción del mineral ubicados en los tajeos y dan una gran posibilidad de depositar grandes cantidades de relave bajo tierra, lo que disminuye los riesgos asociados a la disposición en superficie y el impacto ambiental de la operación minera. Sin embargo una serie de 13 aspectos geotécnicos determinan la estabilidad dinámica del relleno, comportamiento no satura y presiones máximas, que requieren ser investigadas a detalle.(Ventura Roman, 2018)



Así mismo, Ventura Roman (2018) en su tesis “Mejora continua en la dosificación de relleno cementado Nv. 1,200 - 1,300 m. Unidad Minera Andaychagua - Junín. Periodo 2017-2018”, menciona que la técnica de deposición de relaves cementados requiere ser considerado en cualquier planeación de cualquier mina, pues daría una revisión total de la tecnología moderna, pues reduce los costos operativos si son adecuadamente diseñados la mezcla, pero existe determinados factores a ser considerados para su uso adecuado. En esencial se debe determinar las características de los materiales a depositar en los tajeos y cómo va a comportarse en las instalaciones construidas para el caso. Así mismo, se debe hacer un estudio de la selección de alternativas y ensayos de los materiales (relave, cemento portland y otros materiales) con el fin de poder equilibrar la disposición de relaves desaguados en superficie y la disposición de relleno cementado. Se debe controlar también la velocidad crítica, pues cuando esta es superada, garantizara el flujo de fluido sin deposición de partículas, para evitar el atoro en las tuberías durante su transporte.

De otro lado, (Laines Tineo, 2017) “Optimización del diseño de las losas estructurales de relleno cementado en la unidad de Andaychagua, Volcan compañía minera s.a.a, 2017”, asegura que la adecuada selección de los materiales integrantes de la mezcla, el conocimiento profundo de las propiedades del

concreto, los criterios de diseño de las proporciones de la mezcla más adecuadas para cada caso, son aspectos que se deben considerar cuando se construye estructuras de concreto que deben cumplir con los requisitos de calidad, seguridad y vigencia en el tiempo que se espera de ellos. 14 La utilización de relleno con resistencia es un elemento clave en la mayoría de los métodos de minado con relleno cementado, puesto que la calidad de relleno y la velocidad de colocación controlan la velocidad de producción, estos elementos han llevado al desarrollo de rellenos cementados. En el minado de corte y relleno, aparte de proporcionar una plataforma de trabajo, es prever la convergencia, el desmoronamiento y el hundimiento de las cajas techo y piso, sosteniendo esencialmente a las rocas en su lugar. El cemento puede ser usado para hidratar el exceso de agua y para mejorar la transitabilidad sobre la capa superior de relleno. Similarmente en el minado por tajeos abiertos, el relleno es colocado para prevenir el colapso de las paredes del tajeo; bajo estas circunstancias, el principal requerimiento de relleno es permanecer estable cuando es expuesto por el minado de un tajo inmediatamente adyacente. En este caso el cemento es adicionado para proporcionar cohesión a la masa de relleno, de tal manera que esta permanezca sin sostenimiento cuando sea expuesta

Para concluir, Astoquilca Zavala & Ortiz Llamccaya (2019) en su tesis “Aplicación y



efectos del relleno cementado en corte y relleno descendente de la mina Andaychagua U.E.A. Yauli de Volcan Compañía Minera S.A. del 2017”, plantea que los agregados componentes del hormigón factibles de ser utilizados como materia prima de un relleno cementado subterráneo, deben ser investigados en sus características físicas, contenidos de sulfatos y cloruros para determinar su idoneidad y la dosificación optima de ellos en cuanto a su resistencia deseada, la fluidez, durabilidad y la economía. La idea al diseñar el relleno cementado es de obtener un techo seguro después del relleno y continuar con las operaciones de minado debajo del relleno, para ello es necesario optimizar los costos que demanden su producción, transporte y colocación; 15 asegurando un buen comportamiento frente a caídas grandes de la mezcla, mayores a 200 m, en donde no se pueden controlar completamente la homogeneidad, cohesión, exudación y segregación del concreto.

Los métodos mineros que utilizan rellenos cementados buscan principalmente tres objetivos: aumentar recuperación minera, mejorar la estabilidad geomecánica de la mina (mayor seguridad para las personas durante la explotación de la mina) y disminuir el impacto ambiental que genera la deposición perpetua de grandes volúmenes de relaves. Otro objetivo que últimamente está siendo relevante es evitar la ocurrencia de subsidencia, debido a que algunos

yacimientos se encuentran debajo o próximos a poblaciones, glaciares, o a la misma infraestructura de la mina. Los rellenos cementados se utilizan tanto en la minería no metálica, como en la metálica. En la minería no metálica se emplea generalmente en las minas de carbón, debido a la mala calidad de la roca caja de estos yacimientos. En la minería metálica el relleno se usa principalmente en yacimientos de oro y plata, y en yacimientos polimetálicos con el objetivo principal de incrementar la extracción de reservas. A continuación se presenta una descripción de los métodos de explotación minero en los que se aplica relleno de acuerdo a los dos tipos de minería mencionados anteriormente.(Vives Ávila, 2015).

El alcance del presente trabajo estará avocado específicamente a la aplicación del método de explotación por subniveles ascendentes con relleno cementado.

El relleno de los tajos tiene la función de recuperar la estabilidad perdida del macizo rocoso, como producto de la extracción del mineral valioso. De tal manera se mantiene una estabilidad adecuada que permita continuar con la explotación. En el presente trabajo se describirá los principales tipos de rellenos de tajos así como los componentes que conforman dicho relleno. La elección del tipo de relleno se ve orientada a la utilización de los materiales que salen de mina provenientes de zonas de acceso



(desmante) y al aprovechamiento de los relaves, producto de los procesos metalúrgicos, disminuyendo de esta manera el impacto ambiental generado, así como dar velocidad al ciclo de minado, minimizar los accidentes por exposición en zonas de aberturas y estallido de rocas, reducir costos en la explotación buscando encontrar partículas de varios centímetros hasta los micrones. Los materiales deben de ser de fácil adquisición (costo, disponibilidad y cercanía) Funciones geo mecánicas Protege la superficie exterior de hundimientos rápidos. (Ventura Roman, 2018).

Teniendo como una hipótesis general el consumo adecuado de cemento en la aplicación del relleno cementado influirá en la reducción de costos operativos. Las dimensiones la estabilidad de los tajos repercutirán en el costo de producción y seguridad en la unidad minera.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Método: En el presente trabajo de investigación se utilizará el método de investigación tecnológica, comparativa, cualitativa y cuantitativa además el método deductivo e inductivo

La Unidad Pallancata, de la Compañía Minera Ares S.A. se ubica en el Distrito de Coronel

un adecuado sistema de relleno. El relleno se define como material que sustituye al mineral arrancado en los métodos de explotación, principalmente en los métodos de corte y relleno. El relleno es un material que está constituido por una variada granulometría, podemos

Castañeda, Provincia de Parinacochas, Departamento de Ayacucho; aproximadamente 820 Km. Distancia terrestre de Lima y 560 Km. En distancia terrestre del Cusco.

2.1 UBICACIÓN DE LA PLANTA DE RELLENO.

Los principales criterios para la elección de la ubicación de la planta de relleno son:

- La topografía del lugar
- La cercanía a labores existentes (chimeneas de servicios inclinados) y
- El alcance de labores futuras de la planta de pasta.

Un aspecto adicional en la ubicación de la planta es que el eje central de la planta esté lo más cerca posible al cuerpo mineral, reduciendo así el trayecto horizontal de tuberías. Considerando las labores existentes, y conjugando lo anteriormente descrito, la planta se ha ubicado cerca de una chimenea de servicios denominada RB-07.

PALLANCATA CENTRAL



FIGURA 1: plano de labores de pallancata central

Fuente: Cía. minera ares - hochschild.

De acuerdo a las características del relave y a la distribución geométrica de las labores a rellenar, la planta se ubicó en la elevación 4409.20 (tope de la losa del edificio del mezclador MX-01) tal que permita el descenso del material por efectos de la gravedad, es decir que exhiba una cabeza estática favorable para vencer las gradientes de presión ocasionadas por fricción y distribución del relleno correspondiente al cuerpo Central hasta el horizonte definido por el cono de influencia.

El diseño del circuito de manejo y la mezcla deben de ser robusto, de manera que pueda absorber los cambios en la granulometría y mineralogía de la

fracción gruesa de los relaves desaguados producidos. Como las variaciones en la humedad del mismo. Se estima que la fracción -20 micrones en el relave desaguado estará en el rango de 8 a 20% y que la humedad variará entre 18 a 20%, lo que permitirá un adecuado traslado del material de relave desaguado desde la planta de desaguado en la U.O. Seline a la zona de la planta de relaves en la U.O. Pallancata, sin causar impactos ambientales negativos durante su transporte. El sistema de mezcla de relaves debe ser capaz de responder rápidamente a los diferentes requerimientos de recetas para satisfacer las necesidades de relleno de los tajos de los cuerpos mineralizados en Pallancata Central.

Para la caracterización de los relaves se determinaron los siguientes parámetros:



- Distribución granulométrica;
- Gravedad específica promedio;
- Filtrabilidad,
- Sedimentación
- Esfuerzo de fluencia de la pasta producida
- Viscosidad de la pasta
- Pruebas de consolidación y separación de agua (Bleed off),
- Pruebas ASTM Slump (asentamientos 7 ½” y 10”),
- Pruebas de gradiente por fricción por gravedad,
- Resistencia UCS de probetas a 3%, 5% y 7% de contenido de cemento;
- Definición del cono de gravedad.
- Producción total de relaves para la vida útil de la mina: 4.7 Mton
- Producción de diseño diaria de la planta concentradora: 3,000 TPD
- Vida útil de la mina: 4.00 años
- Relación relave/mineral: 0.99
- Producción de diseño diaria de relaves: 2,970 tpd
- Contenido de sólidos de los relaves a la salida de la planta de desaguado: 77.6%
- Gravedad específica de los relaves: 2.62

2.2 Datos operacionales y parámetros de diseño

A continuación se indica algunos de los parámetros operacionales de mayor incidencia en los diseños:

2.3 Datos Operacionales

- Reservas de mineral: 5.8 ton
- Días de operación por año: 360 días
- Disponibilidad de la planta concentradora: 97.0%
- Producción promedio diaria planificada de mineral: 3,500 tpd.
- Producción nominal anual planificada de mineral: 1.08 Mton

2.4 Criterios de Diseño

Para el desarrollo de la Ingeniería de detalle se revisó y complemento los criterios de diseños elaborados de la etapa de factibilidad, los cuales se presentan y detallan en las diversas secciones desarrolladas para cada disciplina ingenieril del presente estudio.

2.5 Criterios de Diseños Generales

Como criterios de diseño de carácter general e interdisciplinario se han establecido algunos aspectos que definen directrices globales. Como punto relevante a destacar, es que todo el proyecto se realizará aplicando las consideraciones ambientales de Ares y la filosofía Cero Descarga de Agua. Las condiciones climáticas y meteorológicas son definidas bajo las “Condiciones de Sitio y Estándares Mecánicos y Eléctricos” utilizada en todas las especificaciones de equipos. (Colonio Quispe, 2015)

2.6 Capacidad de la Planta de Relleno.

El diseño del sistema debe permitir una operación flexible y garantizar el manejo de los relaves provenientes de la planta de desaguado. Se considera como rango de operación el siguiente:

- La disponibilidad de la planta de desaguado sea igual a la concentradora es decir 98.3%.
- Tonelaje de diseño 2970 ton por día de relaves secos.
- Tonelaje de relaves desaguados a la planta de relleno en pasta:
- Veinte horas de operación por día de la planta de relleno en pasta

2.7 Criterios de Transporte – Distribución Subterránea del relleno en la Mina Central

Para el trazo de la ruta de las líneas de transporte se utilizó información suministrada por el área de Planeamiento Mina, correspondientes al mes de Marzo del 2010

Por decisión de Pallancata en los 10 niveles de operación correspondientes a la mina Central.

2.8 Consumo de insumos

2.8.1 Relave

- Procesado en la planta de desaguado de Pallancata, según las siguientes características:
- Humedad en planta de relleno comprendido entre 15% a 25%.

- Granulometría de tamaño máximo de partículas de 0,600 mm.
- Contenido menor a 0,075 mm. Malla N° 200 18%
- Contenido menor a 0,020 mm. Malla N° 635 5%
- Concentración de 70% de partículas que comprendida entre 0,300 mm y 0,075 mm.
- Gravedad específica: 2,68 g/cm³

2.8.2 Cementos

Según características:

- Portland Tipo I a granel, según norma ASTM C-150
- Superficie específica Blaine > 260 m²/kg
- Transporte; camiones graneleros (bombonas) capacidad 30 TM
- Gravedad específica: 3,11 gr/cm³

2.8.3 Agua

Tratada proveniente de interior mina según características:

- Sólidos en suspensión 25 ppm máximo
- pH entre 6.0 - 8.0

2.8.4 Aditivo (uso suspendido)



Plastiment Mine PE (Sika Perú SA), aditivo poli funcional para mezclas de relleno que contengan cemento, mejora aspectos geológicos y de relación agua cemento, según características:

- Aspecto: Líquido color pardo oscuro
- Densidad: 1.,16 gr/l
- Sólidos totales: 31% mínimo
- Transporte a granel en plataformas con tanques de 10,000 litros

2.9 Preparación

Proceso continuo de preparación, cuyo factor de control de relleno preparado es:

- Tipo de pasta
- Resistencia uniaxial
- Consistencia (slump)
- Porcentaje de sólidos
- Labor de relleno.

2.10 Transporte de relleno a mina

Hacia la veta Ángela, mediante tuberías de 150 mm de diámetro, doble chapa, cuya chapa interior

tiene un tratamiento térmico que brinda alta resistente a la abrasión (TWIN CAST 900), fabricados por la empresa Esser Werke – Alemania. Acoples tipo chaveta con capacidad de soporte de presión 200 bares.

Tuberías de HDPE SDR 13.6 de 160 mm de diámetro exterior y 136 mm de diámetro interior con acoples de alta presión tipo Vitaulic estilo 995N.

La línea troncal hacia la veta Ángela, longitud de 1000 m. se encuentra instalada con tubería de acero Schedule 40 unidos con acoples tipo placa de capacidad 300 PSI.

Control de calidad Se cuenta con equipos de laboratorio que permiten realizar el control de calidad en laboratorio, planta e interior mina.

En laboratorio: Contenido de humedad, análisis granulométrico, densidad aparente, gravedad específica, PH, temperatura, Slump, muestreo de especímenes de relleno, compresión uniaxial, diseño de mezclas de relleno.

Planta: Contenido de sólidos totales, Slump, Densidad aparente.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis comparativos de costos de la aplicación de relleno en pasta y relleno cementado

Desde el inicio de la explotación en la U.O. Pallancata se vienen rellenando los tajeos explotados (nivel 4500 hacia niveles superiores,

Zona Alta) con relleno cementado; la alternativa propuesta en el presente trabajo de investigación, es la de utilizar relleno en pasta, que cumplirá la misma función que el relleno cementado, con la significativa reducción de costos de aplicación,

aparte de mantener zonas explotadas más seguras y estables.

Por tal motivo, a continuación se hará el análisis comparativo de costos de aplicación de relleno, en pasta y cementado.

3.2 Costo de aplicación del relleno en pasta por tuberías.

El costo del relleno en pasta para los tajos explotados – U.O. Pallancata, por rubro, es el siguiente:

Tabla 1. Costo de aplicación del relleno en pasta por tuberías.

	US\$ M3 RELLENO	PORCENTAJE
Mano de obra	0.72	5.94 %
Instalación de tuberías	1.20	9.90 %
Consumo de cemento	5.57	45.96 %
Consumo de escoria	3.78	31.19%

Consumo de energía eléctrica	0.38	3.14 %
Operación de planta relleno	0.18	1.49 %
Preparación de barreras	0.06	0.50 %
INSTALACION DE BARRERAS	0.11	0.91 %
mantenimiento COSTO UNITARIO/M3 DE RELLENO	0.12	0.99 %
COSTO UNITARIO/TON DE MIN. EXTRAIDO	12.12	100 %
	4.66	

Fuente: elaboración propia

3.3 Costo de aplicación del relleno cementado con volquetes

El costo del relleno cementado por rubro

Tabla 2. Costo de aplicación del relleno

	US\$ M3 RELLENO	PORCENTAJE
Mano de obra	0.72	4.44 %
Consumo de cemento	5.57	34.36 %
Consumo de escoria	3.78	23.32%
Consumo de energía eléctrica	0.38	2.34%
Operación de planta relleno	0.18	1.11%
Preparación de barreras	0.06	0.37%
Instalación de barreras	0.11	0.68%
Volquete (transporte de relleno a mina)	2.95	18.20%
Scoop (tajo) mantenimiento	2.34	14.44%
0.12	0.74%	
COSTO UNITARIO/M3 DE RELLENO	16.21	100 %
COSTO UNITARIO/TON DE MIN. EXTRAIDO	6.23	

3.4 Costo comparativo del relleno en pasta y cementado

El costo comparativo del relleno en pasta y cementado para los tajeos explotados U.O. Pallancata, sabiendo:

Tabla 3. Costo comparativo del relleno en pasta y cementado

Producción de mineral por día	4 000 TMD
días trabajados por año	351
Producción de mineral por año	1 404 000 TM
P.E. del mineral	2,80 TM/m ³
Volumen vacío (tajeos) por rellenar	501 428, 57 m ³
P.E. del relleno mezcla	2,60 TM/m ³
Relleno cementado requerido	1 303 714,29 TM

Fuente: elaboración propia

Por lo tanto, la diferencia en el costo de relleno en pasta y cementado es: $(12,12 - 16,21) = 4,09$ \$/m³

Para un volumen por rellenar de: 501 428,57 m³, se tiene un ahorro de: **2 050 842,85 \$/año**, lo que representa significativamente una ganancia para la Cía. Minera Ares Hochschild.

3.5 Análisis comparativos de tiempos en la aplicación de relleno en pasta y relleno cementado

3.5.1 Tiempos de ciclaje de volquetes y scoop en relleno cementado

Tabla 4. Tiempos de ciclaje de volquetes y scoop en relleno cementado

	NV 4540	NV. 4560	NV. 4580
VOLQUETE N° 1	28 min.	33 min.	38 min.
VOLQUETE N° 2	27 min.	32 min.	39 min.
VOLQUETE N° 3	30 min.	33 min.	39 min.
SCOOP	3 min.	4 min.	3 min.

Fuente: elaboración propia

Por día un volquete hace aproximadamente 10 viajes a interior mina, siendo un total de 30 viajes por los 3 volquetes, cada volquete traslada 12.5 m³ relleno cementado haciendo un total de 375 m³ de relleno.

Para el tajo 2600 se requirió un total de 980 m³ relleno cementado, el tiempo en rellenarlo con volquetes fue de 21 horas aproximadamente.

3.5.2 Tiempos de llegada del relleno en pasta desde la planta hacia los niveles

Tabla 5. Tiempos de llegada del relleno en pasta desde la planta hacia los niveles

	NV 4540	NV. 4560	NV. 4580
PRP	3.5 min.	3.0 min.	2.5 min.

En este proceso la producción nominal será de 60 m³/h, la planta labora un total 8 horas aproximadamente, haciendo un total de 540 m³/h.

Para el mismo tajo con este proceso de relleno en pasta se demoraría 14.5 horas, reduciendo el tiempo en 6.5 horas.

3.6 ANALISIS DE LA SEGURIDAD EN EL PROCESO DE RELLENO EN PASTA.

3.6.1 Proceso de relleno cementado

En este proceso de relleno se utilizan 3 volquetes 6x4 que trasladan relleno cementado 12.5 m³, los cuales en su recorrido dañaron tuberías de servicios auxiliares como tuberías de agua, tuberías de aire, seccionamientos de cables eléctricos, cuneteos en las vías, muchas veces paralizando por horas el acarreo de mineral.

La cantidad de colaboradores son los 3 operadores de volquete, 2 vigías, y 1 jefe de área para el proceso de relleno cementado por día.

3.6.2 Proceso de relleno en pasta

Para este proceso solo se necesita 4 colaboradores, dos encargados de la planta, un vigía para interior mina, y un jefe de área, ya no se correría el riesgo de dañar las tuberías de servicios auxiliares, ni paralizar la extracción del mineral.

IV. CONCLUSIONES

Según el método de explotación aplicado por cut and fill con relleno en pasta, permite la recuperación total y segura de pilares de mineral existentes en la mina.

Permite la continuidad del minado a niveles inferiores.

La diferencia en el costo de relleno cementado y relleno en pasta es: $(12,12 - 16,21) = 4,09$ \$/m³; para un volumen por rellenar de: 501 428,57 m³, se tiene un ahorro de: 2 050 842,85 \$/año, lo que representa significativamente una ganancia para la Cía. Minera Ares -Hochschild.

En lo referente a tiempos de relleno de tajeos, en el tajo 2600 se requirió un total de 980 m³ de relleno cementado, el tiempo en rellenarlo con volquetes fue de 21 horas aproximadamente; para el mismo tajo el mismo proceso con relleno en pasta se demoraría 14,5 horas, reduciendo el tiempo de relleno del tajeo en 6,5 horas.

Los beneficios ambientales de uso de relleno en pasta son los siguientes:

El uso en relleno del 82% de los relaves totales generados en la recuperación metalúrgica de la planta concentradora, sin clasificar, incluido finos.

La escoria molida se incorpora a la pasta. Luego de estudios y ensayos confirman que su inclusión en la pasta contribuye a la obtención de resistencia a la compresión.

El agua residual, resultante de los procesos de separación solido-liquido, se recupera y se vuelve



a utilizar en la planta de relleno y en la planta concentradora.

El relleno en pasta es excelente para mantener paredes autoestables, donde la dilución debe ser menos del 5 %; mayores diluciones significan resistencias

V. RECOMENDACIONES

Es recomendable realizar un estudio analítico previo que permita conocer las propiedades de los relaves cuando participan en una mezcla con cemento y luego proyectar los costos operativos.

Es importante que se respeten los estándares de dimensiones de los tajeos, a fin de garantizar condiciones adecuadas de estabilidad tanto del relleno como de la masa rocosa.

Los valores de requerimientos de resistencia del relleno en pasta han sido calculados con valores estimados de calidad de la masa rocosa. Estos valores deberán ser afinados en el futuro, a medida que se realiza la profundización, con la mayor información sobre las condiciones geomecánicas de la masa rocosa, durante el progreso del minado.

Para la recuperación del mineral debajo de los niveles base, donde el relleno en pasta tiene mejor calidad, no debe abrirse la excavación en todo el ancho del tajeo, sino en mínimo dos partes, de tal manera de lograr adecuada estabilidad de los

techos en relleno. El relleno en pasta no está diseñado para mantener techos estables de 16 m de luz (ancho del tajeo).

insuficientes del relleno en pasta. Esta tecnología de relleno brinda una mayor eficiencia en los trabajos de relleno, permite la extracción del 100% del mineral, reduce la dilución y reduce costos operativos.

VI. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Asca Agüero, R. T. (2018). *Metodología para el tratamiento del material de relleno cementado en la planta Altron empleado en las labores mineras; - Unidad Minera Andaychagua. -Volcan Para*. Universidad nacional Daniel Alcides Carrión.

Astoquilca Zavala, J., & Ortiz Llamccaya, F. (2019). *Aplicacion y efectos del relleno cementado en corte y relleno descendente de la mina Andaychagua U.E.A. Yauli de Volcan Compañía Minera S.A. del 2017*. Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurimac.

Colonio Quispe, E. S. (2015). *Optimización de La producción mediante la aplicación del método de explotación tajeo por subniveles taladros largos en la u.e.a. Recuperada De La Compañía De Minas Buenaventura S.A.A.* ” (Universidad Nacional del Centro del Perú). Recuperado de <http://www.uncp.edu.pe/?q=noticia%2Funcp-inauguran-sistema-de-seguimiento-al->



egresado

- Laines Tineo, J. (2017). *Optimización del diseño de las losas estructurales de relleno cementado en la unidad de Andaychagua, Volcan companla minera s.a.a, 2017.* Universidad nacional de san Cristobal de Huamanga.
- Venegas Olivares, J. K. (2017). *Aplicación del relleno en pasta para reducir los costos operativos en la Unidad Minera Cerro Lindo.* Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.
- Ventura Roman, E. (2018). *Mejora continua en la dosificación de relleno cementado Nv. 1,200 - 1,300 mts UnidadMinera Andaychagua - Junin. Periodo 2017-2018.* Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurimac.
- Vives Ávila, A. R. (2015). *Evaluación técnica y económica de una mina subterránea utilizando relleno cementado.* Universidad de Chile.