

“ESTUDIO DEL TRANSPORTE DE RELLENO
HIDRÁULICO PARA LA ESTABILIDAD DE PILARES EN
MINAS SUBTERRÁNEAS, REGIÓN LA LIBERTAD - 2022”

Tesis para optar al título profesional de:

INGENIERO DE MINAS

Autores:

Cesar Nick Bravo Torres

Kevin Luzgardo Muñoz Rodriguez

Asesor:

Ing. Eduardo Manuel Noriega Vidal

<https://orcid.org/0000-0001-7674-7125>

Trujillo - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1	Mag. Ing. LILIANA CASTRO ZAVALITA	43803365
Presidente(a)	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Mag. Ing. RONALD ALVARADO OBESO	44562630
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Mag. Ing. WILBERTO EFFIO QUEZADA	42298402
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Tesis Final

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	1%
2	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	1%
4	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.unasam.edu.pe	1%

DEDICATORIA

A Dios padre celestial por ser mi creador, a mis padres Cesar y Yetlize por siempre apoyarme y demostrarme su cariño, mis abuelitos.

A mi hermanita Sabrina a mi esposa Yahaira y mi amada hija Camila.

Gracias por ser el motivo de mi vida.

A Dios, a mis madres Marisol, Santana y Cecilia por su apoyo incondicional, a mi abuelito Jesús por su ayuda y a todos los que estuvieron conmigo, gracias por su aliento y motivación en el transcurso de mi carrera universitaria.

Todo esto es por ustedes.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a Dios por la vida, la salud, por cuidar de nuestras familias, en estos momentos difíciles y darnos fuerzas para continuar con nuestros sueños y metas.

A nuestros padres y familiares por la motivación de seguir adelante, por nuestra educación que es el mejor regalo que nos han dado, por sus valores y ejemplos

TABLA DE CONTENIDO

JURADO CALIFICADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	9
RESUMEN	10
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	11
1.1.Realidad problemática	11
1.2.Formulación del problema	38
1.3.Objetivos	38
1.3.1 Objetivo general	38
1.3.2 Objetivos específicos	38
1.4.Hipótesis	39
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	40
2.1.Tipo de investigación	40
2.2.Diseño de investigación:	40

2.3.Variables:	41
2.4.Clasificación de variables (matriz de clasificación de variables)	41
2.5.Operacionalización de variables /Matriz de operacionalización de variables.	42
2.6.Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)	44
2.7.Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	46
2.8.Aspectos éticos	48
CAPÍTULO III: RESULTADOS	49
3.1.Resultados de los beneficios técnicos de la consistencia del relleno hidráulico para la estabilidad en las minas subterráneas.	49
3.2..Resultados de la comparación del método más oportuno para el transporte de relleno hidráulico en el aumento de la productividad en las minas subterráneas.	54
3.3.Resultados de la evaluación del procedimiento de transporte de relleno hidráulico para la estabilidad de pilares, teniendo en cuenta el factor de seguridad medioambiental y el porcentaje de perdida en las minas subterráneas, Región La Libertad 2022.	58
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	62
4.1.Discusión	62
4.2.Conclusiones	65
REFERENCIAS	67
ANEXOS	72

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE TIPO DESCRIPTIVO - LONGITUDINAL	41
TABLA 2 MATRIZ DE CLASIFICACIÓN DE VARIABLES	41
TABLA 3 MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	42
TABLA 4 TAMAÑO DE MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN	45
TABLA 5 RESUMEN DE BENEFICIOS EN BASE A LOS INDICADORES ANALIZADOS	49
TABLA 6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ESTUDIOS DEL INDICADOR DE CONSISTENCIA DE RELLENO HIDRÁULICO	50
TABLA 7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ESTUDIOS DE INDICADOR DE ESTABILIDAD DE PILARES	51
TABLA 8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ESTUDIOS DE INDICADOR DE BENEFICIOS MEDIOAMBIENTALES	53
TABLA 9 RESUMEN DE LOS RESULTADOS DEL MÉTODO MÁS EFICAZ PARA EL TRANSPORTE DEL RELLENO HIDRÁULICO.....	55
TABLA 10 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ESTUDIOS DE INDICADOR DE TRANSPORTE POR TUBERÍAS	55
TABLA 11 PARÁMETROS DE VELOCIDAD CRÍTICA PARA DISTINTOS DIÁMETROS DE TUBERÍAS DE ACERO	58
TABLA 12 VOLUMEN DE RELLENO HIDRÁULICO POR RELAVES EN MINA JIMENA (PODEROSA S.A).....	59
TABLA 13 RESULTADOS ESTADÍSTICOS DE LA APLICACIÓN DE RELLENO HIDRÁULICO MINA JIMENA (PODEROSA)	59
TABLA 14 ALTERNATIVAS PARA LA UBICACIÓN DE PLANTA DE RELAVE DE RELLENO HIDRÁULICO.....	60
TABLA 15 DISPONIBILIDAD DE RELLENO HIDRÁULICO ANUAL UNIDAD MINERA PALLANCATA.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 MINA SUBTERRÁNEA SIN RELLENO (LÁZARO, 2016)	21
FIGURA 2 MINA SUBTERRÁNEA CON RELLENO (LÁZARO, 2016)	21
FIGURA 3 RELLENO SOBRE CARGA ESTÉRIL EN ESTRUCTURA MINERALIZADA (ARAUJO & PATRONI 2017)	22
FIGURA 4 ESQUEMA DE COLOCACIÓN DEL RELLENO EN MINERÍA SUBTERRÁNEA (VIVES, 2015)	26
FIGURA 5 FASES EN EL MATERIAL DEL RELLENO HIDRÁULICO (LEÓN, 2012)	27
FIGURA 6 TRANSPORTE DE RELLENO EN CAMIONES MINEROS (RIVEROS 2016)	35
FIGURA 7 CAMIÓN MINERO DE BAJO PERFIL DE 30 [TON] PARA TRANSPORTE DE RELLENO (VIDAL 2019)	36
FIGURA 8 RED DE TUBERÍAS PARA TRANSPORTE DE RELLENO EN MINERÍA SUBTERRÁNEA (SANTIVÁÑEZ 2015)	37
FIGURA 9 RED DE TUBERÍAS PARA TRANSPORTE DE RELLENO EN NV 310 VETA PRINCIPAL (SANTIVÁÑEZ 2015)	37
FIGURA 10 VISTA EN PLANTA DE RED DE TUBERÍAS PARA EL TRANSPORTE DE RELLENO HIDRÁULICO EN MINA SUBTERRÁNEA	38
FIGURA 11 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	40
FIGURA 12 PROCEDIMIENTO PARA EL DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	46
FIGURA 13 ESQUEMA DEL TAPÓN DE CONCRETO TOMADO DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MINAS -UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA (ROBLES, 2020)	100
FIGURA 14 PROPIEDADES DE LA TAPA DE HORMIGÓN TOMADO DEL DEPARTAMENTO DE DISEÑO.	101
FIGURA 15 RECORRIDO DE MIXER TRANSPORTADORA DE RELLENO HIDRÁULICO DESDE- UNIDAD MINERA PALLANCATA	102
FIGURA 16 DIAGRAMA DE MOODY	103
FIGURA 17 RESULTADOS ESTADÍSTICOS CUANTITATIVOS EN EL APROVECHAMIENTO DE RELLENO HIDRÁULICO APLICANDO EL FACTOR DE PERDIDA DE RELLENO HIDRÁULICO EN LA MINA JIMENA	104
FIGURA 18 VOLUMEN DE RELLENO HIDRÁULICO EN M ³ REUTILIZADO EN PILARES	105
FIGURA 19 ESTIMACIÓN DE ERROR EN M ³ DE RELLENO HIDRÁULICO	106

RESUMEN

El objetivo de la investigación es utilizar estudios extranjeros, peruanos y regionales comparativos de Transporte de Relleno Hidráulico para la estabilidad de pilares en minas subterráneas, en la región la Libertad.

El tipo de investigación es descriptiva, con diseño no experimental y longitudinal. Los resultados revelan los beneficios técnicos; tales como el aumento de la productividad, seguridad operacional y beneficios medioambientales. Con la implementación de relleno hidráulico se considera aprovechar un 40 a 50 % de desmonte producto de las labores en mina, todo esto se verá reflejado en la rentabilidad del proyecto y la recolección de los datos. Se realizó con la técnica de análisis documental, instrumentado mediante fichas de resumen, para analizar los datos se empleó a la estadística descriptiva mediante gráficos y tablas resumen, al problema no se le ofrece un análisis complejo. Se consideró su respectivo diseño y dimensionamiento de los pilares para la separación de las galerías. Como tal, se planteó como objetivo principal realizar el estudio del transporte de relleno hidráulico para la estabilidad de pilares en minas subterráneas, región La Libertad durante el año 2022, logrando obtener resultados beneficiosos para esta investigación.

PALABRAS CLAVES: Estudio, relleno hidráulico, transporte, minas subterráneas, estabilidad

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La minería presenta diversas formas, metodologías y organización dentro de la economía peruana, por lo que se vienen realizando diversos estudios para la mejora y optimización de esta, presentando constante experimentación. Es así que, en la actualidad, se hacen necesarios cambios en el perfeccionamiento de los sistemas tecnológicos y en la automatización de los procesos dentro de la actividad minera, específicamente en la de labores subterráneas (Vives, 2015, p.34).

Según Rodríguez (2017), los recurrentes incidentes y molestias durante los trabajos mineros subterráneos, hace la necesidad de implementar, estudiar y analizar propuestas ingenieriles para un transporte eficiente del relleno hidráulico hasta el punto en donde se desea mejorar la estabilidad rocosa. Un proceso muy notable e ineficiente es el transporte del relleno, dando lugar a que el producto de planta se vaya a la relavera disminuyendo su vida útil.

Por otro lado, Chile está desarrollando diversos estudios sobre el transporte de este tipo de relleno, identificando hasta dos tipos de transporte: en primer lugar, se transportan y se vierten donde se necesitan; esta estrategia está previsto cuando el relleno es una pasta bastante densa, de textura cementosa y similar. La segunda forma comúnmente se considera una de las principales formas de transporte; mediante el uso de tuberías, esta forma se utiliza cuando el relleno es líquido, por ejemplo, en el caso de corte y relleno o para algunas paradas de nivel inferior (Mamani, 2019, p.77).

De tal manera “el uso de relleno con mortero de relave, para mejorar el sostenimiento debe planificarse, teniendo en cuenta el transporte por gravedad” (Castañeda, Lezama, Peñaranda, 2015, p.62).

Actualmente en Cuba se vienen desarrollando y aplicando métodos mediante el uso de tuberías, puesto que este país fue uno de los primeros en implementar el uso del relleno hidráulico en la estabilidad de las minas. Fue pionera en aplicar este método industrializado en la mina de Mataambre, donde se implantó como componente primordial del ciclo de explotación y extracción (Ortiz, 2015, p.65).

Según Arroyo (2019), señala que en Estados Unidos una de las primeras minas en utilizar los rellenos transportables por tuberías y hasta la actualidad vienen perfeccionándose, a tal punto de usar y desarrollar estrategias que se basan en los relaves hidráulicos clasificados. La actividad de clasificar según componentes y texturas de estos fluidos juegan un rol importante en la actividad minera subterránea.

Los progresos realizados hasta la fecha se deben principalmente a las experiencias conseguidas en la manipulación de los sólidos en suspensión y su transporte a través de las tuberías. También se ha hecho un uso económico gracias a la mejora de las bombas de lodos revestidas de goma y al uso de ciclones para la eliminación del agua y de arena (Huberth, 2017, p.48).

Es importante mencionar que, en Perú, el relleno hidráulico surge como alternativa al relleno convencional, que se utiliza en el país aproximadamente desde los 60, se incluyó para aumentar la productividad. En la actualidad, este tipo de relleno es más eficiente, en ciertos casos han reemplazado a los demás tipos de relleno con un coste mucho mayor que

otros métodos de relleno, que se realizan transportando sólidos en medios líquidos a través de tuberías y accionados por bombas (Huberth, 2017, p.34).

La Región La Libertad, cuenta con diversas minas subterráneas, ubicadas mayormente en la serranía de dicha región. Existe evidencia de estudios que señalan que, en minas tales como: Consorcio Minero Horizonte S.A, Compañía Minera Poderosa y Santa Bárbara. Además, se proponen una serie de cambios estructurales y operativos en este transporte, así como en la distribución y la red de rellenos hidráulicos, para subsanar estas deficiencias. (Rodríguez, 2017, pp.45-46).

De acuerdo con Mendieta (2014), el transporte de relleno hidráulico para la estabilidad de pilares en minas subterráneas estará regulados por los “Planes estratégicos” de cada empresa minera subterránea. Así mismo, todo plan minero de cada empresa debe ajustarse y cumplir los requisitos mínimos de la Ley General de Minería del Perú.

Ortiz (2015), concluyó que era indiscutible que aspectos como la supervisión técnica cualificada, el conocimiento progresivo del procedimiento de trabajo y el empleo de personal cualificado en las operaciones y en el transporte eran importantes para lograr mejoras en la eficacia de las operaciones de llenado hidráulico.

Mamani (2019), asume que para transferir el relleno hidráulico a las fosas hay que superar una gran presión, para lo que se utiliza un modelo de bomba de potencia aprox. 1770 rpm, con sello de agua. Las tuberías que conducen el relleno a los pozos se han seleccionado teniendo en cuenta la velocidad real de la pulpa y los cálculos de la velocidad crítica de las partículas transportadas; por el momento, sólo se utilizan tuberías de polietileno de 4” Ø.

Cabezas (2016), comprobó que la introducción del llenado hidráulico ofrece una serie de ventajas, que se traducen en una reducción de costes, un aumento de la productividad y una mayor seguridad operativa. Se considera que el uso de la carga hidráulica recupera entre el 40% y el 50% de los relaves producto del proceso de avance y depuración del mineral, una reducción de los impactos ambientales negativos y un aumento de la rentabilidad.

Las fuentes de investigación respecto al estudio del transporte de relleno hidráulico para la estabilidad de pilares en minas subterráneas. Según Mendieta (2014) señala que, al contar con un proceso de transporte del relleno hidráulico eficiente, se logrará una estabilidad adecuada en la mina subterránea. Esto quiere decir, que depende mucho de ejecutar y tener las herramientas necesarias para realizar un adecuado transporte del relleno hidráulico, con mejores beneficios para la minería.

Se hace hincapié en métodos como, “el uso de tuberías con diámetro de 4” Ø, ayudará a optimizar el transporte del relleno, está muchas veces apoyada con otros equipos como bombas de impulsión” (Vidal, 2019, p. 42).

Según Cuti (2019), menciona que un punto a favor de realizar un eficaz transporte del relleno es que este reutiliza el relave desechado por la actividad minera, logrando minimizar el impacto ambiental que se pueda generar de hacer un mal uso de este contenido.

La problemática está reflejada desde el momento en que las empresas mineras presentan inconvenientes para incrementar la producción, gestión, organización y labores en la mina. La actividad minera siempre está en constante cambio e incorporación de metodologías y procesos que ayuden a la rentabilidad actividad económica (Padilla & Jambo, 2018, p.23).

Se suelen presentar con mayor incidencia problemas en los tiempos de llegada del relleno hidráulico a las labores mineras para estabilizar los pilares que cumplen una función primordial en la minería subterránea. Dado esto, y como es de conocimiento, todo está vinculado en la actividad minera, entonces también suelen presentarse problemas en el avance en la producción y sobre todo la seguridad en la mina (Gómez & Sánchez, 2012, p.24).

Vidal (2019), menciona que es necesario estudiar y desarrollar la eficacia del transporte que se realiza en el relleno hidráulico con fines de aportar a la actividad subterránea, mediante la mejora de la estabilidad de pilares.

Por ende, la consecuencia de no realizar este estudio implicaría que las empresas mineras sigan estancadas en procedimientos antiguos y no logren los objetivos planteados como organización. Detrás de este tema, hay estrecha relación con el aspecto económico, social, tecnológico y ambiental. Entonces, el hecho de no estudiar este tema implicaría afectar no solo a la empresa sino a muchos actores que se encuentran inmersos en la labor o actividad minera (Ruiz, 2016, p.55).

Antecedentes de la investigación

Según la revisión, aparece un estudio de información limitada y hay poca verificación científica, por lo que es importante presentar las diferentes definiciones relacionadas con el tema. Al examinar fuentes secundarias académicas de nivel profesional, existen documentos en menor proporción, dado que este tema implicaría tocar datos privados de las empresas, por lo que se seleccionó algunos estudios como parte del sustento bibliográfico para resaltar y llevar a profundizar nuestra investigación y enfocarla a las variables de estudio, que son de nuestro interés.

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero de Minas. Titulada:
“Esquema de Diseño del Sistema de Relleno Hidráulico como elemento básico de Sostenimiento para la Reducción de los Costos en el Transporte de Pulpa Mina Arcata”.

Ortiz (2015), menciona que un kit de diseño de relleno hidráulico como elemento básico de apoyo para reducir los costes en las operaciones mineras. Con un alcance descriptivo y correlacional. La recopilación de datos sobre la composición mineralógica de los residuos, el grado de residuos disponibles, el grado de los residuos necesario para el análisis de consistencia y el análisis granulométrico de los residuos. Las tuberías instaladas verticalmente tienen menor desgaste si se colocan sobre el plomo y están bien sujetas, mientras que las instalaciones horizontales tienen más desgaste en la parte superior, por lo que se recomienda rotar las tuberías periódicamente para conseguir un desgaste uniforme (la mediana minería utiliza tuberías de polietileno de 10" que duran unas 10800 horas de trabajo). Concluye identificando el kit de diseño de relleno hidráulico como una alternativa fundamental de apoyo, teniendo en cuenta el ajuste de los costes de relleno por tonelada en las operaciones mineras.

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero de Minas. Titulada:
“Optimización de los Costos Operativos en la utilización de Relleno hidráulico en la Unidad Cerro Chico”.

Según Mendieta (2014), la forma de cómo abordar un esquema de diseño prototipo del relleno hidráulico para ajustar ciertos costos que se pueden generar en las operaciones mineras, una de ellas tiene que ver mucho con el transporte. Realizar un adecuado transporte

de este tipo de relleno ayudará y beneficiará económicamente mucho a la Unidad Cerro Chico. El tipo de transporte influye mucho.

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero de Minas. Titulada “Optimización del Sistema de Relleno Hidráulico mediante la implementación de una tercera línea en la Red de Tubería de Relleno Hidráulico en la Empresa Consorcio Minero Horizonte S.A, 2016”.

Rodríguez (2017), en su investigación enfocada con el fin de determinar el ratio de optimización del llenado hidráulico mediante la implantación de una tercera línea de tuberías. Se inicia con el desarrollo de la primera fase de investigación preliminar, el recojo de información, la modelización y el diseño en el gabinete de la red de tuberías, la retirada, el transporte y la eliminación. También se tiene en cuenta la cantidad de relleno hidráulico eliminado y la ejecución de la tercera línea confirma la rentabilidad del proyecto. Gracias a la tercera línea, el tiempo empleado por día para la retirada, el transporte y la instalación de la tubería de polietileno de 8" es de 32,1 horas/persona y la tercera línea tiene una vida útil de 12090 horas. Con el aumento de 830 metros de tubería (tercera línea de llenado hidráulico), la producción se incrementa en un 40%. Se decidió aumentar el relleno en las secciones abandonadas en un 53%, lo que da más estabilidad. También señala un análisis profundo sobre las propiedades físicas del tipo de relleno para lograr una mejor estabilidad de pilares.

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero de Minas. Titulada:
**“Aplicación de Relleno Hidráulico para acelerar el ciclo de minado en la veta principal-
nivel 310; Empresa Administradora Chungar S.A.C. (Each), Unidad Minera Animon”.**

Cabezas (2016), considera en optimizar los ciclos de extracción y conseguir una solidez duradera en las zonas minadas. Asimismo, la aplicación del relleno hidráulico recupera entre el 40% y el 50% de los productos de los relaves del progreso de la minería y el tratamiento de minerales, reduciendo así este el impacto medioambiental negativo, la actual conversión de relaves de larga duración.

Pantaleon & Carvajal (2017), considera que el uso del relleno hidráulico ofrece una serie de ventajas que suponen un ahorro de costes, un aumento de la productividad y una mayor seguridad operativa, con el apoyo de maquinaria como volquetes de bajo perfil. El aporte de este estudio es el uso del relleno hidráulico en zonas subterráneas reduce algunos costes significativos. De este modo, se consiguió un alto porcentaje de tratamiento de las aguas residuales, lo que supone una importante reducción del impacto medioambiental que podría producirse si no se utilizara correctamente.

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero de Minas. Titulada:
**“Diseño del sistema de Relleno Hidráulico con Relave y Cemento para incrementar la
Productividad de tajeos en Zona Vetas en la Compañía Minera Casapalca S.A”.**

Arroyo (2019), menciona el impacto del uso de un diseño de sistema de relleno hidráulico de cemento en el aumento de la productividad del tajo en el área de vetas de la minera Casapalca. En primer lugar, tras la recopilación de información actual realizada por la empresa minera Casapalca. La mejora de la actividad de llenado con el diseño del sistema hidráulico se lleva a cabo mediante el análisis de la cantidad de cemento que hay que mezclar

con los sedimentos para rellenar los pozos vacíos, la cual mejorará la resistencia del relleno de los pozos, lo que garantizará que el ciclo de extracción pueda continuar con eficacia y, al mismo tiempo cumplir el plan de producción mensual. La nueva mezcla contiene relaves, cementos y aditivos, tiene una proporción de relaves y cemento del 5% al 95%, y el diseño correcto de los rellenos hidráulicos permite una alta recuperación de mineral y puede mejorar la seguridad del pilar de mineral.

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero de Minas. Titulada “Evaluación Técnica y Económica de una Mina Subterránea utilizando Relleno Cementado”.

Vives (2015). Refiere que los diseños deben ser estables desde el punto de vista geomecánico, no deben provocar hundimientos en la superficie y deben maximizar la recuperación minera; Se tiene en cuenta un diseño de columnas en la planificación de la minería mediante el software Vulcan de Mpetek. En la planificación para la secuencia óptima del funcionamiento de la unidad. Verificación del diseño geomecánica con y sin relleno de cemento utilizando el software Rock Science Phase2. Como resultado encontramos que el relleno requiere una mayor inversión, la cual se refleja en el relleno de cemento, además de la mayor escala de la infraestructura requerida. Además, como sabemos, el uso del relleno aumenta los costes de explotación, lo que reduce los ingresos anuales.

Yalle (2017), menciona que evaluar las ventajas y desventajas del uso de relaves de cemento como relleno de minas subterráneas es mediante el tipo de yacimiento y los compuestos presentes de otros minerales. La tecnología hace que las operaciones mineras que cuentan con planta de relave sean más sostenibles al aumentar los beneficios económicos y la vida útil de la mina, además de reducir la cantidad de residuos de presas , que son

contaminantes. Esto último implica una reducción de la inversión, la gestión y el cierre de los vertederos de residuos mineros y una reducción de los riesgos asociados a estos (como la contaminación directa del suelo, el agua y el aire por las fugas y el propio dique).

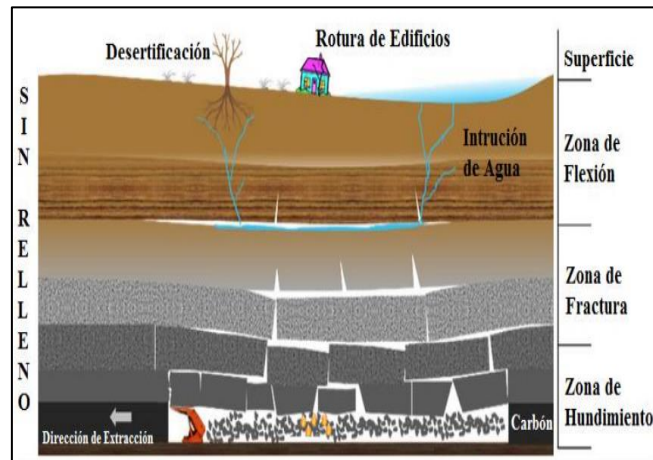
Lázaro (2016), presenta en su tesis de investigación la aplicación de relleno hidráulico en la Mina Jimena de Compañía Minera Poderosa S.A, como principal opción de menorar la contaminación de desmonte. Señalando que el uso de diversos tipos de relleno hidráulico y todos los parámetros, así como el transporte son totalmente beneficiosos con el medioambiente, favoreciendo a tener un mejor manejo de todo el proceso minero y medioambiental, punto que actualmente es de gran importancia considerar.

Bases Teóricas

El Relleno

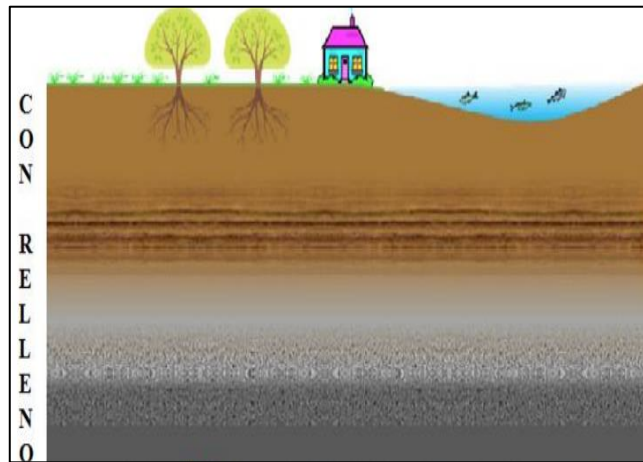
Lázaro (2016), considera el relleno como un método que busca principalmente aumentar la eficiencia de la minería, mejorar la estabilidad geomecánica, reducir el impacto medioambiental, evitar hundimientos, controlar las fracturas en zonas de flexión.

FIGURA 1 Mina subterránea sin relleno (Lázaro, 2016)



Fuente: Facultad de Ingeniería – Universidad Mayor de San Marcos

FIGURA 2 Mina subterránea con relleno (Lázaro, 2016)

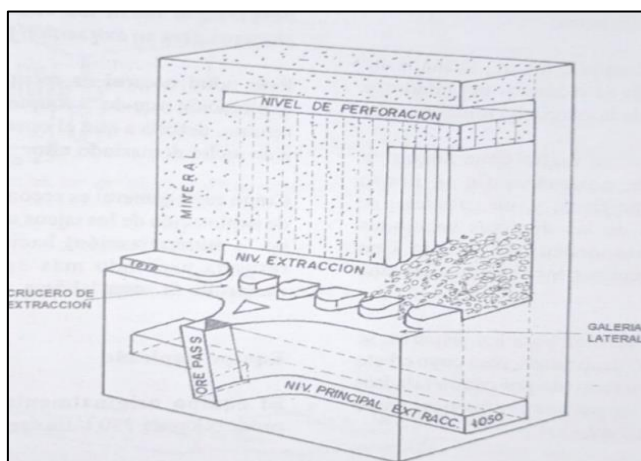


Fuente: Facultad de Ingeniería – Universidad Mayor de San Marcos

Según Araujo & Patroni (2017), la minería no metálica se utiliza comúnmente, tales como en minas de carbón debido a la mala calidad de la roca de sobrecarga en estos depósitos. En la minería metálica el relleno se usa principalmente en yacimientos de oro y

plata en yacimientos polimetálicos con el objetivo principal de incrementar la extracción de reservas.

*FIGURA 3 Relleno sobre carga estéril en estructura mineralizada
(Araujo & Patroni 2017)*



Fuente: Facultad de Ingeniería - Universidad de San Martín de Porres

Tipos de Relleno

Vives (2015), señala que en las explotaciones mineras subterráneas se utilizan varios tipos de relleno, según el tipo de sólido, ya sean residuos mineros, grava o estériles. Además del contenido de agua y de aditivos estos se pueden clasificar en:

Relleno Hidráulico

Rodriguez (2017), menciona que los rellenos como material de alta densidad, son transportados a través de agujeros o tuberías para obras subterráneas. El relleno hidráulico se preparará con relaves espesados y contaminados, con una granulometría máxima de 1 [mm] y un contenido de partículas pequeñas inferior a 0.100 [mm] que no supere el 10% del peso total de los relaves. Este relleno requiere un porcentaje máximo de 20% de sólidos en peso de 10 Tn/m³. Al igual que el relleno seco, es relativamente barato, pero hay que tener

cuidado en la eliminación, ya que puede haber problemas de seguridad debido al alto contenido de agua en relación con la permeabilidad, el drenaje, la fluidez, etc.

Según Huberth (2017). El relleno hidráulico se utilizó por primera vez en 1864 en la mina de Shenandoah, en Pensilvania (EE.UU.), como control del hundimiento, pero su uso se mecanizó posteriormente y se adaptó a la minería subterránea. En Perú, el relleno hidráulico se introdujo en 1937 en la mina de Lourdes, en Cerro de Pasco, para controlar los incendios y posteriormente se utilizó en el ciclo minero.

El relleno hidráulico se define como el material transportado en forma de pulpa a través de tubos de 10". El material es en su mayoría residuos de la planta de relave, pero también se utilizan arenas semi-finas y otros materiales granulares que se encuentran en la naturaleza (Ortiz, 2015, p.44).

Otra definición señala que: “El sistema de Relleno Hidráulico es una solución para rellenar los espacios vacíos dejados en la explotación minera, la facilidad en el transporte y en la deposición de los sólidos hacen que sea un sistema técnica y económicamente viable” (Santivañez, 2009, p.10).

Ventajas del Relleno Hidráulico

Según Mendieta (2014). Se utilizan relaves beneficiados al coste de extracción del material cero, porque la planta cubre el coste de la reducción del material. Sólo la utilización del material detrítico resultante de los trabajos de preparación y desarrollo contribuye a maximizar la vida útil de la mina y también a minimizar el impacto medioambiental.

“El transporte en tubos es mucho más barato, eficiente y rápido que otros medios de transporte” (Vidal, 2019, p.23).

Según Araujo & Patroni (2017). Una vez que el relleno se deposita en la fosa en forma de lodo, tiende a encontrar su nivel de forma natural, eliminando la necesidad de utilizar medios adicionales de esparcimiento manual o mecánico.

El relleno hidráulico, con una granulometría del material fácil de controlar, proporciona una gran resistencia al movimiento de la caja. El llenado hidráulico permite aumentar la eficacia y la productividad de los pozos gracias a la reducción del consumo de madera y a la reducción de los costes de explotación gracias a la versatilidad que proporciona (Lázaro, 2016, p.37).

Desventajas del Relleno Hidráulico

Riveros (2016), menciona un sistema de llenado hidráulico requiere una elevada inversión de capital para obtener el apoyo financiero necesario para hacerlo funcionar. La obtención de agua para llenar la mina es un problema si el drenaje se realiza mediante bombeo.

Cuando se utiliza material con un alto contenido de pirita o pirrotita, al oxidarse estos sulfuros, se produce una reacción exotérmica que eleva la temperatura y produce anhídrido sulfúrico. El efluente del relleno siempre lleva una cierta cantidad de partículas finas, que se depositan en los niveles inferiores de la sección de relleno (Padilla & Yambo, 2018, p.32).

Colocación del Relleno Hidráulico

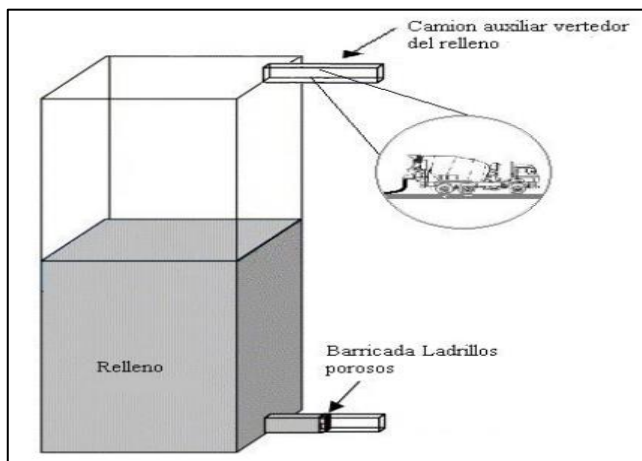
Ruiz (2016), menciona que cada proceso se realiza desde la zona superior de los caserones. Esto es sencillo ya que el acceso fue creado previamente para generar el nivel de perforación, y este está unido a las galerías de producción o transporte, por lo que el acceso está garantizado. Para verter la pasta de relleno cementado, se debe utilizar una manguera

apropiada capaz de depositar el relleno de manera que no sufra un golpe excesivo al ser colocado, es decir, no se recomienda lanzar desde 40 m. Por eso es necesario el uso de una manguera que se pueda ir retirando a medida que el caserón está siendo llenado, acompañando el llenado del caserón desde una corta distancia (máximo un metro). Si esto no se cumple, no se asegura un relleno homogéneo, ya que la precipitación desde altura causa segregación entre los múltiples componentes del relleno, lo que provoca filtraciones de agua excesivas y un relleno de baja resistencia.

Según Cabezas (2016). El tiempo de este proceso es variable, pero está en un rango de 30 a 50 cm/hr, lo que implica que el caserón tarda en llenarse entre 3 a casi 6 días. Además, deben considerarse otros 20 días para asegurar un endurecimiento completo de la mezcla. Es por esta razón que en el secuenciamiento nunca se puede explotar un caserón inmediatamente después de ser rellenado el caserón inferior. Para tener un punto de comparación, un caserón tarda en ser explotado entre 45 a 60 días. Lo que da un tiempo necesario para el proceso de llenado y curado de la pasta de relleno hidráulico.

Es importante señalar que las plantas de relleno hidráulico se diseñan en función de las condiciones específicas del yacimiento, como las propiedades mecánicas (durabilidad) y reológicas (presión de descarga) del relleno generado, y no a la inversa. Estas propiedades dependen a su vez del tipo de material rocoso que se añada (roca, grava, residuos), de las propiedades físicas del material rocoso (granulometría, mineralogía, densidad, contenido de sólidos), la relación de la mezcla y del uso de otros aditivos para crear la mezcla (Santivañez, 2015, p.45).

FIGURA 4 Esquema de colocación del Relleno en minería subterránea (Vives, 2015)



Fuente: Esquema del proceso de relleno – Universidad Nacional del Antiplano

Propiedades físicas y mecánicas del Relleno Hidráulico

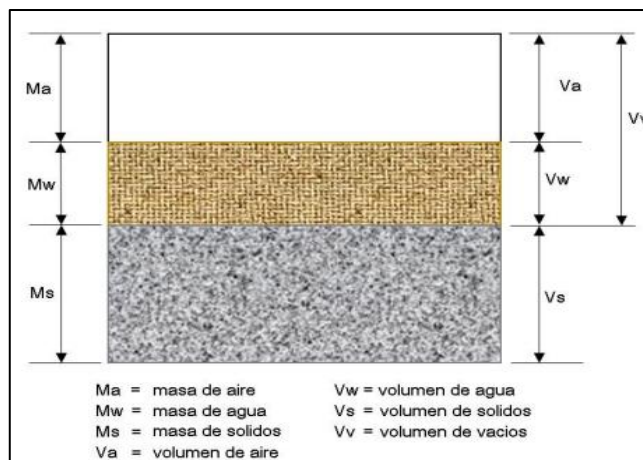
- **Porosidad (n)**

Es la relación entre el volumen de huecos y el volumen total del material. Si la porosidad se expresa en porcentaje (%), se denomina porcentaje de vacíos.

$$(n) = \text{Volumen de vacíos} / \text{Volumen total del material}$$

Ecuación 1 Cálculo del porcentaje de porosidad

*FIGURA 5 Fases en el material del Relleno
Hidráulico (León, 2012)*



Fuente: Preparación y desarrollo Compañía minera Poderosa S.A - Apurímac

- **Relación de Vacíos (E)**

Es la relación entre el volumen de vacíos y el volumen de sólidos.

$$E) = \text{Volumen de vacíos} / \text{Volumen de sólidos}$$

Ecuación 2 Cálculo de relación de vacíos

El término relación de vacíos se refiere al grado de adaptación que logran las partículas del suelo, dejando más o menos espacios vacíos entre ellas. En suelo compacto, el grado de adaptación de las partículas sólidas que lo forman es alto y la capacidad de deformarse bajo la influencia de la carga es pequeña. En suelo poco compactado, el vacío y la deformabilidad son mayores.

Donde los valores de “E”, para los rellenos hidráulicos por lo general varían, tenemos: Arenosos (0.6 – 0.9), Areno - Arcillosos (0.8 - 1.6) y Arcillosos (1.5 – 2.5).

- **Contenido de Humedad (W)**

Expresado por:

$$W = (M_w / M_s) (100)$$

Ecuación 3 Cálculo de contenido de humedad

Donde:

M_w = Masa de agua

M_s = Masa de sólidos

Donde los valores de “W”, en rellenos hidráulicos por lo general se clasifican tales como: Seca 0%, Ligeramente Húmeda 1-25%, Húmeda 26-50%, Muy Húmeda 51-75%, Mojada 79-99%, Saturada 100%

Según Ortiz 2015, es la cantidad relativa de agua en el suelo a la masa de sólidos o el volumen del suelo que se analiza. Se expresa como porcentaje (%) y es la relación entre la masa de agua y la masa de sólidos en la muestra.

- **Grado de Saturación (Sr)**

Definido por:

$$S_r = (V_w / V_v) (100)$$

Ecuación 4 Cálculo de Grado de Saturación

- **Cohesión (C)**

Se trata de la atracción que existe entre las partículas de la tierra, que proviene de las fuerzas moleculares del agua. La cohesión del relleno cambia si varía su contenido de humedad, en la arena la cohesión es casi nula.

- **Fricción Interna (\emptyset)**

Es la resistencia al deslizamiento debida a la fricción existente entre las superficies de contacto de las partículas. Depende de la granulometría del material, la forma de las partículas y su densidad. En el caso del relleno hidráulico es un material denso, la fricción interna es alta, el ángulo de fricción interna es de alrededor de 40° grados (Cabezas, 2016).

- **Análisis Granulométrico**

Determina la distribución del tamaño de las partículas o granos que constituyen un material. Esta distribución se analiza en base a su porcentaje de su peso total. La fracción muy gruesa consiste de fragmentos de rocas compuestas de uno o más minerales, pudiendo estas ser angulares, redondeados o planos. Pueden ser frescos o mostrar signos de alteración, resistentes o deleznable. Esta fracción recibe el nombre genérico de grava. En las fracciones finas y muy finas, cada grado está constituido de un solo mineral. Las partículas de relleno hidráulico tienen un tamaño de partículas de (0.085 mm – 5 mm) presentan formas angulares, pero nunca redondeadas (Mamani, 2019).

- **Diámetro Efectivo (D10)**

Es el tamaño de partícula correspondiente al 10% del producto más fino.

- **Coefficiente de Uniformidad (Cu)**

Se define como la relación entre el diámetro máximo de las partículas encontrado en una fracción acumulada del 60 % (-) del material y el diámetro del tamaño máximo de las partículas presente en el 10 % de la fracción acumulada (-) del material. Se calcula dividiendo d60 por d10 del material.

$$Cu = D60/D10$$

Ecuación 5 Cálculo del coeficiente de uniformidad

Estadísticamente, la línea 5 resultó ser la más adecuada para el llenado hidráulico. Una línea superior a 5 indica la presencia de una gran cantidad de pequeñas partículas que impiden que el agua pase correctamente. Si es inferior a 5, tendrá una baja concentración de partículas finas en el material, lo que provocará una mayor infiltración de agua con tendencia a la aparición de un "embudo".

- **Velocidad de Percolación (V.P)**

Es una medida de la velocidad a la que el agua se mueve a través del material de relleno. Teóricamente, se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$V.P = (D10 \times \frac{6}{100})^2$$

Ecuación 6 Cálculo de la velocidad de percolación

Donde:

V.P. = Se expresa en cm/h

D10 = Se expresa en micrones (um)

Se ha comprobado estadísticamente que en v.p. = 10 cm/hr es el más adecuado para el llenado hidráulico. Para un llenado inferior a 3 cm/hora, se necesitará mucho tiempo para eliminar el agua y, por lo tanto, se necesitará tiempo para que el personal pueda volver a entrar en la fosa. Por otro lado, el llenado a más de 20 cm/hora puede dar lugar a la aparición

de un "embudo saturado" y también permite que se pierda una cantidad importante de relleno hacia las galerías.

- **Densidad Relativa (DR)**

Expresa el estado de compactación de relleno arenoso y está definida por la siguiente ecuación:

$$Dr = \frac{E_{max} - E}{E_{max} - E_{min}}$$

Ecuación 7 Cálculo de densidad relativa

Donde:

E_{max} = Relación de vacíos de relleno en su estado más suelto

E_{min} = Relación de vacíos de relleno en su estado más denso

E = Relación de densidad de relleno Hidráulico

- **Presión Neutra (Uw) y presión Efectiva (P)**

La arena suelta que ya está saturada con una carga en la que se prohíbe el drenaje desarrolla presiones grano a grano y presión de agua neutra dentro de los poros, es decir:

$$P = p - Uw$$

Ecuación 8 Cálculo de presión efectiva

Donde:

P = Presión efectiva grano a grano

p = Presión total

Uw = Presión en el agua de los poros

- **Consolidación**

Es el cambio de volumen de una carga constante a medida que transcurre el tiempo. Se diferencia de la comprensión, en que en esta hay un cambio de volumen debido a un incremento de carga. El relleno tiende a consolidarse bajo cargas estáticas, tales como las que ocurren cuando el tajeo tiende a cerrarse. Esta consolidación inicial puede ser muy grande en rellenos sueltos, mientras que en rellenos densos tienen menor tendencia a consolidarse bajo cargas estáticas. Después de una consolidación inicial ocurre una consolidación secundaria más lenta tanto en rellenos sueltos como en densos.

- **Compactación**

Es la densificación artificial de los suelos. Los materiales cohesivos se compactan mejor bajo cargas dinámicas. La eficiente compactación de estos materiales a su máxima densidad está en muchos casos, en relación al contenido de agua del material. La cantidad de agua presente debe ser suficiente como para lubricar las partículas; un exceso de agua llenará los vacíos y creará tensiones neutras positivas en el suelo, reduciendo así su densificación. En materiales no cohesivos, como muchos rellenos, no se llega generalmente a su máxima densidad mediante la aplicación de cargas estáticas o dinámicas, siendo necesario el uso de vibradores.

- **Cementación**

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

Según Mamani (2019). Los rellenos hidráulicos provenientes de relaves pobres en sulfuros muestran un grado de cementación baja. En realidad, la cementación ocurre en estos

rellenos, en un periodo corto de tiempo, pero las altas temperaturas debido a las oxidaciones son una desventaja para la cementación.

- **Compresibilidad**

Huberth (2017), menciona que los rellenos hidráulicos son los menos compresibles de todos los rellenos usados como soporte en minería subterránea. Rara vez se comprimen más del 30% a 16 t/m², variando generalmente entre 5% y 10% a 9 t/m²-12 t/m². La resistencia del relleno no se desarrolla hasta que el contenido de agua que ha sido reducido de un semifluido a una condición consolidada.

Relleno Seco

Cabezas (2016), determina que el relleno seco nace de la lixiviación y la escoria del proceso pirometalúrgicos. Esto no requiere ningún aditivo, solo se deposita en las cavidades en donde se necesita, generalmente mediante camiones. Su objetivo es soportar las paredes de los caserones (no permite extraer caserón adyacente), además de reducir la cantidad de estéril en superficie. Este tipo de relleno se observa en casos de banqueo y relleno.

Relleno Hidráulico Cementado

El relleno hidráulico cementado es una variante del relleno anterior, al cual se le agrega cemento portland. Esto permite mejorar la resistencia a la compresión del relleno, lo cual es importante cuando la cavidad rellena se utiliza como pilar o base de un nivel de explotación. La ventaja con respecto a los costos que tenía el método anterior se pierde al usar cemento (Mamani A, 2019).

Relleno en Pasta

Según Vidal (2019), El relleno de pasta corresponde a una combinación de mezclas de arena y cemento con otros agregados a los que se les agrega agua para crear una composición similar a una lechada. El chorro de arena debe contener una cantidad suficiente de material finamente dividido para comportarse como una pasta. Sus propiedades son las mismas que las del relleno hidráulico cementado, pero en este caso hay que tener en cuenta la reología de la pasta, es decir el comportamiento de la propia masa se tiene en cuenta al analizar su fluidez.

Relleno Compuesto

León (2012), menciona que la combinación de diferentes tipos de rellenos aprovecha ventajas económicas, de transporte o de durabilidad. Existen tres de estas composiciones más habituales: una combinación de masilla hidráulica y seca, otra de masilla hidráulica de cemento con masilla seca, y finalmente con masilla seca masilla adhesiva. En los tres casos se utilizan áridos acuíferos para sellar planos de transporte o perforación y áridos secos para el acabado del rajo.

Transporte del Relleno

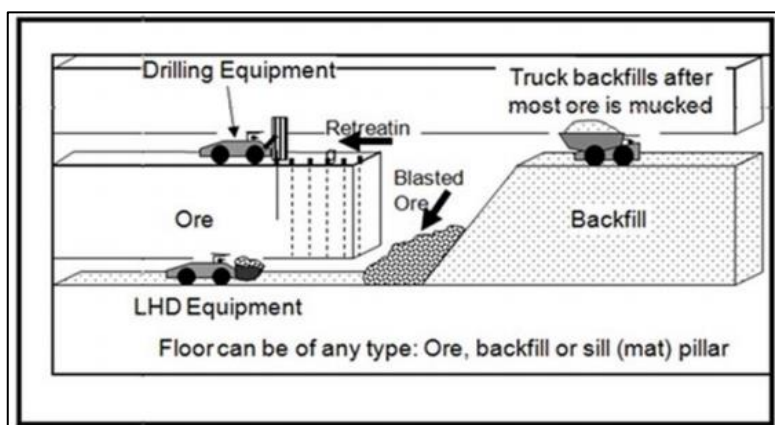
Gómez & Sánchez (2012), sugiere que el relleno de la mina se ha vuelto más eficiente y su implementación puede aumentar la recuperación de la mina, extender la vida útil del proyecto, mejorar la seguridad y, si es necesario, evitar el hundimiento del suelo. Los principales desafíos son transportar el relleno al área de instalación y garantizar la resistencia calculada teóricamente una vez que se instala el relleno. Los principales países que se benefician de esta tecnología son Canadá y Australia, que se utiliza en yacimientos de

metales preciosos o polimetales, donde el relleno de cemento tiene un fin económico, aumentando las reservas y mejorando la seguridad de los yacimientos.

Transporte en Camiones

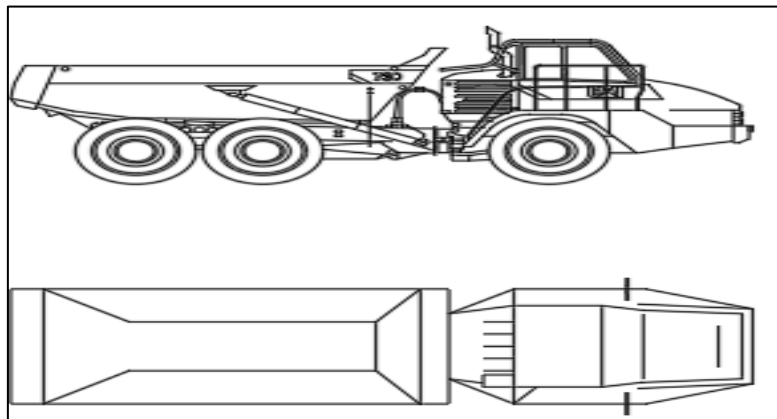
Riveros (2016), menciona que, en la actualidad, la industria utiliza diversos métodos, dependiendo principalmente de la composición de la masilla utilizada y del entorno de trabajo. Hay rellenos que se transportan en camiones y se vierten directamente donde se necesitan; este método se utiliza cuando el relleno es una pasta bastante espesa, de textura similar al cemento.

*FIGURA 6 Transporte de relleno en camiones mineros
(Riveros 2016)*



Fuente: Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional del Altiplano Puno

FIGURA 7 Camión minero de bajo perfil de 30 [ton] para transporte de relleno (Vidal 2019)



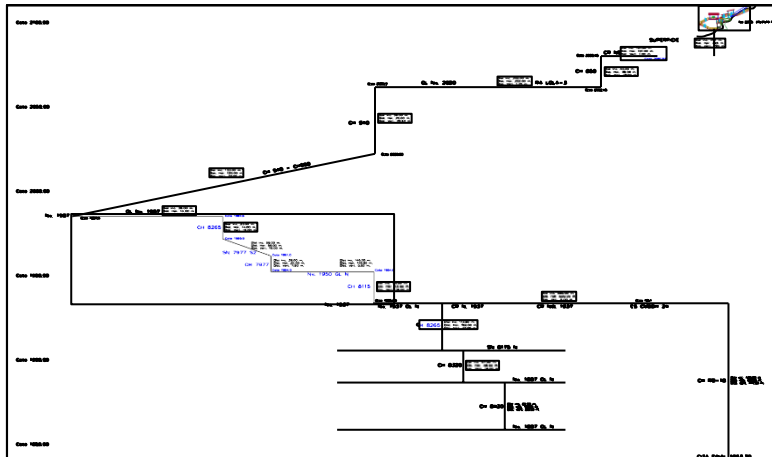
Fuente: Facultad de Ingeniería - Universidad Continental. Huancayo

Se utilizarán camiones LDH de apoyo para cargar el relleno en el sumidero, de modo que sea posible manejar a las personas que están dentro sin riesgo de accidente. Como se ha mencionado anteriormente, la creación de un sumidero natural ayuda a eliminar el mineral volado del pasillo central.

Transporte por tuberías

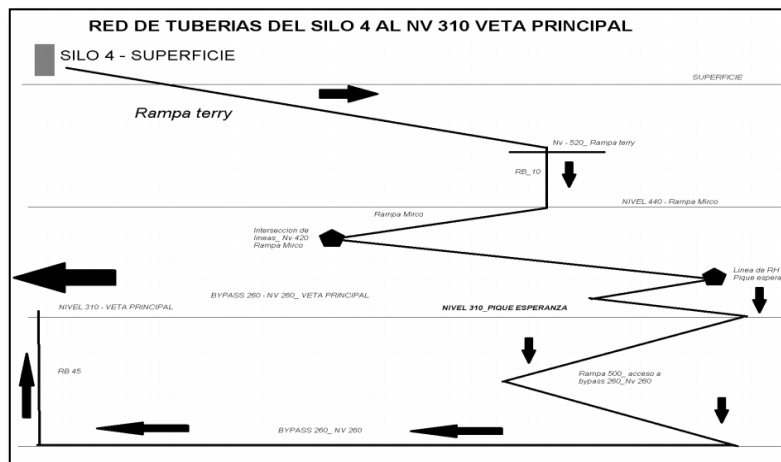
Según Santivañez (2015), la otra forma principal de transporte son las tuberías; este método se utiliza cuando el relleno es líquido y es útil cuando la disponibilidad de espacio de trabajo es reducida, como en corte y relleno o en algunos subniveles. Los transportes por tubería deben planificarse cuidadosamente y se debe utilizar el transporte por gravedad, ya que el uso de bombas aumenta los costos de operación. El uso de tuberías y bombas es complejo y requiere un amplio control de las propiedades reológicas y los tiempos de curado.

FIGURA 8 Red de tuberías para transporte de relleno en minería subterránea (Santivañez 2015)



Fuente: Facultad de ingeniería – Universidad Cerro de Pasco

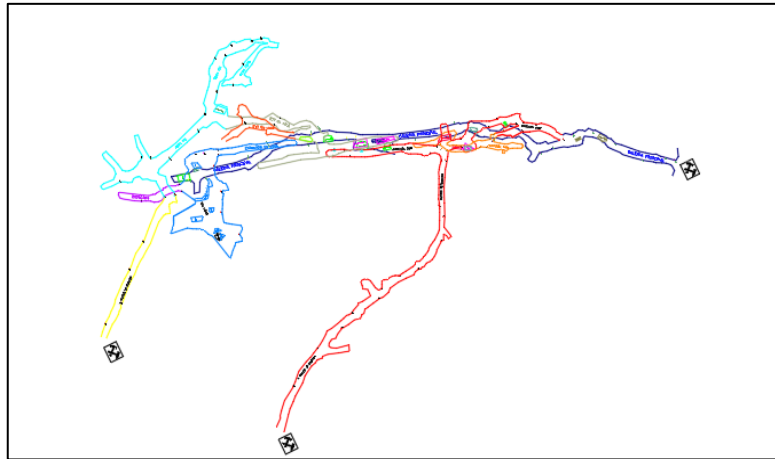
FIGURA 9 Red de tuberías para transporte de relleno en Nv 310 Veta Principal (Santivañez 2015)



Fuente: Estabilidad de los tajos con Relleno hidráulico en la veta principal Mina Papagayo de la Compañía Minera Poderosa SA

El transporte de los escombros se realiza por transporte de tuberías en cámaras de producción en mina subterránea. Estos descargues se encuentran situados en los niveles inferiores principales o directamente en la pila de extracción.

FIGURA 10 Vista en Planta de Red de tuberías para el transporte de relleno hidráulico en mina subterránea



Fuente: Propia

1.2. Formulación del problema

¿De qué manera un estudio del transporte de relleno hidráulico mejorará la estabilidad de pilares en minas subterráneas, región La Libertad – 2022?

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Realizar el estudio del transporte de relleno hidráulico para la estabilidad de pilares en minas subterráneas, región La Libertad – 2022.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar los resultados de los artículos acerca de los beneficios técnicos de la consistencia de relleno hidráulico para la estabilidad pilares en minas subterráneas.
- Analizar los resultados de los artículos acerca del método más oportuno en el transporte del relleno hidráulico para el aumento de la productividad en minas subterráneas.

- Realizar una evaluación en función al procedimiento de transporte de relleno hidráulico, para mejorar la estabilidad de los pilares, teniendo en cuenta el factor de seguridad medioambiental y el porcentaje de pérdida en minería subterránea, región La Libertad -2022.

1.4. Hipótesis

Realizar el estudio del transporte de relleno hidráulico para la estabilidad de pilares el cual permitirá encontrar los beneficios técnicos de su consistencia, el factor de seguridad medioambiental y el transporte del sistema más oportuno para emplearse o considerarse en la actividad minera subterránea.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1 Tipo de investigación

2.1.1 Por el propósito:

Enfoque de estudio es de tipo Cualitativo, este enfoque según Lázaro (2017), aplicado en cuanto a su finalidad, ya que pretende utilizar o aplicar los conocimientos existentes en la investigación básica para distinguir la investigación a realizar.

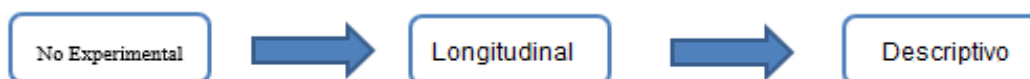
2.1.2 Según el diseño de investigación:

El presente estudio es de tipo no experimental-descriptivo “en cuanto a su diseño, ya que no se consideran las variables independientes con el fin de encontrar resultados en las variables dependientes” (Romero y Flores, 2016). Se realizarán observaciones de la información recopilada previamente para analizar los acontecimientos intermedios.

2.2 Diseño de investigación:

La presente investigación es de diseño No Experimental-Descriptivo, porque se ha contemplado los fenómenos en su estado natural y han sido analizados. Según (Hernández, Fernández y Baptista, 2014), de tipo longitudinal, ya que se analizó, los comportamientos de las variables en un periodo de tiempo varias mediciones.

FIGURA 11 Diseño de Investigación



Fuente: Propia

Tabla 1 Diseño de investigación de tipo descriptivo - longitudinal

Estudio	T1
M: 50 estudios	O: Transporte de Relleno Hidráulico

Fuente: Propia

Donde:

- M: Muestra
- O: Observación

2.3 Variables:

2.3.1 Transporte de Relleno Hidráulico

El transporte de Relleno Hidráulico se define como el conjunto de actividades o procedimientos que se realiza con el fin de trasladar un volumen determinado de relleno de un punto a otro punto dentro de las galerías subterráneas. Este procedimiento implica la evaluación en función al procedimiento y del factor de seguridad, con el fin de poder señalar si beneficia o no a la empresa minera. La eficiencia de un correcto transporte del relleno hidráulico está estrechamente relacionada al factor mínimo de pérdida y es proporcional al grado de productividad de la mina (Mamani, 2019).

2.4 Clasificación de variables (matriz de clasificación de variables)

Tabla 2 Matriz de Clasificación de variables

Variable	Relación	Naturaleza	Escala de Medición	Dimensión	Forma de medición
Transporte de Relleno Hidráulico	Independiente	Mixta	Intervalo	Multidimensional	Indirecta

Fuente: Propia

2.5 Operacionalización de variables /Matriz de operacionalización de variables.

Tabla 3 Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores
Transporte de Relleno Hidráulico	<p>El transporte de Relleno Hidráulico se define como el conjunto de actividades o procedimientos que se realiza con el fin de trasladar un volumen determinado de relleno de un punto a otro punto dentro de las galerías subterráneas. Este procedimiento implica la evaluación del aspecto económico y del factor tiempo, con el fin de poder señalar si beneficia o no a la empresa minera. La eficiencia de un correcto transporte del relleno hidráulico está estrechamente relacionada y es proporcional al grado de productividad de la mina (Rodriguez, 2017).</p>	<p>Se realizó una búsqueda de información de la resistencia a la compresión del concreto permeable en sitios web como EBSCO, DIALNET, GOOGLE ACADEMICO, Scielo.</p>	<p>Resultados de los beneficios técnicos.</p>	<p>Evaluación de mejora en la estabilidad de pilares. Consistencia de relleno hidráulico en beneficio medioambiental</p>
			<p>Resultados de los métodos o sistemas eficaces.</p>	<p>Factor de pérdida de relleno en el transporte mediante tuberías</p>

2.6 Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

2.6.1 Población

“La población es el universo de todos aquellos elementos (unidad de análisis) que tienen relación con el campo específico en el que se desarrolla la investigación” (Lázaro, 2017).

Por otro lado, se consideró una población limitada porque se conoce el número de elementos en el estudio, por lo que se consideró un conjunto básico de 20 estudios sobre estabilidad de consistencia de relleno hidráulico en minas subterráneas 2022, teniendo en cuenta la dimensión nacional e internacional.

Asimismo, la muestra consta de estudios sobre los métodos de relleno hidráulico utilizados en la estabilización de pilares en la minería subterránea en el Perú, específicamente el relleno hidráulico de mina.

2.6.2 Muestra

Los criterios de la muestra fueron:

Criterios de inclusión: estudios que demostraron un enfoque práctico en lugar de teórico, es decir, divulgado una metodología concisa, clara y bien fundamentada y una metodología bien desarrollada. Fundamentalmente, se revisaron estudios con contenido claro sobre métodos de transporte de relleno hidráulico para la estabilidad de columnas en minas subterráneas.

Criterios de exclusión: “Los estudios con contenido pálido que no proporcionaron resultados prácticos sobre la estabilidad de la columna del transporte de relleno hidráulico” (Romero y Flores, 2017), excepto los estudios publicados antes de 2012. Mediante este

método se consideró componentes lógicos como el tipo de relleno de relaves, la recuperación de pilares y los beneficios del cierre de la mina.

Tercero, el método deductivo, “la investigación parte de lo general a lo particular, de la ley al hecho, se puede decir que va de arriba abajo”. (Romero y Flores, 2017). En este trabajo se utilizó el conocimiento teórico y conceptual de los métodos de transporte de relleno hidráulico para la estabilidad de columnas en minas subterráneas y evaluar posteriormente su efectividad de manera comparativa.

Tabla 4 Tamaño de muestra de la investigación

Variable	Tamaño de muestra	Cantidad
Transporte de Relleno Hidráulico	Los artículos donde se muestran los estudios del transporte de relleno hidráulico para la estabilidad de Pilares en minas subterráneas.	20 investigaciones

Fuente: Propia

2.6.3 Materiales

Por otro lado, en el desarrollo de esta investigación se utilizaron los siguientes materiales: primero, el uso de una computadora de gran capacidad para el almacenamiento de datos y aplicaciones útiles, artículos recopilados de un portal de almacenamiento de datos, tesis aplicadas a la minería subterránea.

2.7 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Por otro lado, “las técnicas de recolección de datos son: técnica de fuente de tesis, revistas, técnica de reseña de libro - incluye revisión de documentos y artículos nacionales e internacionales, cuyo fin es lograr el objetivo de documentación teórica del problema y trabajo de investigación” (Mamani A, 2019); Usando datos para analizar la variable de interés, por otro lado, los medios de recolección de datos son formularios de resumen y los datos se analizan mediante la creación de tablas y gráficos. Se utilizó el paquete Microsoft Office 2022 para preparar el informe que describe los resultados finales. de la variable de investigación en este estudio.

FIGURA 12 Procedimiento para el desarrollo de la metodología de investigación

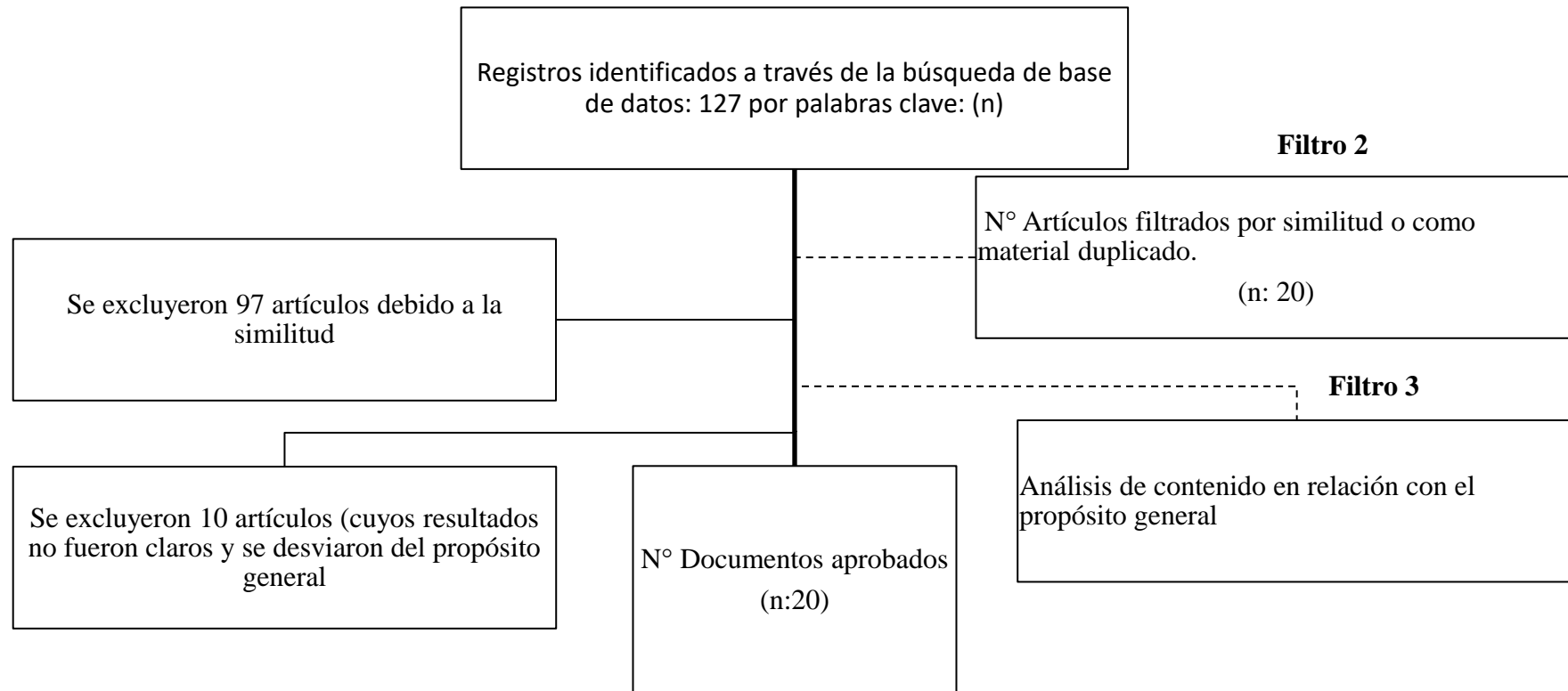
Fuente: Propia

(r:256) (r:186) (r:1200) (r:37)

EBSCO	DIALNET	GOOGLE ACADEMICO	SCIELO
-------	---------	------------------	--------

(n:6) (n:10) (n:101) (n:10)

- Por el tipo de documento (tesis, Art. O libro).
- Por el idioma en el que fue publicado.
- Por su antigüedad de publicación (10 años)
- Por su procedencia a nivel país o región.
- Por Título y Resumen.



2.8 Aspectos éticos

Esta investigación se realizó de acuerdo a los estándares exigidos por la Universidad Privada del Norte, por lo que el autor: Presenta un contenido comprensible de todo el desarrollo de la tesis; está sujeto a las normas institucionales que rigen la investigación, como los derechos de autor; Revela las fuentes y observaciones de información examinadas en este estudio y recopila información abierta y completa para beneficio de la comunidad científica, que es el antecedente de los estudios post mortem, ofreciendo una publicación virtual en las páginas de la Universidad Privada del Norte.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1 Resultados de los beneficios técnicos de la consistencia del relleno hidráulico para la estabilidad en las minas subterráneas.

Resultados para el primer objetivo específico: Analizar los resultados de los artículos acerca de los beneficios técnicos de la consistencia del relleno hidráulico para la estabilidad en las minas subterráneas, región La Libertad 2022, se muestran en las tablas siguientes:

Tabla 5 Resumen de beneficios en base a los indicadores analizados.

Nº Estudios	Esfuerzo de Relleno Hidráulico en mina	Estabilidad de Pilares	Beneficio Medioambiental
E01	Se realizó	Se realizó	No realizó
E02	Se realizó	Se realizó	No realizó
E03	Se realizó	Se realizó	No realizó
E04	Se realizó	Se realizó	Se realizó
E05	No realizó	Se realizó	No realizó
E06	Se realizó	No realizó	No realizó
E07	Se realizó	Se realizó	Se realizó
E08	Se realizó	Se realizó	Se realizó
E09	Se realizó	No realizó	Se realizó
E10	Se realizó	Se realizó	No realizó
E11	Se realizó	Se realizó	Se realizó
E12	Se realizó	Se realizó	Se realizó
E13	Se realizó	Se realizó	No realizó
E14	No realizó	No realizó	Se realizó
E15	No realizó	Se realizó	Se realizó
E16	Se realizó	Se realizó	Se realizó
E17	Se realizó	No realizó	No realizó
E18	Se realizó	Se realizó	Se realizó
E19	Se realizó	No realizó	No realizó
E20	Se realizó	No realizó	No realizó

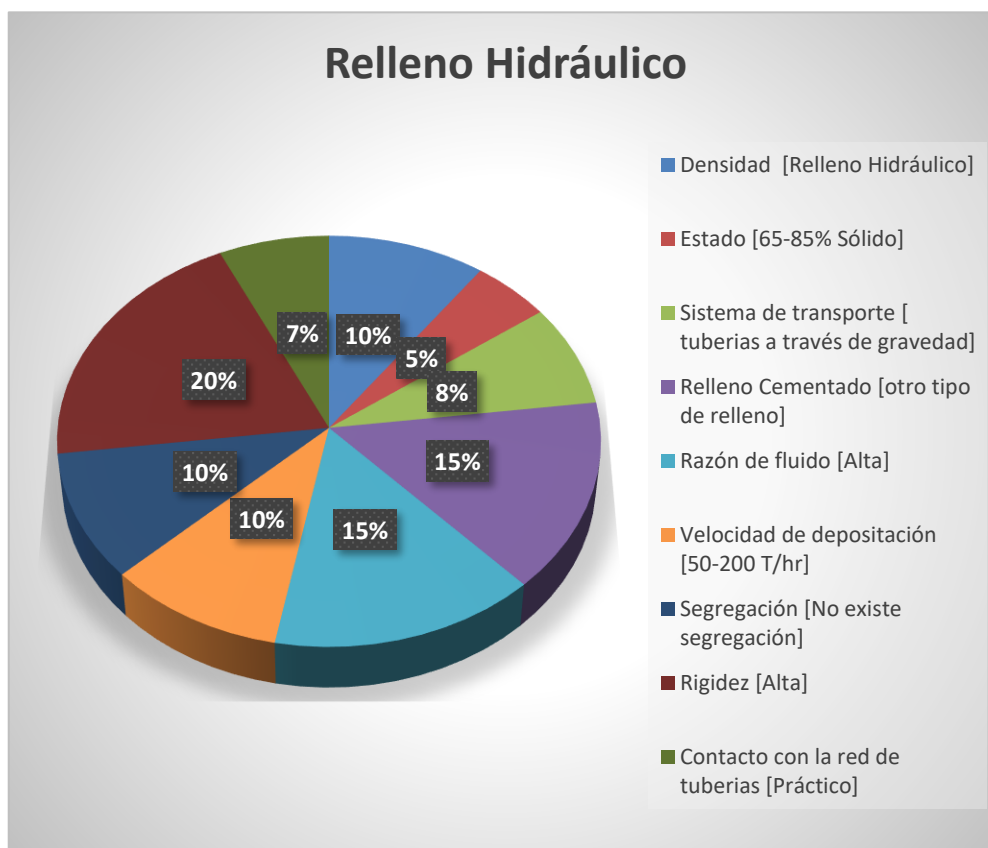
Estudios analizados en base a los estudios del relleno hidráulico para la estabilidad de Pilares

Tabla 6 Análisis estadístico de estudios del indicador de Esfuerzo de Relleno Hidráulico

Indicador 1: Esfuerzo de Relleno Hidráulico en mina		
	<i>Estudios: fa</i>	<i>% Estudios: Fr (%)</i>
Se realizó [Aplicación de relleno hidráulico]	17	85.0
No realizó [Aplicación de relleno hidráulico]	3	15.0
	20	100.0

Estudios analizados en base al indicador de esfuerzo de relleno hidráulico en mina

Gráfico 1 Diagrama circular de estudios de esfuerzo de relleno hidráulico



En el gráfico se muestra la densidad de relleno hidráulico, estado [65-85% sólido], sistema de transporte [tuberías a través de gravedad], Relleno Cementado [otro tipo de relleno alternativo], razón de fluido [Alta], velocidad de depositación [50-200 T/hr], segregación [No existe segregación], Rigidez [Alta], contacto con la red de tuberías [Práctico]. Fuente: Propia

En el gráfico 1, muestra que la mayoría de estudios aplicaron el relleno hidráulico, el cual se determinó: [65-85% en estado sólido], su velocidad de depositación varía en [50-200T/hr], la segregación es inexistente y la razón de fluido de relleno hidráulico es concentradamente alta, tal y como se aplicó en la Unidad minera Cerro Chico utilizando estudios previos, clasificando como mejor opción este tipo de relleno en (Ton/m³). Esto significa una vida útil más larga con respecto a las tuberías, debido a su transporte práctico; lo que reduce los accidentes o fracturas, producidos por la fricción y desgaste y su aumento de la rentabilidad del proyecto.

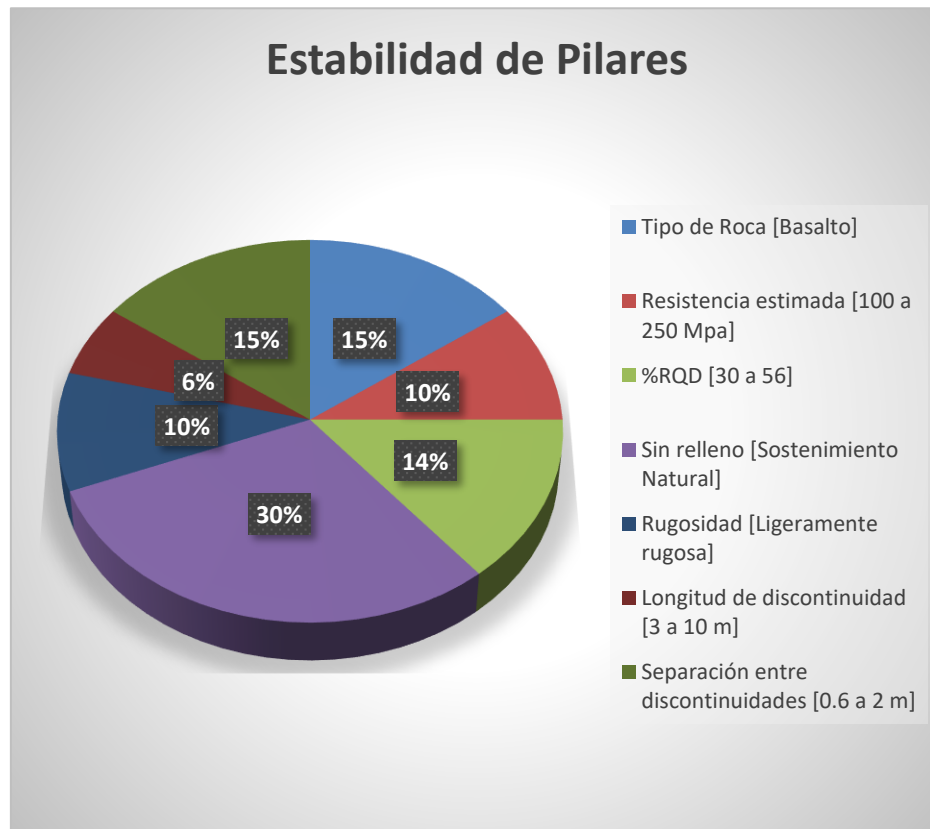
El otro 15% de estudios aplicaron relleno cementado, puesto que solo tomaron en cuenta los avances y bajos estándares de prevención de riesgos, tal y como fue en la empresa minera Atacocha en Cerro de Pasco y Huaron.

Tabla 7 Análisis estadístico de estudios de indicador de Estabilidad de Pilares

Indicador 2: Estabilidad de Pilares		
	<i>Estudios: fa</i>	<i>% Estudios: Fr (%)</i>
Se realizó [Aplicación de relleno hidráulico]	14	70.0
No realizó [Aplicación de relleno hidráulico]	6	30.0
	20	100.0

Estudios analizados en base al indicador de estabilidad de pilares

Gráfico 2 Diagrama circular de estudios de estabilidad de pilares



En el gráfico se muestra el tipo de roca [Basalto – Roca Ígnea], resistencia estimada [100 a 250 Mpa], % RQD [30-56 sólido], Sin relleno [Sostenimiento Natural], rugosidad [ligeramente rugoso], Longitud de discontinuidad [3-10 m], segregación entre discontinuidades [0.6 a 2 m]. Fuente: Propia

En el gráfico 2, se determina que el 70% de los estudios analizados sobre la estabilidad de pilares, aplicaron el uso de tipo de roca [Basalto], análisis de la resistencia estimada [100 a 250 Mpa] en cortes y estocadas, rugosidad ligera, longitud de discontinuidades y separación entre discontinuidades [0.6-2m] tal como se utilizaron en la Unidad minera Cori Riqueza. El otro 30% no utilizaron relleno, puesto que solo utilizaron un sostenimiento natural en la recuperación de mineral suave. Para evitar accidentes se

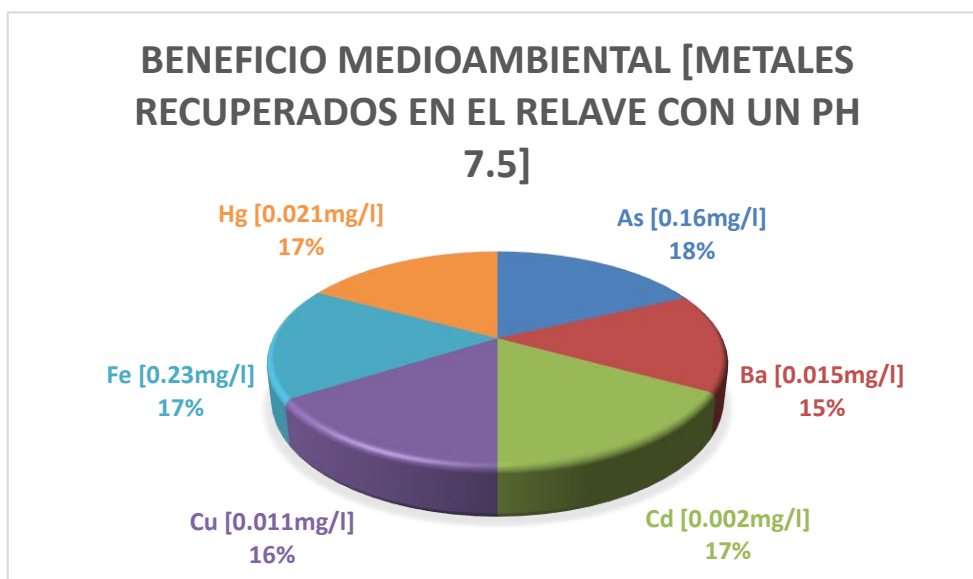
realizó el siguiente análisis de tensión, la cual considera la sección más ancha disponible del área, que es de 3,0m de base x 3,2 m de altura. Ver Anexo C -N°1 y C-N°2.

Tabla 8 Análisis estadístico de estudios de indicador de Beneficios medioambientales

Indicador 3 Beneficio Medioambiental		
	<i>Estudios: fa</i>	<i>% Estudios: Fr (%)</i>
Se realizó [Catalizadores en relave]	10	50.0
No realizó [Catalizadores en relave]	10	50.0
	20	100.0

Estudios analizados en base al indicador de beneficio medioambiental

Gráfico 3 Diagrama circular de estudios de beneficio medioambiental



En el gráfico se muestra catalizadores tales como: As [0.16 mg], Ba [0.015mg/l], Cd [0.002mg/l], Cu[0.011mg/l], Fe[0.23 mg/l], Hg [0.021 mg/l]. Fuente: Propia

En el gráfico 3, Los beneficios medioambientales tomados en cuenta, el 50% de estudios analizados utilizan catalizadores en el relleno hidráulico, tales como: As [0.16mg/l], Ba [0.015mg/l] y Cd [0.002mg/l], para luego ser puestos en subniveles, tal y como se aplican en la Unidad minera Julcani. La concentración se fija en un volumen de llenado hidráulico

en común a 800 ppm en tonelada corta, considerando una densidad de 1,90 kg/l, en función a la calidad del agua 100 ppm, con un pH de 7.5; la cuál es ligeramente corrosivo, es por esto que el otro 50% de catalizadores se aplicaron en el agua, como: el Cu [0.011mg/l], Fe [0.23 mg/l] y el Hg [0.021mg/l]; los cuales ayudaron a disminuir los contaminantes de aguas ácidas.

3.2. Resultados de la comparación del método más oportuno para el transporte de relleno hidráulico en el aumento de la productividad en las minas subterráneas.

Resultados para el segundo objetivo específico: Analizar los resultados de los artículos acerca del método o sistema más eficaz de transporte del relleno hidráulico para minas subterráneas, región La Libertad 2022, se muestran en las tablas siguientes:

Tabla 9 Resumen de los resultados del método más eficaz para el transporte del Relleno Hidráulico.

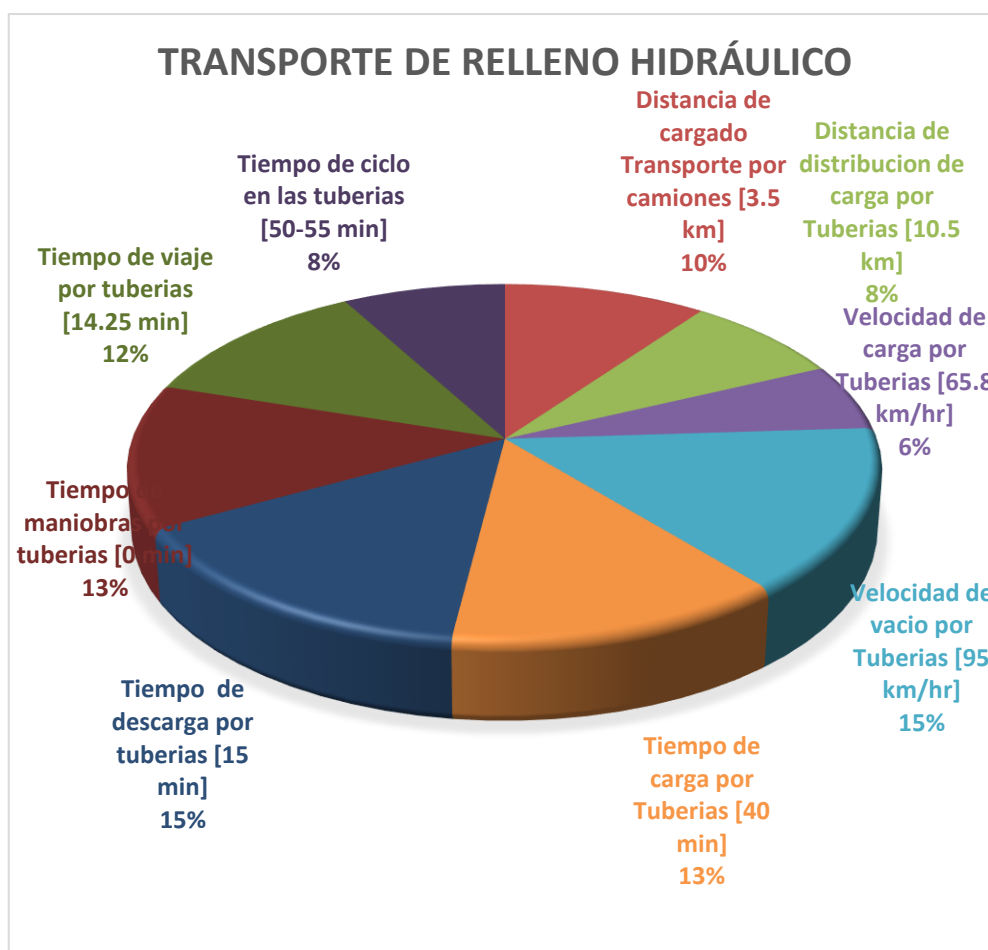
Nº Estudios	Transporte por tuberías	Transporte por camiones mineros.
E01	Se realizó	Se realizó
E02	Se realizó	Se realizó
E03	Se realizó	Se realizó
E04	Se realizó	Se realizó
E05	No realizó	Se realizó
E06	Se realizó	No realizó
E07	Se realizó	Se realizó
E08	Se realizó	Se realizó
E09	Se realizó	No realizó
E10	No realizó	Se realizó
E11	Se realizó	No realizó
E12	Se realizó	Se realizó
E13	Se realizó	Se realizó
E14	Se realizó	No realizó
E15	Se realizó	No realizó
E16	Se realizó	No realizó
E17	Se realizó	No realizó
E18	Se realizó	Se realizó
E19	Se realizó	No realizó
E20	Se realizó	No realizó

Artículos analizados en base a la eficiencia de transporte de relleno hidráulico para la estabilidad de Pilares

Tabla 10 Análisis estadístico de estudios de indicador de Transporte de relleno hidráulico

Transporte por tuberías		
	<i>Estudios: fa</i>	<i>% Estudios: Fr (%)</i>
Se realizó	18	90.0
No realizó	2	10.0
	20	100.0
Estudios analizados en base al indicador de transporte por tuberías		

Gráfico 4 Histograma de estudios de Transporte de relleno hidráulico



En el gráfico se muestra la distancia de cargado de [3.5 km], distancia de distribución de carga por tuberías [10.5 km], velocidad de carga por tuberías [65.8 km/hr], velocidad de vacío por tuberías [95 km/hr], tiempo de carga por tuberías [40 min], tiempo de descarga por tuberías [15 min]. Fuente: Propia.

En el gráfico 4, se determinó que la distancia de cargado mediante el transporte de camiones [30 Tn] es solo de 3.5 km, representando solo el 10% de estudios realizados. Por otro lado, el otro 90%, utilizó el transporte de relleno hidráulico mediante el uso de bombas y tuberías desde la planta de relaves hasta las galerías principales y sub niveles se realizaron de manera eficiente con una velocidad de carga de [65.8 km/hr]; teniendo en cuenta el flujo

de turbulencia y el tiempo de carga por toda la red de tuberías [40 min], el tiempo de descarga es de [15 min]. El avance es de [50 -55 min], en los estudios analizados utilizaron equipos de transporte equipadas con mangueras de polietileno. En conclusión, el transporte de bombas y tuberías resultó ser mucho más eficiente.

Materiales para el transporte del relleno hidráulico mediante bombas con tuberías

Según Cabezas (2016). La pulpa se transportó por un sistema de tuberías aprovechandola gravedad (g), y en los niveles sin diferencia de cotas, se procede a usarlas bombas horizontales para el impulso del R.H. La pulpa recorre una distancia total de 2600 m. desde la planta de relleno (Superficie) hasta el Nv 310 – Pique esperanza, en tales accesos y rampas se instaló una red de tubería de polietileno de 4” de diámetro

Velocidad crítica de deposición

Según Ortiz (2015), la velocidad crítica que se empleó es de 30 km/h en los estudios de deposición mínima debe crear suficiente turbulencia para mantener las partículas sólidas en suspensión y así evitar que las partículas se sedimenten en el fondo del tubo.

La velocidad crítica depende del tamaño de las partículas sólidas, el tipo de líquido, el tipo de pulpa o suspensión, la concentración y la gravedad específica del sólido y del líquido (Ver Anexo C – N°3).

Tabla 11 Parámetros de velocidad crítica para distintos diámetros de tuberías de acero

Q	Ø	M	V
(pies ³ /s)	(pulg.)	(pies)	(pies/s)
0.5396	2	0.17	24.733
0.5396	3	0.25	10.992
0.5396	4	0.33	6.183
0.5396	6	0.5	2.748

En la tabla se muestra las velocidades críticas para cada diámetro de tuberías, siendo la tubería de Ø4, la más factible, para el transporte de relleno hidráulico. Fuente Arroyo (2019)

3.3 Resultados de la evaluación del procedimiento de transporte de relleno hidráulico para la estabilidad de pilares, teniendo en cuenta el factor de seguridad medioambiental y el porcentaje de pérdida en las minas subterráneas, Región La Libertad 2022.

En la tabla 12, se determina el factor de pérdida en (m³), cuyos resultados para el tercer objetivo específico se tomó en cuenta los parámetros de seguridad medioambiental siendo este el método o sistema más eficaz en la pérdida de relleno hidráulico para minas subterráneas, región La Libertad 2022, se muestran en las tablas siguientes:

Tabla 12 Volumen de Relleno Hidráulico por relaves en Mina Jimena (Poderosa S.A)

DESCRIPCIÓN	UND	Total
Volumen de R.H utilizado en pilares x día	m ³	4198
Volumen de R.H utilizado en pilares anual	m ³	549541
Porcentaje de 2% de pérdida	m ³	11215
Volumen de R.H producido en mina Jimena	m ³	560756

En la tabla se muestra el volumen de Relleno Hidráulico utilizado de la relavera para el mejoramiento de pilares en la mina Jimena. Fuente: Lázaro (2017)

Tabla 13 Resultados estadísticos de la aplicación de Relleno Hidráulico Mina Jimena (PODEROSA)

	Puntos de corte(m)	Factor de Deformidad (Tn/m ³)	Velocidad m/s	Aceleración m/s ²	Temperatura °C
Media	39,598	-819.942	40.995	0.000	20
Desviación Estándar	1,667	538.032	35.00	55.00	10
Varianza	2,778,814	289,478.322	23.00	17.00	10
Mínimo	38,937	-1,147.845	13.00	28.00	20
Máximo	44,049	0.000	17.00	95.00	20
Rango	5,112	1,147.845	57.00	85.00	10
Mediana	38,950	-1,147.845	60.00	89.00	20
Moda	#N/D	-1,147.845	30.00	60.00	20

Diagrama de resultados estadísticos de puntos de corte en el llenado de relleno hidráulico para estabilidad de pilares, considerando el factor de deformidad, la velocidad, la aceleración y temperatura. Fuente: Lázaro (2017)- Ver ANEXO C - N°5.

En la tabla 13 se muestran los resultados del análisis estadístico en los puntos de corte, considerando los factores de deformidad en (Tn/m³), la velocidad(m/s), la aceleración del fluido (m/s²) y la temperatura, las cuales fueron analizados de los estudios que aportaron

en la estimación del relleno hidráulico. Se recomienda aplicarlo de tal manera que se aproveche la gravedad, para ser transportados impulsos a una velocidad máxima 17 m/s y una aceleración límite de 95 m³/s.

Tabla 14 Alternativas para la ubicación de planta de relave de Relleno Hidráulico

DESCRIPCIÓN	ALTERNATIVAS DE UBICACIÓN		
	NV 2180m.s.n.m	NV 2350m.s.n.m	NV 2600m.s.n.m
Latitud de Nivel	NV 2180m.s.n.m	2350m.s.n.m	2600m.s.n.m
Longitud Horizontal (m)	1560	1750	1926
Longitud adicional por pérdidas (7%)	109	123	135
Longitud Horizontal equivalente (m)	1669	1873	2161
Diferencia de Cotas (m)	143	313	438
Gradiente Hidráulico	01:06	01:06	01:06
Alcance de lanzamiento (m)	858	1878	2628
Diferencia entre alcance y necesidad (m)	-811	6	567
OBSERVACIÓN	requiere bomba	por gravedad	por gravedad

En la tabla se muestra las alternativas para la ubicación correcta de una planta de relave para facilitar el transporte, teniendo en cuenta: a) Latitud de nivel, b) Longitud horizontal, c) Longitud adicional por perdida (Fricción de perdida 7%) Fuente Rodriguez (2016).

Porcentaje anual de volumen de relleno hidráulico reciclado en favor del medioambiente

La disponibilidad de desmonte de relleno hidráulico incluye una utilización del 70-80 % de la roca estéril generada en el proceso de extracción, lo que significa una vida más larga de las especies de residuos actuales, reduce el impacto negativo en el medio ambiente y aumenta la rentabilidad del proyecto, teniendo en cuenta hasta 100 ppm de relleno hidráulico en Tm. (Ven en el Anexo C – N°4).

Tabla 15 Disponibilidad de Relleno Hidráulico Anual Unidad Minera Pallancata

DESCRIPCIÓN	UND	Total
Densidad del mineral óxido F2O3	g/cm ³	5.242
Producción de mineral óxido anual	Tn	42832
Desmante diario	Tn	53267
Desmante anual	Tn	146484
Programa de producción de mineral óxido anual	Tn	122,070

En la tabla se muestra la disponibilidad de Relleno Hidráulico anual utilizado para el mejoramiento de pilares en la mina Jimena. Fuente: Lázaro (2017)

Volumen transportado de Planta a la Bomba Schwing

El volumen de 4198 m³ de relleno hidráulico recorre una distancia de 470m desde la planta de lixiviación hasta el interior de la mina donde se ubicaban las bombas Schwing SP 1000HP (Ver en el Anexo C - N°1). La velocidad de esta ruta no debe exceder los 15 km/h y el recorrido total demora 18 minutos en promedio.

Volumen transportado de la Bomba Schwing a la labor a rellenar

El volumen de 4198 m³ de relleno hidráulico recorre 820 m. desde la bomba hacia la labor a rellenar, para mejorar la estabilidad de pilares. La tubería de 1m, 2m, 3m, codo de 45°, codo de 90° y manguera de 26m de largo, la tubería es de 40mm de espesor, fabricada en polietileno, aporta una correcta conexión (Ver en el Anexo C- N°1).

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

El transporte de relleno hidráulico para la estabilidad de pilares en minas subterráneas es un tema importante, por ello se tomó como muestra veinte artículos de investigación científica. Las técnicas de recolección de datos utilizadas incluyen revisión de documentos nacionales e internacionales; aplicando un análisis de contenido el cual permitió encontrar los beneficios técnicos en relación con el propósito general de realizar un estudio aplicado al transporte de relleno hidráulico para la estabilidad de pilares en minas subterráneas en la región La Libertad, con esto se pudo analizar los resultados en relación de los beneficios técnicos de la consistencia de relleno hidráulico para la estabilidad de pilares en minas subterráneas, tal y como se desarrolló teniendo los indicadores tales como: Esfuerzo de relleno hidráulico en mina subterránea [Gráf 1], se tomó en cuenta su rigidez [Alta], su estado de [65-85% sólido] y su razón de fluido [Alta], clasificándolo al relleno hidráulico como mejor opción entre otros tipos de relleno, concuerda con Vives (2015) al mencionar que los diseños de los esfuerzos deben ser estables desde el punto de vista geomecánico, es decir que ha mejorado considerablemente la estructura requerida del pilar. En el siguiente indicador de estabilidad de pilares [Gráf 2], se demostró el tipo de roca Basalto (roca ígnea), con una resistencia estimada de [100 a 250 Mpa], con un %RQD [30-56 sólido], el cual no presentó discontinuidades de segregación mayores a los 3 m, corresponde con lo mencionado de Santivañez (2009) el cual menciona que los espacios vacíos dejados en la explotación minera, así como también la facilidad en el transporte y en la deposición de los sólidos para hacer viable la estabilidad de pilares en la Unidad Minera Animon en el banco mineralizado

a banco de relleno, para así evitar desprendimientos de roca suelta. En el indicador de Beneficio medioambiental [Gráf 3], se analizaron los catalizadores que acelera de manera rápida la disminución de contaminantes que se encuentran presentes en el relleno hidráulico, tales como: As [0.16mg/l], Ba [0.015mg/l] y Cd [0.002mg/l], para luego ser puestos en subniveles, puesto que esta concentración concentra 80 ppm en tonelada corta, la cual consideró una densidad de 1.90 kg/l, mientras que en la recuperación de metales presentes en el agua a 10.000 ppm, con un pH de 7.5, la cuál es ligeramente corrosivo; es por esto que también se emplearon otros catalizadores como: el Cu [0.011mg/l], Fe [0.23 mg/l] y el Hg [0.021mg/l]; los cuales ayudaron a disminuir los contaminantes de aguas ácidas, esto concuerda con Cuti (2019) al mencionar el relleno se reutiliza del relave desechado por la actividad minera, logrando minimizar el impacto ambiental con metales altamente corrosivos .

Po otro lado se pudo analizar el método más oportuno en el transporte de relleno hidráulico para la estabilidad de pilares en minas subterráneas para el aumento de la productividad, fué mediante la distribución de los cuales presentaron una comparación con el sistema más eficaz de transporte , teniendo en cuenta la distancia distribución de carga [10.5 km], la velocidad de carga por tuberías[10.5 km], velocidad de vacío [95 km/hr], tiempo de carga [40 min], tiempo de descarga [15 min], además se consideró el tiempo de ciclo total de avance entre [50-55 min] aumentando la productividad del 45%, siendo este el más eficiente, se ajusta a lo mencionado según Gómez & Sánchez (2012) el cuál menciona .que los problemas en tiempo de llegada de relleno hidráulico hacia las labores es por el tipo de distribución de carga y de transporte.

Al finalizar se evaluó el factor de seguridad medioambiental y el porcentaje de pérdida en minería subterránea en la región de La Libertad; teniendo en cuenta la gravedad, los niveles en diferentes cotas y flujo de turbulencia; la cual hizo un recorrido de 2.6 km desde el sifón de acumulación hasta los niveles inferiores de cámaras, pilares y estocadas. La velocidad crítica que se empleó oscila entre [15 a 30 km], para evitar que las partículas queden retenidas mediante la fricción. Este sistema resultó nuevamente más eficaz en la pérdida mínima de relleno hidráulico, puesto que anualmente 11.215 m³ de un volumen total de 560. 776 m³, esto llega hacer solo el 2%. [Tabla 12] Pag 57; Cabezas (2016), concuerda que gracias a la gravedad, la pasta recorre en los accesos y rampas mediante la red de tuberías teniendo en cuenta el factor de pérdida, por eso se desarrolló una red de tuberías de polietileno de 4” de diámetro

Además, se aplicaron estudios estadísticos comparativos para ser analizados de las minas principales de la libertad tales como: Consorcio Minero Horizonte S.A, Compañía Minera Poderosa y Santa Bárbara [Tabla 13]; Puntos de corte, Factor de deformidad [Tn/m³], Velocidad [m³/s], Aceleración [m³/s] y Temperatura [°C].Pag 57. Esto permitió obtener resultados estadísticos cualitativos válidos, algunos parámetros de interés compartido para encontrar los mejores valores o datos que fueron comparados, analizados y procesados, que permitieron aceptar y probar las hipótesis propuestas. Para aportar nuevos aportes, se crearon tablas resumen como herramienta de apoyo a la investigación, detallando los diferentes estudios, mejorando la originalidad, identificando y agrupando diferentes comportamientos o factores que miden las variables objeto de estudio

En resumen, el estudio del transporte de relleno hidráulico sobre la estabilidad de pilares subterráneas de mina, presentados en el apartado anterior. Por supuesto, qué es muy y efectivo aprovechar el relleno hidráulico, lo que crea estabilidad en los pilares y un punto de discusión reciente es la relación amigable con el medio ambiente, que también es muy beneficiosa, Según Ruiz (2016), concuerda que cada proceso se realizó previamente al aprovechamiento de la reutilización de relleno para mejorar la baja resistencia en las condiciones del yacimiento.

4.2 Conclusiones

El transporte de relleno hidráulico para la estabilidad de pilares en minas subterráneas, región de La Libertad en el periodo 2022, considerando la muestra de los veinte artículos acerca de los beneficios técnicos del transporte para la estabilidad de pilares; tales como consistencia del relleno hidráulico, siendo esta las razones más importantes, el aumento de la productividad en una empresa minera, segundo el transporte mediante el uso de tuberías y el tercero el beneficio medioambiental. Para lo cual, la gran mayoría de investigaciones señaló que de ser o llevar un correcto uso de transporte del relleno hidráulico se vería el incremento de la productividad considerablemente por el tiempo de recorrido en las tuberías a una distancia de [3.5 a 10 km], a una velocidad de carga de [65.8 km/hr] y en vacío a una velocidad de [95 km/hr], Según Rodríguez (2016), concuerda con la disponibilidad del relleno hidráulico con la utilización del (70-80%), para generar una vida más útil a la mina y aumentando la rentabilidad del proyecto.

Se analizaron los resultados de los artículos acerca del método o sistema más eficaz de transporte del relleno hidráulico para minas subterráneas, obteniéndose como método eficaz el uso de tuberías en las galerías subterráneas.

Con la implementación del relleno hidráulico se considera aprovechar los procedimientos de transporte para evitar el factor de pérdida y aumentar un 60 a 80 % los productos del diseminado de roca [Basalto-ígneas], y todo esto se verá reflejado tanto en el impacto ambiental del proyecto como en la rentabilidad (Ver en el Anexo C – N°7).

Según Lázaro (2017) concuerda con los estudios analizados, en relación los beneficios ambientales incluyen la reducción de las emisiones en el llenado hidráulico de cámaras y galerías. El volumen común del relleno hidráulico se fija a una concentración considerando la densidad de 1,90 kg/l, dependiendo de la calidad del agua de 10.000 ppm y de las características del área de recepción en el lugar especificado, que será más eficaz en la estabilidad de las columnas, por lo tanto, se considera importante mejorar los aspectos tanto de disponibilidad de relleno hidráulico, minimizar las emisiones de minerales contaminantes, tanto en los rellenos hidráulicos y en el agua, por eso es importante el uso de catalizadores tales como: As [0.16mg/l], Ba [0.015mg/l] y Cd [0.002mg/l], Cu [0.011mg/l], Fe [0.23 mg/l] y el Hg [0.021mg/l].

REFERENCIAS

Vives, A. (2015). *Evaluación Técnica y Económica de una Mina Subterránea utilizando Relleno Cementado*. Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil de Minas Universidad de Chile. Santiago de Chile.

Ortiz, R. (2015). *Esquema de diseño del sistema de relleno hidráulico como elemento básico de sostenimiento para la reducción de los costos en el transporte de Pulpa Mina Arcata*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Perú. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/63>

Rodríguez, N. (2017) *Optimización del sistema de relleno hidráulico mediante la implementación de una tercera línea en la red de tubería de relleno hidráulico en la empresa Consorcio Minero Horizonte S.A, 2016*. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. Perú.

Huberth, AR. (2017). *Relleno Hidráulico. Factores importantes en el diseño de plantas de Relleno Hidráulico*. Perú. Obtenido de <https://huberthalcantara.wordpress.com/2011/10/16/relleno-hidraulico-factores-importantes-en-el-diseo-de-plantas-de-relleno-hidraulico-presentacin-pdf/>

Cabezas, P (2016). *Aplicación de Relleno Hidráulico para acelerar el ciclo de minado en la Veta principal-nivel 310; Empresa Administradora Chungar SAC (each), Unidad*

Minera Animon. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Pasco. Perú.

Obtenido de

http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/117/1/T026_44404648_T.pdf.pdf

Arroyo, A. (2019). *Diseño del sistema de relleno hidraulico con relave y cemento para incrementar la productividad de tajeos en zona vetas en la Compañía Minera*

Casapalca S.A. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo. Perú. Obtenido

de

http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/5852/T010_20680465_T.pdf

[?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/5852/T010_20680465_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Mamani, A. (2019). *Relleno Hidráulico en Minera Arirahua S.A Arequipa – 2012.*

Universidad Nacional del Altiplano. Puno- Perú. Obtenido de

http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/12559/Mamani_Mamani_Alfonso.pdf

[?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/12559/Mamani_Mamani_Alfonso.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Santiváñez, M. (2015). *Sistema de relleno hidráulico - U.E.A Cerro de Pasco. Universidad*

Nacional de ingeniería. Obtenido de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/11469>

Yalle, E (2010). *Construcción de la planta de relleno hidráulico 100% relave. Universidad Nacional de ingeniería*. Obtenido de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/677>

Lázaro, M (2007). *Aplicación de relleno hidráulico en la Mina Jimena de Compañía Minera Poderosa S.A.* Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima-Perú.

Padilla, H. & Jambo, Y. (2018). *Propuesta de Minado Subterráneo para incrementar la producción en la Mina Revolución Tres de Octubre N° 2 de Huánuco, periodo 2019.* Universidad Privada del Norte. Cajamarca. Perú. Obtenido de <file:///D:/Downloads/Padilla%20Huari%20Gilmar%20Jes%C3%BAs%20-%20Saucedo%20Jambo%20Yoni.pdf>

Ruiz, N. (2016). *Implementación del Sistema de Relleno Hidráulico en Ranichico para Explotación en la Unidad Minera Pallancata – Hochschild Mining.* Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho. Perú. Obtenido de file:///D:/Downloads/Tesis%20M774_Rui.pdf

Castañeda A., Lezama M., Ampuero J; & Peñaranda. (2015). *Sistema de relleno con mortero de relave para mejorar la confiabilidad del sostenimiento en la minería subterránea.* Universidad de Ciencias Aplicadas. Lima. Perú.

Araujo, A. & Patroni, A. (2017). *Beneficios de la aplicación del Relleno Hidráulico en Cámaras de Minas Subterráneas como un Depósito de Relaves*. Universidad de San Martín de Porres. Lima. Perú.

Gómez, J. & Sánchez, H. (2012). *Evaluación Técnica del Relleno Hidráulico para estabilizar las zonas Explotadas en la Compañía Minera Poderosa SA*. Universidad Nacional de Huancavelica. Huancavelica. Perú.

Vidal, R (2019). *Transportabilidad del relleno en pasta a largas distancias en la empresa Nexa Resources, 2019*. Universidad Continental. Huancayo. Perú.

Cuti, J. (2019). *Determinación de indicadores de Rendimiento en Equipos de Carguío, Acarreo y Transporte para mejorar la Productividad en Mina Chipmo, U.E.A. Orcopampa de Cía. de Minas Buenaventura SAA Arequipa*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Cusco. Perú.

Mendieta, J. (2014). *Optimización de los Costos Operativos en la utilización de Relleno hidráulico en la Unidad Cerro Chico*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima-Perú.

Pantaleón, H. & Carbajal, C. (2017). *Evaluación Geomecánica para el Dimensionamiento, Secuencia de Minado y Relleno de Tajeos de una Mina Subterránea*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima-Perú.

Riveros, J. (2016). *Cálculo de la Productividad Máxima por hora de los Volquetes en el Transporte Minero Subterráneo en la Unidad Minera Arcata 2016*. Universidad Nacional del Altiplano. Puno-Perú.

León, D. (2012). *Estabilidad de los Tajos con Relleno Hidráulico en la Veta Glorita Mina Papagayo de la Compañía Minera Poderosa SA- 2011*. Abancay- Apurímac. Perú.

ANEXOS

ANEXO A

ANEXO A N°1: Ficha Resumen (modelo)



**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA DE MINAS**

Título

Autores

Tipo de investigación

Categoría

Aporte:

ANEXO B**ANEXO B N°1: Ficha Resumen****FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA DE MINAS**

Título	EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UNA MINA SUBTERRÁNEA UTILIZANDO RELLENO CEMENTADO
Número de estudio	E01
Autores	ALONSO RICARDO VIVES ÁVILA
Tipo de investigación	Experimental
Categoría	Transporte de relleno hidráulico para minería subterránea.

Aporte:

Los resultados del estudio permitieron concluir que en el caso base las reservas son de 3,05 [Mton], con una ley media de cobre de 1,59 [%] y la vida útil de la mina son 7 años, mientras que en el caso en donde se rellenan los caserones las reservas mineras son de 6,68 [Mton], con una ley media de cobre de 1,61 [%] y una vida útil de 11 años. Además, al utilizar relleno cementado se tiene un beneficio medioambiental extra, el que está asociado a la disposición final de relaves en la interior mina como un relleno inerte. Se calculó que el 50,2 [%] del relave producido por la planta se aprovecha como relleno. La evaluación económica de ambos proyectos indicó que son viables, presentando ambos un VAN positivo. Para el caso base el VAN fue de 41,1 [MUS\$] y para el caso en que se usó rellenos cementados se obtuvo un VAN igual a 54,8 [MUS\$], lo que implica un aumento de un 33,3 [%] con respecto al caso base. La principal conclusión de este estudio es que el uso de relleno de relaves cementado en una mina de cobre chilena es factible, siendo posible implementarla en yacimientos de otros minerales y en otros lugares de Sudamérica. Además, esta tecnología agrega valor al negocio incrementando los beneficios económicos y la vida útil de la explotación, y reduce el tonelaje de relaves que debe conducirse y depositarse en tranques de relaves. Esto último implica una disminución en inversión, manejo y cierre de los depósitos de residuos mineros como también una disminución de los riesgos asociados (como la contaminación directa del suelo, agua y aire por derrames y por el propio tranque). Por tanto, el negocio es más sustentable.

ANEXO B N°2: Ficha Resumen

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA DE MINAS**

Título	ESQUEMA DE DISEÑO DEL SISTEMA DE RELLENO HIDRÁULICO COMO ELEMENTO BÁSICO DE SOSTENIMIENTO PARA LA REDUCCIÓN DE LOS COSTOS EN EL TRANSPORTE DE PULPA MINA ARCATA
Número de estudio	E02
Autores	RONALD FREDY ORTIZ MAMANI
Tipo de investigación	Experimental
Categoría	Transporte de relleno hidráulico para minería subterránea.

Aporte:

*Se ha definido el esquema de diseño del relleno hidráulico como un elemento básico de sostenimiento considerando el ajuste de los costos de relleno por tonelada en las operaciones de minado.

* Se optimizó el rendimiento del personal de relleno hidráulico sin tiempos muertos, por la modernidad del sistema de relleno.

* El mantenimiento de las tuberías de relleno es único porque es de fierro tipo Esquel 40 clase 15. No existe problemas con rompimiento de tuberías por problemas de presión lo cual sucedía con tuberías de polietileno.

* Se mejoró la densidad del relave de un promedio de 1 700 gr/lt a una densidad de 1 800 gr/lt, lo cual ayuda a tener una buena percolación y evitar hundimientos, los problemas de bombeo fueron superados plenamente por las bombas Schwing 1000 HP.

* Es indiscutible que para obtener mejoras en la eficiencia de operación del RH tendrá que observarse aspectos como la calificada supervisión técnica, un conocimiento gradualmente mejor del procedimiento de trabajo y el empleo del personal idóneo en las operaciones.

* Mientras mayor sea la velocidad del RH, mayor será el desgaste en las tuberías. La proporción de desgaste de tuberías de RH también está directamente en relación al ángulo de inclinación de las mismas. Con un pequeño ángulo de inclinación de la tubería, el desgaste puede llegar de 90 a 95% de la vida útil del tubo.

ANEXO B N°3: Ficha Resumen**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA DE MINAS**

Título	OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE RELLENO HIDRÁULICO MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA TERCERA LÍNEA EN LA RED DE TUBERÍA DE RELLENO HIDRÁULICO EN LA EMPRESA CONSORCIO MINERO HORIZONTE S.A, 2016.
Número de estudio	E03
Autores	RODRIGUEZ REYNA NINAN DEYVI
Tipo de investigación	Experimental
Categoría	Transporte de relleno hidráulico para minería subterránea.

Aporte:

*Se determinó que con el incremento de tubería (tercera línea de relleno hidráulico) de 8030 mts la producción aumenta en un 30%.

*Aumentamos el relleno en labores abandonadas en 83% dando una mayor estabilidad a la mina, sin descuidar las labores de producción.

*Sus propiedades físicas e hidráulicas del relleno nos dan garantía de no tener problemas operativos al momento de rellenar, como formaciones de embudos en el tajo, atoramientos de tubería, dado que estas propiedades están dentro de los parámetros óptimos establecido por otros estudios, con un coeficiente de uniformidad de 5, una velocidad de percolación de 3.24 cm/hr y una velocidad crítica de deposición de 2.5 pies /seg.

* El proyecto es rentable, dado que obtuvimos un VAN de \$29,483.81 y un TIR del 39.32% que son mayor que cero y mayor que la tasa de interés anual respectivamente.

ANEXO B N°4: Ficha Resumen



FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA DE MINAS

Título	APLICACIÓN DE RELLENO HIDRÁULICO PARA ACELERAR EL CICLO DE MINADO EN LA VETA PRINCIPAL-NIVEL 310; EMPRESA ADMINISTRADORA CHUNGAR S.A.C. (EACH), UNIDAD MINERA ANIMON
Número de estudio	E04
Autores	CABEZAS ARMELLON, Percy Mauro.
Tipo de investigación	Experimental
Categoría	Transporte de relleno hidráulico para minería subterránea.

Aportes:

- * La aplicación del relleno hidráulico ofrece una serie de ventajas las cuales se traducen en la reducción de costos, mayor productividad y seguridad operacional.
- * Con la aplicación del relleno hidráulico se considera aprovechar un 40% a 50% del relave producto de los avances de la mina y el tratamiento de minerales, esto se traduce en mayor vida útil de la relavera actual, reduciendo el impacto ambiental negativo y aumentando la rentabilidad del proyecto.
- * Con la aplicación del relleno hidráulico el rendimiento por hombre guardia se incrementará de 4.71 TM/tarea a 9.11 TM/tarea.
- * El consumo cimbras y de madera por tonelada de mineral roto antes de aplicar relleno hidráulico es de 28.40kg/TM, para la madera y 4 cimbras/TM. Aplicando el relleno hidráulico se reduce a 4.6 kg/TM, para la madera y ya no se usarán cimbras.
- * El costo de sostenimiento sin utilizar relleno hidráulico es de 5.99 \$/TM, al aplicar el relleno hidráulico este costo se reducirá a 1.83 \$/TM. Esta diferencia nos representaría de ahorro en sostenimiento básicamente con cimbras y 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. 100
- * Se tomó la decisión de implementar el Silo 4 considerando que desde allí el tendido de las tuberías para llegar a los tajos del Nv 310- Veta principal recorren un tramo mucho más corto, el silo 4 que está ubicado a la entrada de la rampa Terry tiene que tener una ratio de alcance del relleno de 1 a 6. Los cálculos indican que el relleno por un 1 m de vertical tiene un alcance de 7.5 m en horizontal, pero por seguridad se trabajó con la relación de 1 a 6, por toda la rampa Terry.
- * Los análisis granulométricos determinaron que se tiene: D60 = 1893 micras y D10 = 152 micras, con lo cual se obtiene un coeficiente de uniformidad (CU) de 12.45.

ANEXO B N°5: Ficha Resumen



**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA DE MINAS**

Título	DISEÑO DEL SISTEMA DE RELLENO HIDRAULICO CON RELAVE Y CEMENTO PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE TAJEOS EN ZONA VETAS EN LA COMPAÑÍA MINERA CASAPALCA S.A.
Número de estudio	E05
Autores	JULIO BRAULIO CÁRDENAS PAUCARCHUCO
Tipo de investigación	Experimental
Categoría	Transporte de relleno hidráulico para minería subterránea.

Aporte:

- 1) Se ha determinado que la mezcla adecuada para el nuevo diseño del relleno hidráulico que contiene relave, cemento y aditivos, que cumple con lo requerido es aquel con una proporción de 5% de cemento y relave en 95%.
 - 2) El diseño adecuado del relleno hidráulico permite la gran recuperación de mineral y permite la mejora de la seguridad de los pilares de mineral, esto produce continuidad del minado en los niveles inferiores.
 - 3) En las probetas ensayadas con diferentes relaciones se ha obtenido resistencias a la compresión en el ensayo a 28 días cumple con las especificaciones de Compañía. 4) Las propiedades del relave se pueden optimizar cuando se consigue que el valor del slump y también la velocidad de percolación se encuentren dentro de los rangos de los mejores diseños en la elaboración de la pasta de relave.
 - 5) Se tiene un beneficio ambiental porque se consume en el relleno el 82% de los relaves recuperados en la planta de tratamiento metalúrgico sin clasificar aún más los finos.
 - 6) El aporte del estudio de esta investigación, es para mejorar y garantizar una buena resistencia en el relleno (cemento y relave) de los tajos vacíos.
-

ANEXO B N°6: Ficha Resumen**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA DE MINAS**

Título	RELLENO HIDRÁULICO EN MINERA ARIRAHUA S.A. AREQUIPA - 2012
Autores	ALFONSO MAMANI MAMANI
Tipo de investigación	descriptivo y de carácter no-experimental,
Categoría	Transporte de relleno hidráulico para minería subterránea.

Aporte:

- Mediante esta actividad el sistema de relleno hidráulico se realiza previo acondicionamiento del tajo a rellenar el cual hasta formar un nuevo piso más elevado que permita mejorar la capacidad operativa del ciclo de minado, reducir los tiempos del ciclo, incrementar la productividad.
 - La densidad de relleno hidráulico es de 1.76 ton/m³, así como el porcentaje de sólidos 69.85%, en el proceso de la aplicación del relleno hidráulico incluyendo la velocidad crítica es de 2.59m/s, el caudal de relleno hidráulico es de 3.33 lt/seg y por medio de tubería polietileno de (3 pulgadas) de diámetro.
 - El marcado de rasante, puntales de barreras, pampillado, perfilación de corona, serán importantes para la buena realización de un trabajo de relleno hidráulico.
 - Finalmente este tipo de estudio es valioso, ya que aporta información puntual sobre relleno hidráulico que brinda una mayor eficiencia en los tajeos de producción, que permite la extracción del 100% del mineral, reduce la dilución.
-

ANEXO B N°7: Ficha Resumen



FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA DE MINAS

Título	SISTEMA DE RELLENO HIDRÁULICO - U.E.A CERRO DE PASCO
Autores	Santiváñez Ríos, Marco Antonio
Tipo de investigación	descriptivo y de carácter no-experimental,

Categoría	Transporte de relleno hidráulico para minería subterránea.
------------------	--

Aporte:

* El sistema de Relleno Hidráulico es una solución atractiva para rellenar los espacios vacíos dejados en la explotación minera, la facilidad en el transporte y en la deposición de los sólidos hacen que sea un sistema técnicamente y económicamente viables. El término de relleno hidráulico se debe al transporte de sólidos mezclados en un líquido cualquiera que adquiere propiedades hidráulicas. Este sólido transportado debe poseer ciertas características físicas, como una granulometría apropiada, un porcentaje de sólidos en la pulpa, una velocidad de transporte superior a la velocidad crítica para evitar la sedimentación en las tuberías, y otras propiedades más. La pulpa al ser depositados en las labores debe poseer propiedades adicionales como son una velocidad de percolación apropiada, un grado de cohesión para el soporte de los esfuerzos circundantes. Así mismo debe poseer una estabilidad química para evitar la formación de aguas ácidas efecto de la presencia de pirita en su proceso de oxidación del sulfuro y lixiviación de los metales asociados. Este informe expresa todo el proceso del relleno Hidráulico desde su captación en planta concentradora, clasificación, transporte y deposición en las áreas vacías dejadas por la de explotación minera. El contenido del presente trabajo sirve como un manual y guía visualizando la situación actual del relleno y su proyección a futuro, asimismo se tiene el beneficio ambiental debido a la utilización de mayor cantidad de relave. Incluye, además, la infraestructura del sistema de relleno hidráulico, los estándares, PETS, ampliación y reingeniería de la Planta, estadísticas de producción, análisis granulométricos, performance, características del relave (propiedades físicas y químicas), la disposición actual de relave, costos de relleno y los posibles impactos ambientales.

ANEXO B N°8: Ficha Resumen**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA DE MINAS**

Título	CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE RELLENO HIDRÁULICO 100% RELAVE.
Autores	Yalle Guillén, Erles Crefel.
Tipo de investigación	descriptivo y de carácter no-experimental,

Categoría	Transporte de relleno hidráulico para minería subterránea.
------------------	--

Aporte:

* El método de explotación utilizado en su gran mayoría en MARSÁ es el corte y relleno ascendente, por lo que para estabilizar el macizo rocoso dejado por los vacíos de la explotación se usa el relleno hidráulico que es preparado en la planta “El Gigante” cota 4,200 msnm que es una mezcla de arena: relave 1:1 con una capacidad de 15,000 m³ mensuales, el cual ha incrementado el costo debido al agotamiento de las canteras de arena adyacentes a la planta lo que nos obliga transportar los agregados de lugares más distantes (18km ida y vuelta – 1 hora y 10 minutos). La tendencia de las operaciones mineras a seguir bajando a niveles inferiores por el agotamiento de las reservas de mineral en niveles superiores (NV 4080 al NV 3715) hacen antieconómico el traslado de relave fracción gruesa desde el acopio en la relavera hasta la planta de relleno “El Gigante” a 19 km (ida y vuelta - ciclo de 1 hora y 30 minutos). Así como también el desgaste por impacto y abrasión de más de 5000 m de tuberías de acero SCH-80 que bajan de la planta “El Gigante” hasta el NV 3715 donde se instalará la nueva red de la planta 100% relave. Por lo descrito anteriormente se opta por la construcción de una nueva planta de relleno hidráulico “San Andrés” (100% relave) cota 3918 msnm, el cual permitirá reducir los costos de operación del relleno hidráulico.

ANEXO B N°9: Ficha Resumen

Título	APLICACIÓN DE RELLENO HIDRÁULICO EN LA MINA JIMENA DE COMPAÑÍA MINERA PODEROSA S.A.
---------------	---

Autores	Lázaro Wilder Huamán Montes
Tipo de investigación	descriptivo y de carácter no-experimental,
Categoría	Transporte de relleno hidráulico para minería subterránea.

Aporte:

*La aplicación del relleno hidráulico ofrece una serie de ventajas las cuales se traducen en la reducción de costos, mayor productividad y seguridad operacional.

*Con la aplicación del relleno hidráulico se considera aprovechar un 40% a 50% del desmonte producto de los avances de la mina, esto se traduce en mayor vida útil de la desmontará actual, reduciendo el impacto ambiental negativo y aumentando la rentabilidad del proyecto.

ANEXO B N°10: Ficha Resumen**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA DE MINAS**

Título	EVALUACIÓN TÉCNICA DEL RELLENO HIDRÁULICO PARA ESTABILIZAR LAS ZONAS EXPLOTADAS EN LA COMPAÑÍA MINERA
---------------	---

	PODEROSA S.A.
Autores	GOMEZ INADO, Jimny Alberto. SANCHEZ LLERENA, Henry Jhulyano.
Tipo de investigación	
Categoría	Transporte de relleno hidráulico para minería subterránea.

Aporte:

- La aplicación del relleno hidráulico ofrece una serie de ventajas las cuales se traducen en la reducción de costos, mayor productividad y seguridad operacional.
 - Con la aplicación del relleno hidráulico se considera aprovechar un 40% a 50% del desmonte producto de los avances de la mina, esto se traduce en mayor vida útil de la desmontará actual, reduciendo el impacto ambiental negativo y aumentando la rentabilidad del proyecto.
 - Con la aplicación del relleno hidráulico el rendimiento por hombre guardia se incrementará de 4.71 TM/tarea a 9.11 TM/tarea.
 - El costo de sostenimiento sin utilizar relleno hidráulico es de, 5.99 \$/TM, al aplicar el relleno hidráulico este costo se reducirá a 1.85 \$/TM. Esta diferencia nos representa \$ 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.
 - Se tomó la decisión de ubicar la Planta de Relleno Hidráulico en el NV 2575 considerando que para vencer la resistencia de 2,060 m de tendido de tubería para llegar a los tajeas de Jimena 4, la planta de debe de estar ubicado a una altura de 438 m, considerando un ratio de alcance del relleno de 1 a 6 los cálculos indican que el relleno por 1 m de vertical tiene un alcance de 7.5 m en horizontal, pero por seguridad se trabajó con la relación de 1 a 6.
-

ANEXO B N°11: Ficha Resumen

Título	TRANSPORTABILIDAD DEL RELLENO EN PASTA A LARGAS DISTANCIAS EN LA EMPRESA NEXA RESOURCES, 2019.
Autores	RUBÉN DARÍO VIDAL SALINAS
Tipo de investigación	No experimental
Categoría	Transporte de relleno hidráulico para minería subterránea.

Aporte:

- Se determinó el indicador que predomina en la dimensión de la mezcla de agua en la transportabilidad de relleno de pasta a largas distancias con el incremento de la densidad del relleno sin aumentar las presiones de bombeo actuales, desde una densidad inicial de ~2580 (sin aditivo) hasta densidad final mayor a 2800, para mezclas con 3, 4 y 5% de cemento. Tal incremento de densidad se alcanzó con dosis de aditivo de 6.6, 4.7 y 4.1% (en peso de cemento), respectivamente.
 - Se determinó el indicador que predomina en la dimensión de la mezcla de aditivo en la transportabilidad de relleno de pasta a largas distancias con Las mezclas con 5% de cemento y dosis de aditivo de ~4.1% (en peso de cemento) prácticamente duplicaron la resistencia de relleno requerida (0.6 MPa a 28 días) a edad de 7 días y triplicó la resistencia requerida a edad de 28 días.
 - Se determinó el indicador que predomina en la dimensión de tuberías de transporte en la transportabilidad del relleno de pasta a largas distancias en la empresa Nexa Resources de acuerdo a la densidad y slump enviado a interior mina.
-

ANEXO B N°12: Ficha Resumen

Título	BENEFICIOS DE LA APLICACIÓN DEL RELLENO HIDRÁULICO EN CÁMARAS DE MINAS SUBTERRÁNEAS COMO UN DEPÓSITO DE RELAVES. CASO: MINA CONDESTABLE. MALA, CAÑETE.
Autores	ALITHU KAREN ARAUJO FERNÁNDEZ ANDREA PATIÑO PATRONI MÁRQUEZ
Tipo de investigación	No experimental
Categoría	Transporte de relleno hidráulico para minería subterránea.

Aportes:

- Se identificaron los componentes del depósito de relaves subterráneo, siendo estos: la cámara subterránea de capacidad de 24000m³, la red tuberías de HDPE de 4" de longitud total de 760 metros para el transporte de relleno hidráulico y un tapón de concreto de dimensiones de 4.80 metros de ancho, 3.80 metros de alto y 3.75 metros de espesor.
- La mina Condestable se beneficia al identificar los componentes técnicos debido a que se están aprovechando espacios subterráneos vacíos para usarlos como depósitos de relaves y así no usar el depósito superficial. A la vez, se está cumpliendo el deber de cierre de mina progresiva.
- El presupuesto usando relleno hidráulico en cámaras subterráneas fue S/.174,135.67 y el presupuesto usando relleno rocoso fue S/.335,178.85. Los cual arroja una diferencia de S/.161,043.18. Debido a su menor costo, la mina Condestable se beneficia económicamente al usar el relleno hidráulico.
- El tiempo de ejecución usando relleno hidráulico en cámaras subterráneas fue de 3.5 semanas en comparación con el tiempo de ejecución utilizando relleno rocoso el cual fue de casi 7 semanas.

Debido a su menor tiempo de ejecución, la mina Condestable se beneficia en un factor de tiempo.

- Al usar el relleno hidráulico en cámaras subterráneas como depósito de relaves, la mina Condestable está extendiendo la vida útil del depósito superficial en 5.20 días, los cuales se aprovechar para los días en los cuales no hay personal en el depósito superficial.
-

ANEXO B N°13: Ficha Resumen

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA DE MINAS**

Título	ESTABILIDAD DE LOS TAJOS CON RELLENO HIDRÁULICO EN LA VETAGLORITAMINAPAPAGAYODELACOMPANÍAMINERA PODEROSA S.A"- 2011
Autores	Darío LEÓN PAUCAR
Tipo de investigación	No experimental
Categoría	Transporte de relleno hidráulico para minería subterránea.

Aportes:

- La estabilidad de tajos con la utilización de relleno hidráulico dará mayor velocidad de minado.
 - Se reducirá el costo de sostenimiento en 1% por cada m 3.
 - El relleno hidráulico tendrá una densidad de pulpa: 1700g/l, con 66,14% de sólidos.
 - LOS factores financieros calculados considerando un horizonte para el proyecto de tres años y una tasa de interés anual 15% son: VAN:S/ 244 073,14 TIR 75%, Beneficio/Costo 2,21 y recuperación de la Inversión en 3 años
-

ANEXO B N°14: Ficha Resumen

Título	CÁLCULO DE LA PRODUCTIVIDAD MÁXIMA POR HORA DE LOS VOLQUETES EN EL TRANSPORTE MINERO SUBTERRÁNEO EN LA UNIDAD MINERA ARCATA 2016.
Autores	JOSE HUMBERTO RIVEROS MENDOZA
Tipo de investigación	No experimental
Categoría	Transporte de relleno hidráulico para minería subterránea.

Aportes:

Con la determinación de los ciclos totales de acarreo y transporte minero subterráneo con volquetes, se pudo calcular la productividad horaria real en la Unidad Operativa de Arcata, siendo esta 10.156 TM/h como promedio y equivalente al 77.9 % de la productividad máxima siendo esta 13.038 TM/h como promedio.

Los factores que influyen en el cálculo de la productividad son el tiempo, la eficiencia relacionada al equipo y al personal, además del material a transportar.

Con la determinación de la productividad horaria real, se pudo establecer las tarifas unitarias por cada zona de trabajo, las cuales permitan generar un incremento en la facturación de 34.63 % que representa la suma de US\$ 126314.81 hasta fin de año.

El cálculo de la productividad horaria real indica que esta constituye el 77.90 % de la producción óptima posible, debido a lo dilatado del tiempo de carguío en los ore pass.

Se determinó el número óptimo de unidades que permitan cubrir el programa de producción de la empresa, el cual será de 8 volquetes (7 volquetes en operación y 1 en stand by).

ANEXO B N°15: Ficha Resumen**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA DE MINAS**

Título	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RELLENO HIDRÁULICO EN RANICHICO PARA EXPLOTACIÓN EN LA UNIDAD MINERA PALLANCATA – HOCHSCHILD MINING
Autores	Nicanor Ildegar Ruiz Hinojoza.
Tipo de investigación	No experimental
Categoría	Transporte de relleno hidráulico para minería subterránea.

Aportes:

El diseño de la planta de Relleno Hidráulico en la zona de Ranichico contará con una capacidad de 50 m³/hr.; en cual permitirá rellenar progresivamente hasta 600 m³/día cumpliendo con las necesidades que se tenía de 560 m³/día por 12 de producción.

El relleno hidráulico permitirá reducir los pasivos ambientales en un total de 600 m³/día, aproximadamente 150,000 m³ durante los años del minado, generados por el tratamiento de mineral (relave).

En el sistema de relleno en los tajos se usará tubería de HDPE 4” de diámetro, de acuerdo al estudio de la línea piezométrica en la zona de Yurika y Luisa se requerirán bombas para poder cumplir con el objetivo.

La implementación del sistema de relleno tendrá un costo total de inversión es de \$ 408, 342.30 incluyendo obras civiles, Tanque agitador y Accesorios, todo el Sistema de bombeo, presupuesto de excavación, para ello se realizó un estudio comparativo del minado con relleno detrítico e hidráulico dando como resultado costo vs beneficio de 2.17 haciendo viable el proyecto, reduciendo el tiempo de minado en 11 meses.

ANEXO B N°16: Ficha Resumen**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA DE MINAS**

Título	SISTEMA DE RELLENO CON MORTERO DE RELAVE PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD DEL SOSTENIMIENTO EN LA MINERÍA SUBTERRÁNEA
Autores	Silvia Pamela Castañeda Ames Joe Marco Lezama Mendieta José Antonio Ampuero Peñaranda
Tipo de investigación	Artículo
Categoría	Transporte de relleno hidráulico para minería subterránea.

Aportes:

- La presente investigación demuestra una mejora consistente en la confiabilidad del sostenimiento de las minas subterráneas con la aplicación del sistema de relleno con mortero de relave, generándose un valor agregado ambiental que mejora los resultados de la organización.
 - Los resultados de confiabilidad del sostenimiento se incrementan fuertemente en aquellos tajos donde se aplica el sistema de relleno con mortero en comparación con aquellas en las cuales el sistema no se aplica.
 - Se ha demostrado que las aplicaciones de sistemas de sostenimiento basados en el método de relleno con mortero de relave mejoran la confiabilidad del sostenimiento.
 - Las utilizaciones de métodos de relleno con mortero de relave permiten mejorar la capacidad operativa del ciclo de minado, reducir los tiempos del ciclo, incrementar la productividad, mejorar los márgenes, en beneficio de la organización y el ambiente.
 - Las conclusiones pueden ser aplicados por los productores mineros subterráneos que actualmente cuentan con el problema planteado en la presente tesis.
-

ANEXO B N°17: Ficha Resumen



FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA DE MINAS

Título	EVALUACIÓN GEOMECÁNICA PARA EL DIMENSIONAMIENTO, SECUENCIA DE MINADO Y RELLENO DE TAJEOS DE UNA MINA SUBTERRÁNEA
Autores	Hernán Junior Pantaleón Junco Christian Jhonor Carbajal Isidro
Tipo de investigación	
Categoría	Transporte de relleno hidráulico para minería subterránea.

Aportes:

- Debido a la naturaleza del relave (peso específico elevado), a los cambios en la granulometría de finos y gruesos de relaves y a las bajas velocidades de transporte de la pasta, se generan problemas de sedimentación de la pasta en las tuberías.
- Para solucionar el problema de sedimentación, la mina ha optado por añadir agua a la mezcla de la pasta, obteniéndose una disminución del slump de 8.5 a 10 pulgadas, lo que soluciona temporalmente la sedimentación, pero se genera un cambio en la mezcla de diseño.
- Las mediciones de la resistencia del relleno in-situ presentan valores en el orden de 0.2 a 0.3 MPa, lo cual difiere en gran medida con la resistencia de relleno requerida para las configuraciones de paredes expuestas de relleno, que deben ser mayores a 0.7 MPa. Esta deficiencia en la resistencia del relleno se evidencia en el desprendimiento del mismo cuando se desarrollaba explotación de los tajeos secundarios.
- Se realizó el análisis mediante el criterio de estimación de la resistencia del relleno (Mitchell, 1983) para determinar la resistencia del relleno necesaria que garantice la estabilidad de las paredes expuestas. Dado que se ha recomendado una longitud de tajeo igual a 20 m y la secuencia de minado planteado establece como máximo la explotación de dos tajeos primarios (columnas de tajeos) antes de la explotación respectiva del tajeo secundario, las resistencias del relleno necesarias son: 0.5 MPa, para el caso de una pared expuesta de relleno de 30 m de alto x 20 m de ancho, y una resistencia de 0.63 MPa para una pared expuesta de relleno 60 m de alto x 20 m de ancho.
- Se concluye la necesidad de realizar mayores ensayos reológicos y de diseño de mezcla para determinar los componentes o aditivos que permitan obtener una mezcla más homogénea, que garantice resistencia de la pasta a través del tiempo.

ANEXO B N°18: Ficha Resumen

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA DE MINAS

Título	DETERMINACIÓN DE INDICADORES DE RENDIMIENTO EN EQUIPOS DE CARGUÍO, ACARREO Y TRANSPORTE PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN MINA CHIPMO, U.E.A. ORCOPAMPA DE CÍA. DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A. AREQUIPA.
Autores	JULIO CESAR CUTI TANCAYLLO
Tipo de investigación	
Categoría	Transporte de relleno hidráulico para minería subterránea.

Aportes:

- Con el presente estudio se determinó indicadores de rendimiento en los equipos de carguío, acarreo y transporte; al finalizar el periodo de prueba se logró obtener 86.4% y 88.8% de Disponibilidad y 78.4% y 83.8% de Utilización en los Scooptram y Dumper respectivamente, valores que se encuentran por encima del valor establecido, 85% de Disponibilidad y 75% de Utilización.

- Los parámetros necesarios para determinar la Disponibilidad, Utilización, Tiempo Medio entre Fallas (MTBF) y el Tiempo Medio de Reparación (MTTR) se obtienen de las horas programadas por mes (540 horas), horas mínimas de operación por mes (420 horas), horas de operación por mes y las horas de mantenimiento; al finalizar el periodo de prueba se logró obtener 388.2 y 425.4 horas de operación en los Scooptram y Dumper respectivamente, valores muy cercanos a las horas mínimas de operación.

- Del estudio de tiempos realizado en la zona Nazareno se determinó el ciclo real de carguío, acarreo y transporte; se determinó que el ciclo de acarreo considera una distancia máxima de acarreo de 150 m con un máximo de 5.92 minutos por viaje y un rendimiento de 49.85 Ton/hora; el carguío considera 3.40 minutos por Dumper y se determinó que el ciclo de transporte considera una distancia máxima de transporte de 1000 m con un máximo de 26.60 minutos por viaje y un rendimiento de 30.30 Ton/hora.

ANEXO B N°19: Ficha Resumen**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA DE MINAS**

Título	OPTIMIZACIÓN DE LOS COSTOS OPERATIVOS EN LA UNIDAD CERRO CHICO
Autores	Luis Alberto Mendieta Britto
Tipo de investigación	
Categoría	Transporte de relleno hidráulico para minería subterránea.

Aportes:

Se concluye que es posible optimizar los costos de minado dentro de una operación, realizando estudios técnicos y orientados al constante análisis de las oportunidades de mejora.

Los ensayos realizados a las probetas de relleno hidráulico han permitido concluir que la proporción 1/25 cumple con los requisitos de seguridad ya que alcanzan resistencias de 0.4 MPa o superiores a este.

Finalmente se concluye que la optimización de los costos de minado debido a la implementación del sostenimiento mecanizado, implementación de un método Bench & Fill y la implementación de la proporción de cemento 1/25 en el relleno hidráulico es posible ya que la evaluación económica nos dio como resultado un ahorro de 1.6 millones de dólares frente a las condiciones actuales de la mina a lo largo de la vida de la mina.

ANEXO B N°20: Ficha Resumen

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA DE MINAS**


Título	PROPUESTA DE MINADO SUBTERRÁNEO PARA INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA MINA REVOLUCIÓN TRES DE OCTUBRE N° 2 DE HUÁNUCO, PERIODO 2019
Autores	Luis Alberto Mendieta Britto
Tipo de investigación	
Categoría	Transporte de relleno hidráulico para minería subterránea.

Aportes:

Para el año 2019 la inversión asciende a US\$ 4'228,535 para un avance de 5,011m, con un costo del método de Corte y Relleno de US\$ 237,215 por año; Shrinkage Dinámico de US\$ 415,150 por año y Sub Level Stopping de US\$ 562,408 por año. El cronograma de inversiones es para un periodo de 4 años. La evaluación económica realizada de manera específica con un Costo de Oportunidad de Capital del 12%, para este proyecto nos indica que es viable y rentable: VAN Corte y Relleno: 3'881,005; TIR Corte y Relleno: 45 %; B/C 1.92. El periodo de retorno de la inversión inicial con el método de Corte y Relleno es de 2 años. VAN Shrinkage Dinámico: 5'952,496; TIR Shrinkage Dinámico: 84%; B/C 2.41. El periodo de retorno de la inversión inicial con el método de Shrinkage Dinámico es de 1 año. VAN Sub Level Stopping: 9'095,572; TIR Sub Level Stopping: 159%; B/C: 3-15. El periodo de retorno de la inversión inicial con el método de Sub Level Stopping es de 6 meses.


ANEXO B N°21:

INSTRUMENTOS DE VALIDACIÓN – ING. EDUARDO MANUEL NORIEGA VIDAL

	<p>“Estudio del transporte de relleno hidráulico para la estabilidad de pilares en minas subterráneas, región La Libertad - 2022”</p> <p><i>INSTRUMENTOS DE VALIDACIÓN-ING.</i></p> <p>SOLICITO: Validación de instrumento de investigación</p> <p>Ing. EDUARDO MANUEL NORIEGA VIDAL</p> <p>Docente de la Universidad Prada del Norte</p> <p>Yo Kevin Luzgardo Muñoz Rodríguez y César Nick Bravo Torres estudiantes del Pregrado de la escuela profesional de Ingeniería de Minas de la Universidad Privada del Norte, nos dirigimos respetuosamente para expresarle lo siguiente:</p> <p>Que siendo necesario contar con la validación de los instrumentos para recolectar datos que nos permitan contrastar las hipótesis propuestas en nuestra investigación titulada: " Estudio del transporte de relleno hidráulico para la estabilidad de pilares en minas subterráneas, región La Libertad – 2022" Solicitamos a Ud. tenga a bien validar como juez experto en el tema, para ello acompaño los documentos siguientes:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Informe de validación del instrumento2. Matriz de Operacionalización de las variables3. Instrumento: Ficha Resumen <p>Le agradezco anticipadamente a Ud. Por la atención a la presente solicitud</p> <p style="text-align: right;">Atentamente</p> <p style="text-align: right;">Trujillo, 3 de abril del 2023</p> <hr/> <p style="text-align: right;">Estudiante(s) del Pregrado</p>
---	---

ANEXO B N°22:

INSTRUMENTOS DE VALIDACIÓN – ING. EDUARDO MANUEL NORIEGA VIDA


TALLER DE TESIS 2

MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS

Título de la investigación:	"ESTUDIO DEL TRANSPORTE DE RELLENO HIDRÁULICO PARA LA ESTABILIDAD DE PILARES EN MINAS SUBTERRANEAS, REGIÓN LA LIBERTAD-2022"		
Línea de investigación:	GESTIÓN DE DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE PLANTAS DE RELLENO HIDRÁULICO		
Apellidos y nombres del experto:	EDUARDO MANUEL NORIEGA VIDAL		
El instrumento de medición pertenece a la variable:	CONSISTENCIA DE RELLENO HIDRAULICO		

Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.


Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgadas?	X		
7	¿Cada una de las preguntas del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	X		
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
9	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición?	X		
10	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
11	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		

Sugerencias:

Firma del experto:

D.N.I. N°:43236142
N° de colegiatura:143734
Teléfono N°:940299220

Fuente: Elaboración propia




Eduardo Manuel Noriega Vidal
INGENIERO DE MINAS
C.P. 143734

Módulo 01
pág. 1

ANEXO B N°23:

INSTRUMENTOS DE VALIDACIÓN – ING. JESUS GABRIEL VILCA PEREZ

 "Estudio del transporte de relleno hidráulico para la estabilidad de pilares en minas subterráneas, región La Libertad - 2022"

INSTRUMENTOS DE VALIDACIÓN-ING.

SOLICITO: Validación de instrumento de investigación

Ing. JESUS GABRIL VILCA PEREZ
Docente de la Universidad Prada del Norte

Yo Kevin Luzgardo Muñoz Rodríguez y César Nick Bravo Torres estudiantes del Pregrado de la escuela profesional de Ingeniería de Minas de la Universidad Privada del Norte, nos dirigimos respetuosamente para expresarle lo siguiente:

Que siendo necesario contar con la validación de los instrumentos para recolectar datos que nos permitan contrastar las hipótesis propuestas en nuestra investigación titulada: " Estudio del transporte de relleno hidráulico para la estabilidad de pilares en minas subterráneas, región La Libertad – 2022" Solicitamos a Ud. tenga a bien validar como juez experto en el tema, para ello acompaño los documentos siguientes:

1. Informe de validación del instrumento
2. Matriz de Operacionalización de las variables
3. Instrumento: Ficha Resumen

Le agradezco anticipadamente a Ud. Por la atención a la presente solicitud

Atentamente
Trujillo, 3 de abril del 2023

Estudiante(s) del Pregrado

ANEXO B N°24:

INSTRUMENTOS DE VALIDACIÓN – ING. JESUS GABRIEL VILCA PEREZ

MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS

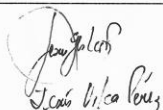
Título de la investigación:	"ESTUDIO DEL TRANSPORTE DE RELLENO HIDRAULICO PARA LA ESTABILIDAD DE PILARES EN MINAS SUBTERRANEAS, REGIÓN LA LIBERTAD-2022"
Línea de investigación:	GESTIÓN DE DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE PLANTAS DE RELLENO HIDRÁULICO
Apellidos y nombres del experto:	JESUS GABRIEL VILCA PEREZ
El instrumento de medición pertenece a la variable:	CONSISTENCIA DEL RELLENO HIDRAULICO

Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "X" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.

Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgadas?	X		
7	¿Cada una de las preguntas del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	X		
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
9	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición?	X		
10	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
11	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		


Sugerencias:

Firma del experto:


 Jesús Vilca Pérez
 CIP 189681 - DNI N° 41779520

ANEXO B N°25:

INSTRUMENTOS DE VALIDACIÓN – ING. RICARDO ANTONIO SAAVEDRA ZAPATA

 "Estudio del transporte de relleno hidráulico para la estabilidad de pilares en minas subterráneas, región La Libertad - 2022"

INSTRUMENTOS DE VALIDACIÓN-ING.

SOLICITO: Validación de instrumento de investigación

Ing. RICARDO ANTONIO SAAVEDRA ZAPATA
Docente de la Universidad Prada del Norte

Yo Kevin Luzgardo Muñoz Rodríguez y César Nick Bravo Torres estudiantes del Pregrado de la escuela profesional de Ingeniería de Minas de la Universidad Privada del Norte, nos dirigimos respetuosamente para expresarle lo siguiente:

Que siendo necesario contar con la validación de los instrumentos para recolectar datos que nos permitan contrastar las hipótesis propuestas en nuestra investigación titulada: " Estudio del transporte de relleno hidráulico para la estabilidad de pilares en minas subterráneas, región La Libertad – 2022" Solicitamos a Ud. tenga a bien validar como juez experto en el tema, para ello acompaño los documentos siguientes:

1. Informe de validación del instrumento
2. Matriz de Operacionalización de las variables
3. Instrumento: Ficha Resumen

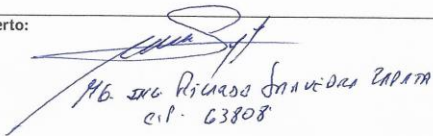
Le agradezco anticipadamente a Ud. Por la atención a la presente solicitud

Atentamente
Trujillo, 3 de abril del 2023

Estudiante(s) del Pregrado

ANEXO B N°26:

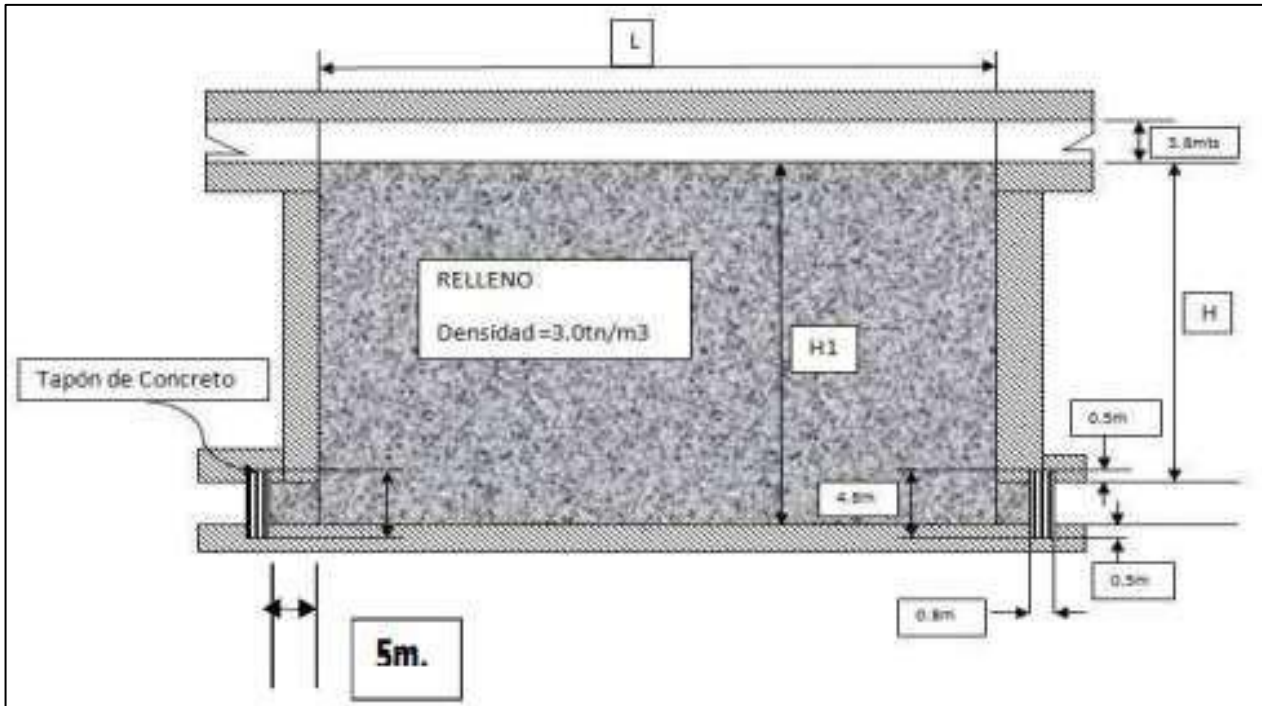
INSTRUMENTOS DE VALIDACIÓN – ING. RICARDO ANTONIO SAAVEDRA ZAPATA

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		TALLER DE TESIS 2		
MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS				
Título de la investigación:	"ESTUDIO DEL TRANSPORTE DE RELLENO HIDRAULICO PARA LA ESTABILIDAD DE PILARES EN MINAS SUBTERRANEAS, REGIÓN LA LIBERTAD-2022"			
Línea de investigación:	GESTIÓN DE DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE PLANTAS DE RELLENO HIDRÁULICO			
Apellidos y nombres del experto:	RICARDO ANTONIO SAAVEDRA ZAPATA			
El instrumento de medición pertenece a la variable:	CONSISTENCIA DEL RELLENO HIDRAULICO			
<p>Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.</p>				
Items	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	✓		<i>Falta de Resumen</i>
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	✓		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	✓		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	✓		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	✓		
6	¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgadas?	✓		
7	¿Cada una de las preguntas del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	✓		
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	✓		
9	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición?	✓		
10	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	✓		
11	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	✓		
Sugerencias:				
Firma del experto:  Ing. Ricardo Saavedra Zapata CIP. 63808				
Módulo 01		pág. 1		

ANEXO C

ANEXO N°1

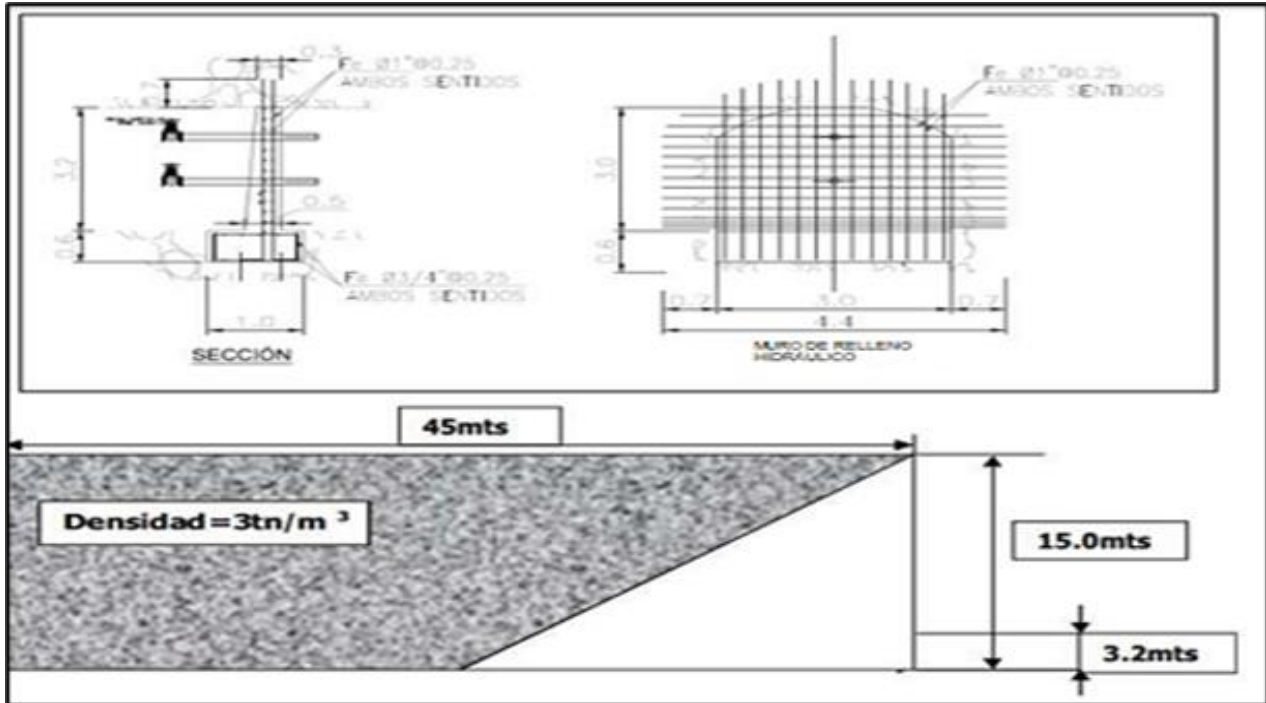
FIGURA 13 Esquema del tapón de concreto Tomado del Departamento de Ingeniería de Minas -Universidad Nacional de Ingeniería (Robles, 2020)



Fuente: Facultad de ingeniería – Universidad Nacional de Ingeniería

ANEXO N° 2

FIGURA 14 Propiedades de la tapa de hormigón Tomado del departamento de diseño.



Fuente: Facultad de ingeniería – Universidad Nacional de Ingeniería

ANEXO N° 3

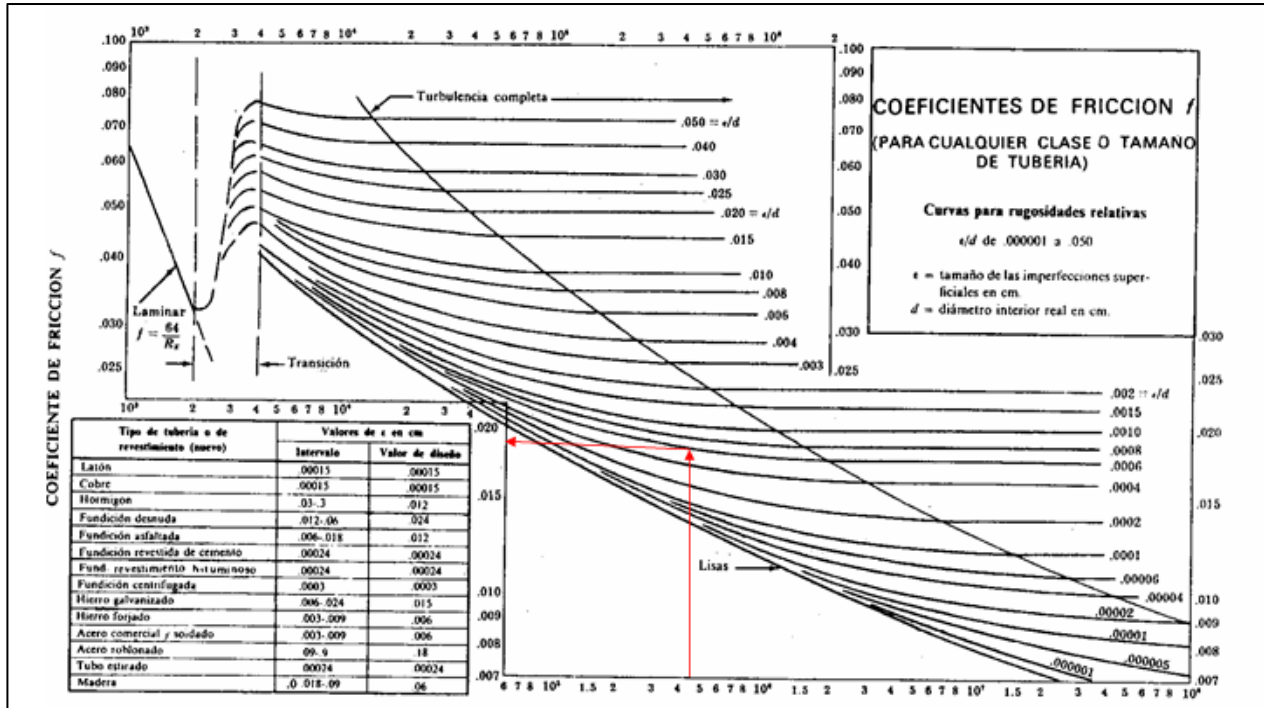
FIGURA 15 Recorrido de mixer transportadora de Relleno Hidráulico desde Unidad minera Pallancata

Fuente: Facultad de ingeniería – Universidad Nacional del Altiplano



ANEXO N° 4

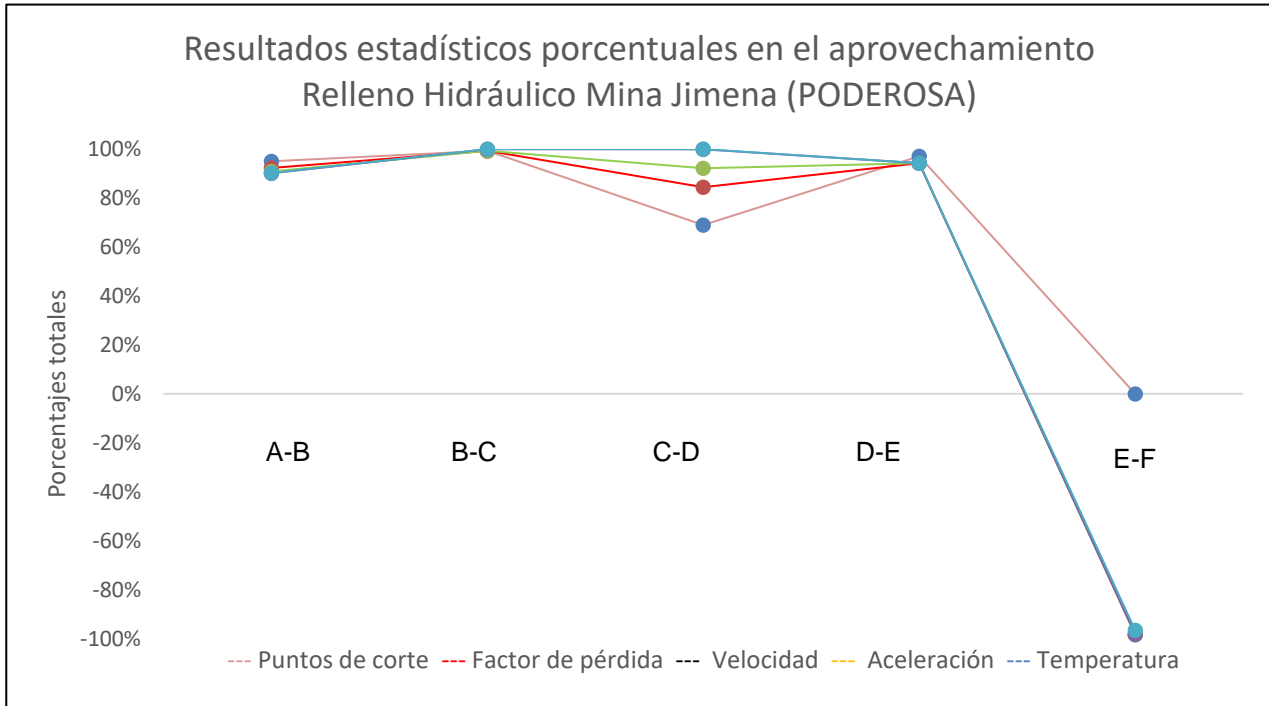
FIGURA 16 Diagrama de Moody



Coefficientes de fricción - Diagrama de Moody

ANEXO N° 5

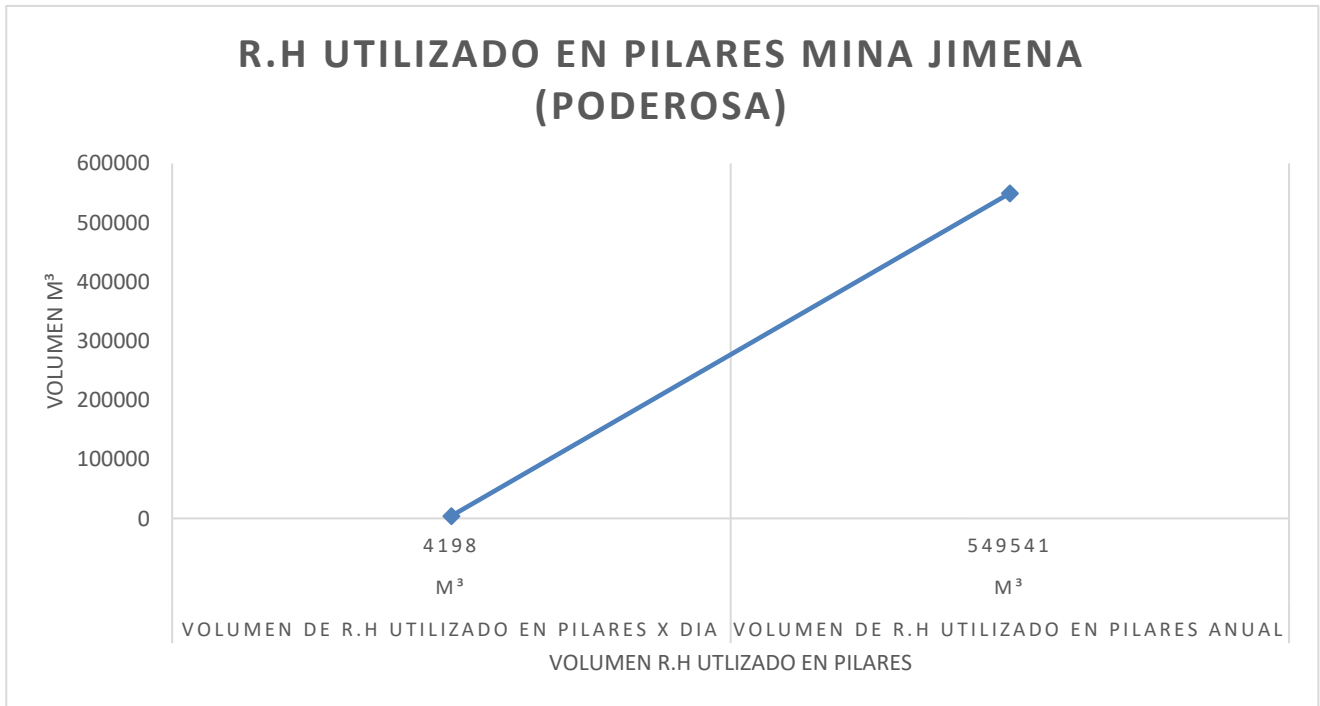
FIGURA 17 Resultados estadísticos cuantitativos en el aprovechamiento de Relleno Hidráulico aplicando el factor de pérdida de relleno hidráulico en la mina Jimena



Parámetros principales en el aprovechamiento de relleno hidráulico de las galerías.

ANEXO N° 6

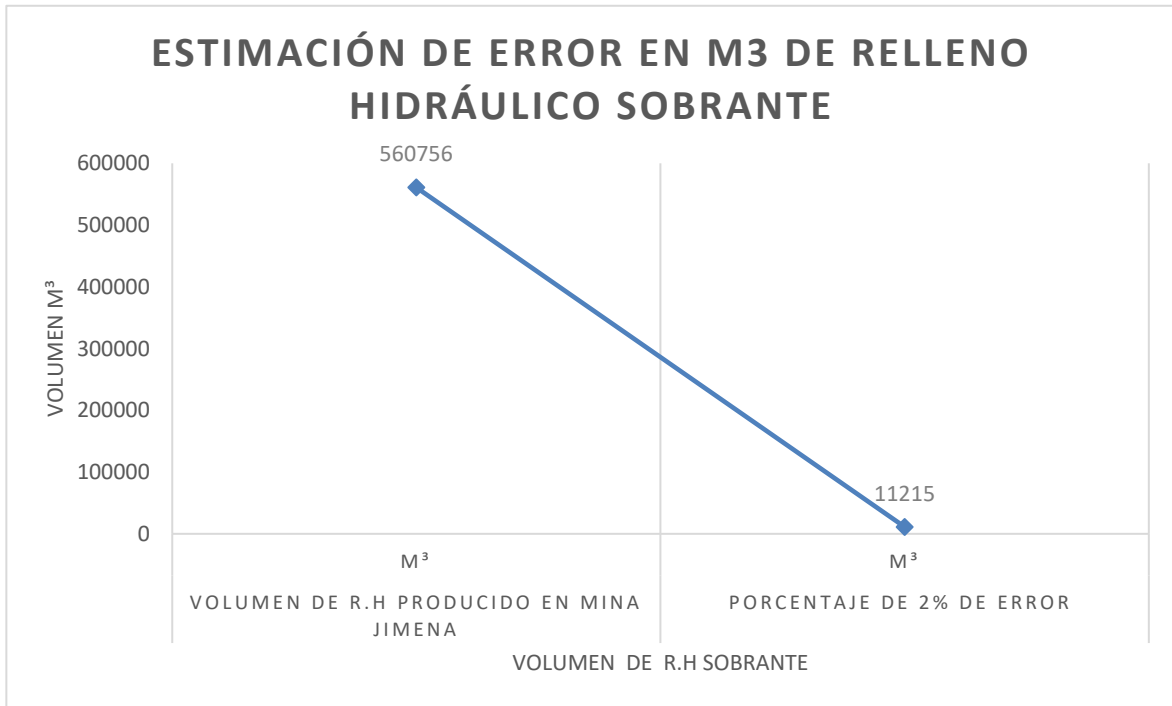
FIGURA 18 Volumen de Relleno Hidráulico en m³ reutilizado en Pilares



Volumen de relleno que es reutilizado en pilares en mina Jimena (Poderosa)

ANEXO N° 7

FIGURA 19 Estimación de error en m³ de Relleno Hidráulico



Estimación error m³ en mina Jimena (Poderosa)

ANEXO D MATRIZ DE CONSISTENCIA

ESTUDIO DEL TRANSPORTE DE RELLENO HIDRÁULICO PARA LA ESTABILIDAD DE PILARES EN MINAS SUBTERRÁNEAS, REGIÓN LA LIBERTAD-2022.

Problema.	Hipótesis	Objetivos muestra	Variable	Metodología	Población y	Indicadores
¿De qué manera un estudio del transporte de relleno hidráulico mejorará la estabilidad de pilares en minas subterráneas, región La Libertad – 2022?	Realizar el estudio de transporte de relleno hidráulico para la estabilidad de pilares en minas subterráneas el cual permitirá encontrar los beneficios técnicos y sistemas más óptimos que deben emplearse o considerarse en la actividad minera subterránea.	<p>GENERAL: Realizar el estudio del transporte de relleno hidráulico para la estabilidad de pilares en minas subterráneas, región La Libertad – 2022.</p> <hr/> <p>ESPECÍFICOS: O.E.1. Analizar los resultados de los artículos acerca de los beneficios técnicos del transporte hidráulico para la estabilidad de pilares en las minas subterráneas. O.E.2. Analizar los resultados de los artículos acerca del método o sistema más oportuno en el transporte del relleno hidráulico para minas subterráneas. O.E.3. Realizar una evaluación en función al procedimiento de transporte de relleno hidráulico, para mejorar la estabilidad de pilares, teniendo en cuenta el factor de seguridad (medioambiental y porcentaje de pérdida), en minas subterráneas, región La Libertad -2022.</p>	<p>VARIABLE: Transporte de relleno hidráulico.</p>	<p>Tipo de investigación: Por el propósito: Aplicada</p> <p>Diseño: No Experimental-Descriptivo y longitudinal</p> <p>Técnica: Análisis Documental.</p> <p>Instrumento: Fichas Resumen.</p>	<p>POBLACIÓN Todos los estudios del transporte de relleno hidráulico para la estabilidad de pilares en minas subterráneas, 2020.</p> <hr/> <p>MUESTRA La muestra estará representada 20 investigaciones.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Esfuerzo de carga de relleno hidráulico • Evaluación de mejora en la estabilidad de pilares • Factor de pérdida de relleno hidráulico • Transporte de relleno hidráulico • Beneficios medioambientales