

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Mejoramiento del diseño del shotcrete utilizando aditivo hiperplastificante GLENIUM TC-1300 para reducir la cantidad de shotcrete utilizada en rehabilitación de labores mineras subterráneas”

Para obtener el título profesional de Ingeniero de Minas

Elaborado por

José Miguel Paredes Jacinto

 0009-0002-1299-7269

Asesor

MBA. Victor Manuel Hernández Díaz

 0000-0002-6505-0733

LIMA – PERÚ

2023

Citar/How to cite	Paredes Jacinto [1]
Referencia/Reference	[1] J. Paredes Jacinto, " <i>Mejoramiento del diseño del shotcrete utilizando aditivo hiperplastificante GLENIUM TC-1300 para reducir la cantidad de shotcrete utilizada en rehabilitación de labores mineras subterráneas</i> " [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2023.
Estilo/Style: IEEE 2020)	

Citar/How to cite	(Paredes, 2023)
Referencia/Reference	Paredes, J. (2023). <i>Mejoramiento del diseño del shotcrete utilizando aditivo hiperplastificante GLENIUM TC-1300 para reducir la cantidad de shotcrete utilizada en rehabilitación de labores mineras subterráneas</i> . [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

Dedicatoria

A mis amados padres,

Este logro no es solo mío, sino también el reflejo de la dedicación, el amor y la guía inquebrantable que me han brindado a lo largo de mi vida. Vuestras enseñanzas y ejemplo han sido la luz que iluminó mi camino hacia este momento.

A mi madre, cuyo sacrificio y fortaleza infinita han sido mi mayor inspiración. Tu fuerza y palabras de apoyo constante han sido el impulso detrás de cada paso que he dado.

A mi padre, figura ejemplar de paciencia y amor, agradezco tus palabras alentadoras y de comprensión. Tu firmeza y confianza en mí me han dado la fortaleza para superar los desafíos.

A ustedes, mis queridos padres, dedico con profundo agradecimiento este trabajo

Con amor y gratitud,

José Miguel

Agradecimientos

En este punto crucial de mi carrera académica, deseo expresar mi profundo agradecimiento a todas las personas e instituciones que desempeñaron un papel fundamental en la realización de esta investigación. Este viaje académico ha sido posible gracias al apoyo generoso y la colaboración de muchas personas.

En primer lugar, a la Universidad Nacional de Ingeniería, mi alma mater y casa de estudios, agradezco por proporcionar el marco académico y los recursos necesarios para llevar a cabo esta investigación. La excelencia académica y el compromiso con la investigación han sido pilares fundamentales en mi formación, y estoy agradecido por la oportunidad de contribuir al conocimiento en este entorno académico.

No puedo dejar de expresar mi agradecimiento a mi familia, el pilar fundamental de mi vida. A mi esposa, Melizza, quiero destacar su apoyo inquebrantable y su comprensión durante todo este proceso. Su paciencia y aliento fueron mi mayor fuente de motivación, y estoy agradecido por tener a alguien tan increíble a mi lado.

Finalmente, a mis asesores académicos agradezco su orientación experta, comentarios constructivos y dedicación a mi desarrollo intelectual.

En resumen, este logro no habría sido posible sin el aporte de cada persona y entidad mencionada anteriormente. Cada uno ha dejado una huella significativa en esta investigación y en mi trayectoria académica. A todos, les ofrezco mi más sincero agradecimiento.

Resumen

El presente trabajo de suficiencia profesional tuvo como objetivo principal obtener mejoras en el diseño del shotcrete usando el aditivo hiperplastificante GLENIUM TC-1300 con el propósito de reducir los volúmenes de shotcrete usado para la rehabilitación del sostenimiento de las labores mineras. Para esto se realizaron pruebas de resistencia temprana al sostenimiento antes y después de la modificación, empleando un penetrómetro de aguja y una pistola Hilti. Los resultados demostraron que, el diseño de shotcrete con aditivo hiperplastificante GLENIUM TC alcanza una resistencia a las 4 horas superior al shotcrete con aditivo plastificante Rheobuild en una proporción del 47%. Por su parte, el volumen de shotcrete modificado usado en los trabajos de rehabilitación, en el año 2015, resultó ser menor al volumen de shotcrete con diseño anterior, representando una disminución del 37%. Se concluyó que, al reemplazar el aditivo plastificante Rheobuild 1000 por el Hiperplastificante GLENIUM TC – 1300 se obtiene una mejora en la resistencia temprana del shotcrete.

Palabras claves — resistencia a compresión, shotcrete, sostenimiento, mina, hiperplastificante.

Abstract

The main objective of this professional proficiency work was to obtain improvements in the design of the shotcrete using the hyperplasticizing additive Glenium TC-1300 with the purpose of reducing the volumes of shotcrete used for the rehabilitation of the maintenance of mining works. For this, early support resistance tests were carried out before and after the modification, using a needle penetrometer and a Hilti gun. The results showed that the shotcrete design with GLENIUM TC hyperplasticizing additive achieves a 4-hour resistance higher than the shotcrete with Rheobuild plasticizing additive in a proportion of 47%. For its part, the volume of modified shotcrete used in the rehabilitation works, in 2015, turned out to be less than the volume of shotcrete with the previous design, representing a decrease of 37%. It was concluded that, by replacing the Rheobuild 1000 plasticizer additive with the GLENIUM TC – 1300 hyperplasticizer, an improvement in the early strength of the shotcrete was obtained.

Keywords — compressive strength, shotcrete, support, mine, hyperplasticizer.

Tabla de Contenido

	Pág.
Resumen	v
Abstract	vi
Introducción	xi
Capítulo I. Parte introductoria del trabajo	1
1.1 Generalidades.....	1
1.2 Descripción del Problema de Investigación	2
1.2.1 Formulación del problema	4
1.2.2 Problemas Específicos.....	4
1.3 Objetivo del Estudio	4
1.3.1 Objetivo General	4
1.3.2 Objetivos Específicos.....	4
1.4 Hipótesis	4
1.4.1 Hipótesis general	4
1.4.2 Hipótesis específicas	5
1.5 Antecedentes de la Investigación	5
1.5.1 Antecedentes internacionales	5
1.5.2 Antecedentes nacionales	6
Capítulo II. Marcos teórico y conceptual	8
2.1 Marco teórico	8
2.1.1 Shotcrete.....	8
2.1.2 Componentes del shotcrete	8
2.1.3 Formas de aplicación	12
2.1.4 Ventajas y desventajas de las formas de aplicación	13
2.1.5 Principales propiedades del shotcrete.....	14
2.1.6 Resistencias Tempranas	15
2.1.7 Principales propiedades del shotcrete.....	15

2.2	Métodos de Minado.....	16
2.2.1	Sub Level Stopping.....	16
2.2.2	Sub Level Caving.....	17
2.3	Marco conceptual.....	18
Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación		19
3.1	Recolección de datos.....	19
3.2	Procesamiento de datos.....	22
3.2.1	Levantamiento de la información previa	22
3.2.2	Resistencia temprana del shotcrete	24
3.2.3	Volúmenes de material empleado	27
Capítulo IV. Análisis y discusión de los resultados		30
Conclusiones		32
Recomendaciones		33
Referencias bibliográficas.....		34
Anexos		1

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1: Límites de clasificación para agregados combinados	10
Tabla 2: Comparativo de eficiencia de los plastificantes.....	11
Tabla 3: Ventajas y desventajas de las formas de aplicación	13
Tabla 4: Dominio estructural y calidad de roca, mina Limpe Centro	20
Tabla 5: Tipo de sostenimiento usado en la mina.....	21
Tabla 6: Ubicación de las labores en las que realizaron las pruebas.....	22
Tabla 7: Diseño de shotcrete usado	23
Tabla 8: Volumen de shotcrete consumido.....	23
Tabla 9: Resistencias tempranas del diseño de shotcrete usado	24
Tabla 10: Resistencias tempranas del shotcrete usado (4 horas).....	25
Tabla 11: Diseño de shotcrete con incremento del plastificante Rheobuild.....	25
Tabla 12: Diseño de shotcret econ adición de hiperplastificante GLENIUM	26
Tabla 13: Resistencias tempranas de los diseños de shotcrete propuestos	26
Tabla 14: Diseño de shotcrete 280kg/cm2 con adición de hiperplastificante GLENIUM ..	27
Tabla 15: Resistencias tempranas del diseño de shotcrete 280kg/cm2 con hiperplastificante GLENIUM	27
Tabla 16: Volúmenes de shotcrete consumido	28

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1: Volumen de Shotcrete usado para rehabilitación	3
Figura 2: Forma de aplicación de shotcrete vía seca	12
Figura 3: Forma de aplicación de shotcrete vía húmeda	13
Figura 4: Metodo de Minado Sub Level Stopping.....	16
Figura 5: Metodo de Minado Sub Level Caving.....	17
Figura 6: Penetrómetro usado para medir la resistencia del shotcrete	19
Figura 7: Pistola Hilti usada para medir la resistencia del shotcrete	20
Figura 8: Porcentaje de shotcrete empleado en resane	24
Figura 9: Shotcrete de resane consumido.....	28

Introducción

El presente trabajo de suficiencia profesional tiene como propósito mejorar el diseño del shotcrete para reducir el volumen de material usado en la rehabilitación de las labores mineras a causa de la falla prematura del sostenimiento debido a las bajas resistencias iniciales del material. El informe de investigación está compuesto por cuatro capítulos los cuales se describen a continuación:

Capítulo I. Introducción: el cual contiene la descripción de la realidad problemática, la formulación del problema, el planteamiento de los objetivos de estudio, las hipótesis y los antecedentes relacionados a la investigación.

Capítulo II. Marco teórico y conceptual: contiene las bases teóricas de la investigación y las definiciones conceptuales relacionadas al tema.

Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación: contiene la descripción de la recolección de datos, levantamiento de la información previa y los resultados de los ensayos realizados.

Capítulo IV. Análisis y discusión de los resultados: se presenta la discusión de los resultados obtenidos en base a los estudios previos relacionados al tema.

Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

Capítulo I. Parte introductoria del trabajo

1.1 Generalidades

Los accidentes ocurridos en las minas subterráneas generalmente se encuentran asociados a los desprendimientos de rocas. En este sentido, se han desarrollado técnicas de soporte para proveer refuerzo y estabilidad en el área de trabajo, entre los que se destaca el concreto proyectado, llamado shotcrete, mostrando ventajas frente a otros tipos de sostenimientos, aunque su uso también presenta limitaciones que dependen de las propiedades del macizo rocoso (Kanda & Stacey, 2021). Para que el concreto proyectado sea adecuado para cumplir con su función, debe contar con ciertas propiedades entre las que se destaca la resistencia mecánica que es capaz de desarrollar a edades tempranas. Dichas propiedades dependen en gran medida de las características de sus componentes, proporción y proceso de mezclado (Cechin et al., 2018).

En este caso, el uso de aditivos es indispensable para lograr las propiedades requeridas del producto final. Destaca el uso de plastificantes y superplastificantes, aditivos que permiten disminuir la cantidad de agua empleada en la producción del concreto sin que se pierda trabajabilidad (Baricevic et al., 2018). Actualmente, se ha comprobado que la incorporación de aditivos plastificantes o superplastificantes confieren mejores propiedades físico – mecánicas al concreto, mejorando su trabajabilidad en estado fresco con una relación agua cemento relativamente baja, además de mejorar su resistencia y durabilidad (Chumán & Rivas, 2020).

El presente estudio se desarrolla en la mina Iscaycruz, donde se hace uso de un diseño de shotcrete vía húmeda con aditivos de naftalenos que ha presentado un alto índice de fallas prematuras, por lo tanto, se ha hecho necesario la ejecución de tareas de resane y rehabilitación, lo que significa gastos adicionales de material y de horas hombre. Por tal motivo, se busca poner a prueba el desempeño de aditivos de policarboxilatos con el propósito de alcanzar una mejora en la resistencia temprana del concreto, y disminuir las cantidades de shotcrete usado en la rehabilitación de las labores de preparación.

1.2 Descripción del Problema de Investigación

La minería es una de las actividades más reconocidas a nivel mundial, sin embargo, también es conocida como una de las actividades con más registros de incidentes y accidentes a causa de la presencia de muchos peligros y riesgos en cada una de sus áreas de trabajo principalmente asociados al desprendimiento de rocas, motivo por el cual se han desarrollado una gran variedad de métodos de sostenimiento para las labores mineras entre los que se destacan el sostenimiento con shotcrete (Bujaico, 2020).

El shotcrete es un tipo de concreto especial que es aplicado a alta velocidad sobre las superficies donde se adhiere de forma inmediata, este tipo de concreto tiene como principal característica el rápido fraguado y desarrollo temprano de la resistencia a compresión, lo que lo convierte en el candidato ideal para labores de sostenimiento en minería subterránea (Galán et al., 2018).

Dado que la explotación de mineral en minas subterráneas resulta una tarea cada vez más complicada, puesto que las distancias a las que se encuentran las reservas de mineral son cada vez más alejadas de la superficie, se han realizado numerosas investigaciones enfocadas en lograr mejoras en el sistema de lanzado, adherencia y resistencia a compresión del shotcrete usado para el sostenimiento. Para esto es necesario hacer uso de aditivos que otorguen mayor trabajabilidad sin aumentar el contenido de agua y que, a su vez, permita reducir el tiempo de fraguado y alcanzar mayores resistencias iniciales, es allí donde adquieren importancia los aditivos reductores de agua o aditivos plastificantes (Mendes et al., 2018; Ortega, 2020).

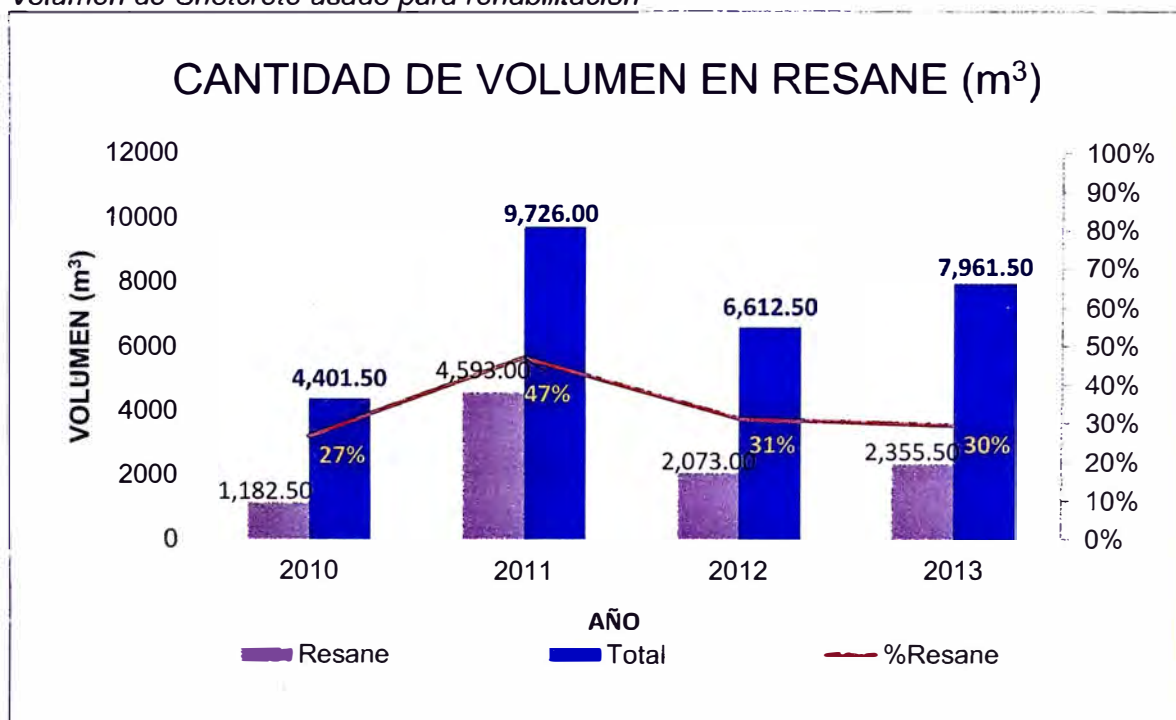
En Perú, como en muchos países, la mayoría de los accidentes mineros tienen su origen en el desprendimiento de rocas, dando lugar a accidentes graves, incapacitantes y, en muchos casos, mortales. De acuerdo con OSINERGMIN, el 29% de los accidentes fatales ocurridos durante los últimos 20 años fueron provocados por el desprendimiento o caídas de rocas a causa de las fallas del sostenimiento aplicado (Cotrado & Amado, 2022; Huacho & La Fuente, 2021)

Las labores de minado en la mina Iscaycruz generan excavaciones con alturas superiores a los 20 metros, con longitudes de 15 metros y 3.5 metros de ancho, esto provoca el incremento de los esfuerzos en la roca, lo que ocasiona fallas en el sostenimiento con shotcrete instalado de las labores de preparación, el cual no se mantiene estable hasta finalizar la extracción del material programado.

Las fallas del sostenimiento con shotcrete durante la preparación del crucero y la extracción del mineral genera condiciones inseguras para el personal y equipos, un aumento del ciclo de minado (menor producción) y el incremento de los costos de sostenimiento debido a los trabajos de rehabilitación del sostenimiento. En el gráfico de la figura 1 se muestran las cantidades de shotcrete que han sido utilizados para la rehabilitación de las labores de preparación durante los años 2010, 2011, 2012 y 2013.

Figura 1

Volumen de Shotcrete usado para rehabilitación



Nota. Datos obtenidos del Laboratorio de concreto Iscaycruz, "Reporte del consumo de Shotcrete"

De esta manera, la presente investigación busca obtener un diseño de shotcrete vía húmeda adicionado con aditivo hiperplastificante GLENIUM TC-1300 para evaluar el comportamiento de la resistencia temprana y la variación del volumen del shotcrete usado en las rehabilitaciones.

1.2.1 Formulación del problema

¿De qué manera el mejoramiento del diseño del shotcrete utilizando aditivo hiperplastificante GLENIUM TC-1300 permite reducir la cantidad de shotcrete utilizada en rehabilitación de labores mineras?

1.2.2 Problemas Específicos

- ¿De qué manera influye el aditivo hiperplastificante GLENIUM TC-1300 sobre la resistencia temprana del shotcrete empleado en el sostenimiento de las labores mineras?
- ¿De qué manera incide el empleo de shotcrete con aditivo hiperplastificante GLENIUM TC-1300 sobre los volúmenes de material empleado en el sostenimiento de las labores mineras?

1.3 Objetivo del Estudio

1.3.1 Objetivo General

Mejorar el diseño del shotcrete utilizando aditivo hiperplastificante Glenium TC-1300 para reducir la cantidad de shotcrete utilizada en rehabilitación de labores mineras

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar la influencia del aditivo hiperplastificante GLENIUM TC-1300 sobre la resistencia temprana del shotcrete empleado en el sostenimiento de las labores mineras.
- Determinar la incidencia del empleo de shotcrete con aditivo hiperplastificante GLENIUM TC-1300 sobre los volúmenes de material empleado en el sostenimiento de las labores mineras.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis general

Con el mejoramiento del diseño del shotcrete utilizando aditivo hiperplastificante GLENIUM TC-1300 se reduce la cantidad de shotcrete utilizada en rehabilitación de labores mineras

1.4.2 Hipótesis específicas

- La resistencia temprana del shotcrete con aditivo hiperplastificante GLENIUM TC-1300 mejora en relación con el shotcrete sin aditivo.
- Los volúmenes de shotcrete con aditivo hiperplastificante GLENIUM TC-1300 empleados en el sostenimiento de las labores mineras son menores a los volúmenes de material sin aditivo.

1.5 Antecedentes de la Investigación

1.5.1 Antecedentes internacionales

En China, Wang et al. (2022) estudiaron la influencia de distintos aditivos acelerantes de fraguado en la resistencia inicial del shotcrete. Fue una investigación básica de diseño experimental, en la que replicaron el diseño de mezcla de shotcrete según la norma GB 8076-2008 para compararla con mezclas que emplearon aditivos acelerantes con álcali y libre de álcali, midiendo el tiempo de fraguado, el desarrollo de resistencia a temprana edad y calorimetría isotérmica. Obtuvieron que el empleo de aceleradores incide en la capacidad de acortar los tiempos de fraguado y el comportamiento de la fase de hidratación a temprana edad, afectando así la resistencia inicial de shotcrete. Concluyeron que el uso de 8% de acelerante libre de álcali ofrece la mejor resistencia inicial, con 1.80 MPa a las 6 horas de fraguado.

También en China, Ning et al. (2019) realizaron un estudio con el propósito de mejorar la resistencia al agrietamiento del concreto proyectado con el uso de aditivos agentes expansivos y agentes de curado interno. Fue un trabajo experimental, en el que utilizaron un shotcrete adicionado con 10% de humo de sílice como referencia, aplicando una prueba inferencial de análisis de medias para medir cambios significativos en los resultados. Obtuvieron que un 4% de agente expansivo fue suficiente para mejorar la resistencia al agrietamiento, cuya mejora se debía al llenado de los poros internos y un pretensado de compresión en edad temprana que podría compensar la contracción a una edad más avanzada. Concluyeron que el uso de agentes expansivos mejora la resistencia al agrietamiento al provocar una deformación expansiva para compensar la contracción,

como la que ocurre durante el secado, así como también, compensar el esfuerzo de tracción resultante de la disminución de la temperatura o al ser sometido a cargas a temprana edad.

1.5.2 Antecedentes nacionales

En Huancayo, Anchiraco (2023) realizó una investigación cuyo propósito principal fue el de realizar un análisis del diseño del shotcrete vía húmeda para la construcción del sostenimiento de una rampa. La investigación fue de tipo aplicada, con nivel descriptivo y de corte transversal. La muestra del estudio estuvo conformada por la rampa 8213 en el nivel 800 sector intermedio en la unidad minera Paragsha. Para el estudio se preparó una mezcla de concreto con una dosis de aditivo hiperplastificante de 3.7lt/m³ y 20kg/m³ de fibra sintética, además se adicionaron 23.1lt/m³ de aditivo acelerante. Para medir la resistencia temprana del shotcrete se empleó el penetrómetro y la pistola Hilti DX 450, con la que se obtuvo como resultado una resistencia inicial de compresión de 12 kg/cm², al cumplirse una hora y media. Se concluyó que, para garantizar una resistencia temprana adecuada era necesario controlar todas las etapas, partiendo de la elaboración del concreto hasta la etapa de lanzado.

En Callao, Rojas (2021) desarrolló un trabajo de investigación con el objetivo de realizar el diseño de shotcrete vía húmeda para utilizar en la construcción del sostenimiento de la rampa principal de una mina. Se trató de una investigación de tipo aplicada, de diseño no experimental – transversal. La muestra de estudio estuvo compuesta por la rampa 565 del nivel 21 de la unidad minera Alpayana. Para los ensayos de la resistencia temprana a compresión del shotcrete se empleó un penetrómetro y una pistola Hilti DX 450. Como resultado se obtuvo el diseño para 1m³ de shotcrete vía húmeda, compuesto por 425 kg de cemento, 1683.30 kg de agregado, 114.47 lt de agua, 3.7 lt de aditivo hiperplastificante, 20 kg de fibra metálica, 23.7 lt de aditivo acelerante. En cuanto a la resistencia inicial, el ensayo con el penetrómetro arrojó un valor de 9.3 kg/cm² en un tiempo de 1 hora, mientras que el ensayo con el martillo Hilti arrojó un valor de resistencia inicial a las 2 horas de 36

kg/cm². Se concluyó que, el diseño de shotcrete vía húmeda y su correcta aplicación disminuye el rebote hasta en un 5.19%.

En Arequipa, Mamani (2021) realizó un trabajo de investigación cuyo objetivo fue el de obtener el diseño del concreto proyectado para optimizar su costo y calidad. Para el desarrollo de la investigación, se realizaron diseños de mezclas que fueron ensayados para medir su asentamiento y resistencia temprana. La investigación fue de tipo aplicada y diseño no experimental. Como resultado se obtuvo un diseño de mezclas para 1m³ de shotcrete compuesto por 9.90 bolsas de cemento, 200 lt. de agua, 1.09 m³ de agregado, además se adiciono 4.96 kg de aditivo plastificante Euco Neoplast 8500 HP, con la cual se obtuvo una resistencia a los 28 días que superó la resistencia de diseño en un 26%. Se concluyó que, con el diseño de mezclas propuesto se alcanza un ahorro de USD 7.636.586,40 respecto al diseño tradicional.

Capítulo II. Marcos teórico y conceptual

2.1 Marco teórico

2.1.1 Shotcrete

El shotcrete es una técnica constructiva usada como soporte estructural de túneles y minas, estabilización de taludes y rehabilitación de estructuras gracias a sus ventajas técnicas y económicas en referencia al concreto tradicional. Al hablar de shotcrete no se habla de un material, sino de un proceso único que combina la aplicación y la consolidación del concreto en un solo paso, sin necesidad de usar encofrados o vibraciones externas (Ikumi et al., 2022; Salvador et al., 2019).

Al respecto, Mendes et al. (2018) afirman que la principal diferencia con el concreto convencional por la forma de colocación, puesto que el shotcrete es lanzado a superficies verticales o superficies irregulares donde se adhiere desarrollando una resistencia a compresión de forma rápida, para esto se usan altas cantidades de aditivos aceleradores y plastificantes durante su producción.

Por otra parte, Baricevic et al. (2018) afirman que el shotcrete es usado en la construcción de túneles, minería o trabajos de estabilización gracias a sus ventajas de aplicación, tales como la buena adhesión del sustrato, la capacidad de ser aplicado sin la necesidad de usar encofrado, la resistencia que incrementa rápidamente durante el curado, la buena compactación y la facilidad de aplicación en áreas restringidas.

2.1.2 Componentes del shotcrete

2.1.2.1 Cemento. El cemento es un material que se obtiene de la pulverización del Clinker portland, al cual se le añade yeso natural (Ministerio de Transporte y Comunicaciones [MTC], 2018). Según su uso, el cemento se divide en 5 tipos:

- Tipo I: son de uso general en la construcción, donde no se necesita que desarrolle propiedades especiales (MTC, 2018).
- Tipo II: también son de uso general, con una moderada resistencia a los sulfatos y mayor calor de hidratación (MTC, 2018).

- Tipo III: se usa en proyectos en los que se necesita que se desarrolle una alta resistencia inicial (MTC, 2018).
- Tipo IV: se usa en proyectos donde se necesita un calor de hidratación bajo (MTC, 2018).
- Tipo V: se usa en proyectos en los que se requiere que el concreto tenga una alta resistencia a los sulfatos (MTC, 2018).

El shotcrete especial incluye mezclas patentadas para la protección contra la corrosión y productos químicos. Se utiliza cemento Portland con aditivos u otros tipos de cemento para obtener propiedades especiales de resistencia a la corrosión y productos químicos. Entre los cementos especiales se encuentran el cemento de fosfato de magnesio y el cemento de aluminato de calcio (ACI 506R, 2016).

2.1.2.2 Agregados. El MTC (2018) define los agregados como todo aquel material granular de origen mineral tales como arena, grava, escoria o piedra triturada, que se añade a la mezcla de concreto en diferentes tamaños de partículas.

Los agregados usados en el shotcrete son seleccionados y clasificados de materiales naturales o de machaqueo o una combinación de los dos. Un grano más fino favorece la propiedad de retracción y el grano más grueso aumenta el porcentaje de rebote. El uso de arenas con granos más finos o gruesos va a depender del espesor que vaya a tener la capa de shotcrete, sin embargo, no es usual que se usen áridos de tamaños mayores a 15 mm (Sánchez & Tapia, 2019).

La granulometría que deben cumplir los agregados para la elaboración del shotcrete es la correspondiente a la gradación N°2.

En la tabla 1, se muestra el rango de porcentaje donde se debe encontrar la granulometría de la arena para la preparación de shotcrete.

Tabla 1*Límites de clasificación para agregados combinados*

Tamaño de Agregado – Malla cuadrada estándar (U.S.)	Porcentaje en peso pasante (%)	
	Gradación N°1	Gradación N°2
3/4 pulg. (19 mm)	—	—
1/2 pulg. (12 mm)	—	100
3/8 pulg. (10 mm)	100	90 a 100
N°4 pulg. (4.75 mm)	95 a 100	70 a 85
N°8 pulg. (2.4 mm)	80 a 98	50 a 70
N°16 pulg. (1.2 mm)	50 a 85	35 a 55
N°30 pulg. (600 µm)	25 a 60	20 a 35
N°50 pulg. (300 µm)	10 a 30	8 a 20
N°50 pulg. (150 µm)	20 a 10	2 a 10

Fuente: tomado de ACI 506R (2016).

2.1.2.3 Aditivos. El MTC (2018) define los aditivos como cualquier producto químico o mineral que ayuda a modificar una o varias propiedades de una mezcla de concreto.

En el shotcrete, generalmente se usan cuatro tipos de aditivos, los aditivos acelerantes, los aditivos incorporadores de aire, los aditivos reductores de agua y los aditivos retardadores (Sánchez & Tapia, 2019).

Los acelerantes se utilizan principalmente para ayudar a la colocación del hormigón proyectado mediante la aceleración del fraguado normal de la mezcla y también pueden acelerar el desarrollo de resistencia inicial. La sobredosis de un acelerador del fraguado puede retardar la velocidad de desarrollo de la resistencia y comprometer la durabilidad del hormigón, por lo que se deben respetar las recomendaciones del fabricante (Guía Chilena de Hormigón Proyectado, 2015).

Los aditivos reductores de agua, también llamados plastificantes y superplastificantes, son elementos químicos que ayudan a mejorar la trabajabilidad del concreto con un contenido fijo de agua o, en caso contrario, disminuir la cantidad de agua usada para obtener la trabajabilidad deseada (Sánchez & Tapia, 2019).

Los aditivos superplastificantes de policarboxilato cuando es aplicado en materiales a base de cemento, bien sean morteros o concretos, son capaces de mejorar de forma significativa la trabajabilidad, resistencia y durabilidad del material, puesto que dispersa las partículas de cemento aglomeradas (Liu et al., 2021).

La tabla 2, se muestra el desempeño que se obtienen con los diferentes tipos de aditivos plastificantes que existen de acuerdo con su composición química.

Tabla 2

Comparativo de eficiencia de los plastificantes

Tipo de aditivo Plastificante	Peso del Cementante %	Capacidad de reducción de agua, %		Promedio de incremento de resistencia en un día, %	
		Pasta de Cemento	Mezcla de Concreto	Probeta de Cemento	Probeta de Concreto
Lignosulfato	0.2	7 - 10	8 - 12	8 - 14	10 - 15
Plastificante Sika	0.3	9	10 - 12	9 - 18	10 - 20
Naftalina	0.35	10 - 13	12 - 15	10 - 22	10 - 20
Formaldehído	0.5	15 - 16	16 - 18	16 - 31	15 - 30
(S-3)	0.7	18 - 21	18 - 20	32 - 48	29 - 49
Poliacrilato y Policarboxilato					
Mapei Dynamon	0.2	28 - 31	30 - 35	40 - 58	42 - 60
SP3	0.35	39 - 42	40 - 45	55 - 85	60 - 90
Mapei Dynamon	1	20 - 25	22 - 28	40 - 55	38 - 52
SR3	1.5	26 - 32	30 - 35	40 - 58	38 - 55
Melflux	0.5	30 - 32	30 - 35	42 - 63	40 - 60
2651F	1	38 - 42	40 - 45	60-90	57 - 89

Fuente. tomado de Concreto de Alto Rendimiento: Diseño de Composición Óptima, 2023

2.1.2.4 Fibras. El uso de fibras como refuerzo del shotcrete ha demostrado tener buena efectividad, puesto que otorga altas resistencias a la flexión y tensión, que otorga un revestimiento protector efectivo para zonas que se encuentran expuestas a explosiones (Ginouse & Reny, 2023). Al respecto, Aire y Aguilar (2021) mencionan que las fibras de acero iniciaron como reemplazo de las mallas electrosoldadas en el shotcrete, demostrando tener un buen comportamiento en la capacidad de absorción de energía después de la fisuración, es decir, después de fisurarse el elemento seguirá siendo capaz de resistir las cargas sin sufrir deformaciones ni colapsar, permitiendo la redistribución de tensiones, mejorando el comportamiento ante la fractura, el impacto y la fatiga.

La fibra de refuerzo comprende elementos discretos cortos, distribuidos uniformemente a través de la masa del hormigón proyectado. Las fibras individuales se fabrican típicamente de acero o de polímeros, aunque en aplicaciones especializadas se han utilizado fibras de vidrio resistente a los álcalis o celulosa. Las fibras pueden ser

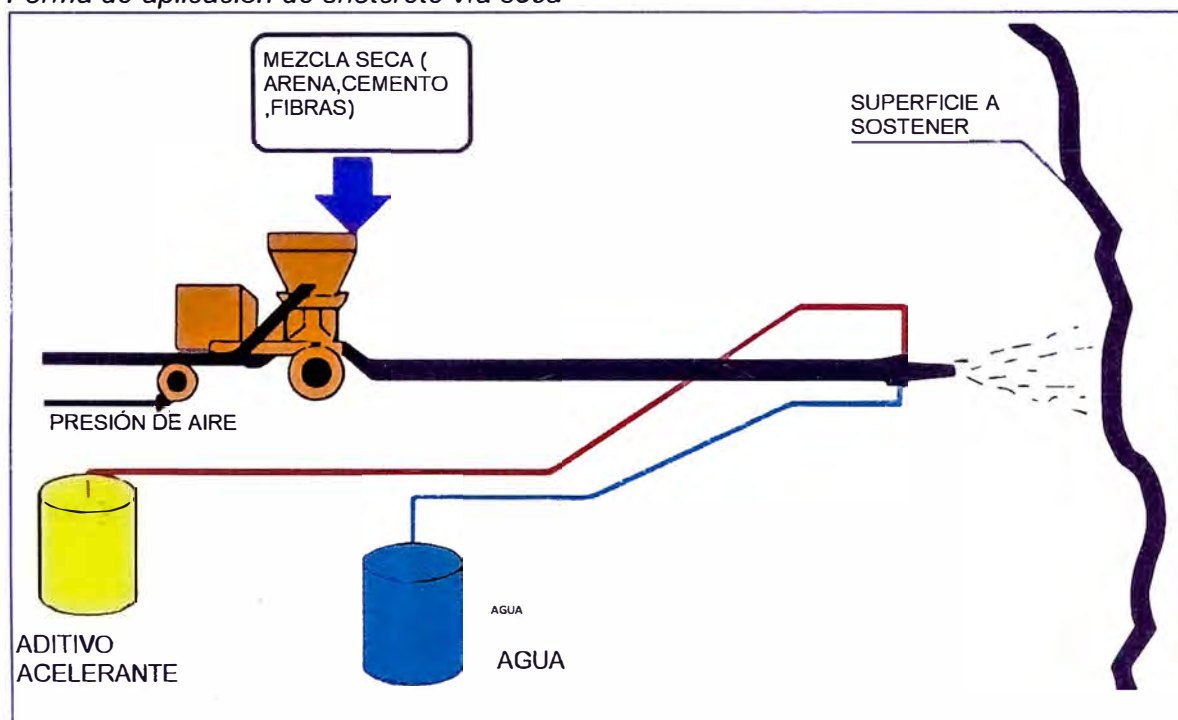
introducidas al hormigón proyectado por razones distintas al refuerzo estructural, tales como el control del rebote y de la fisuración por retracción plástica y para mejorar la resistencia al fuego (Guía Chilena de Hormigón Proyectado, 2015).

2.1.3 Formas de aplicación

2.1.3.1 Vía seca. Para la aplicación del shotcrete por vía seca los componentes secos del concreto son mezclados y transportados por una manguera hasta una boquilla donde se incorpora agua a presión para proyectar el mortero resultante hasta el lugar de colocación (Cechin et al., 2018). En la figura 2 se muestra la forma de aplicación del shotcrete vía seca.

Figura 2

Forma de aplicación de shotcrete vía seca

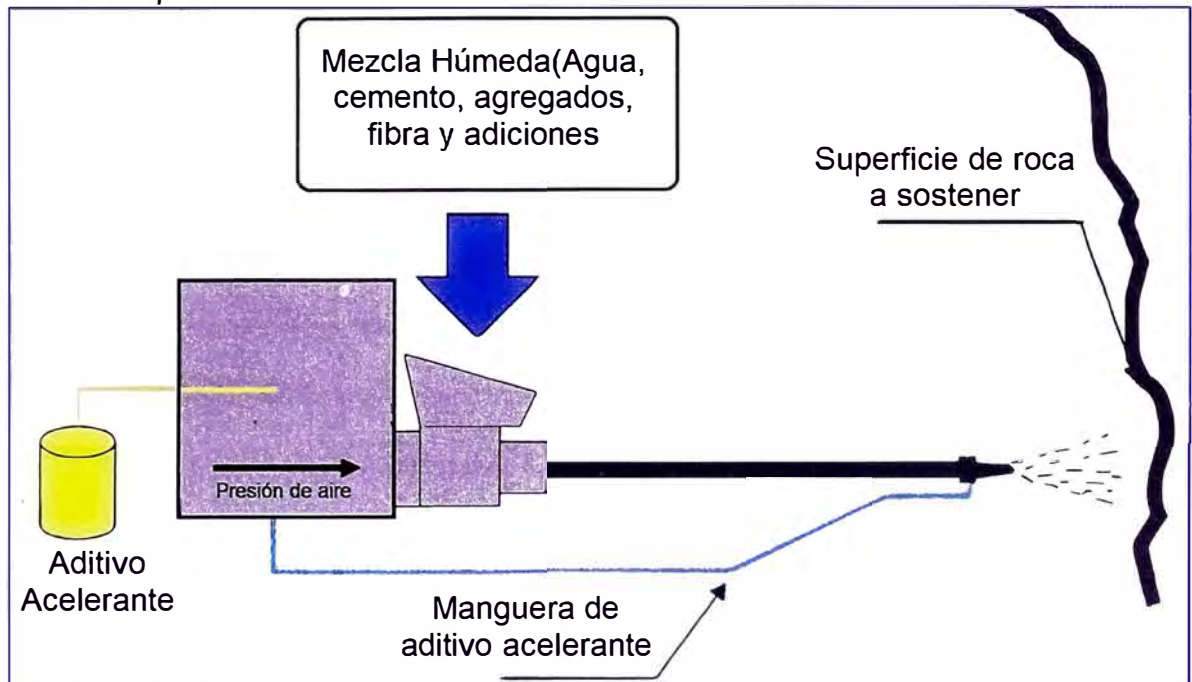


Fuente: Laboratorio de concreto Iscaycruz (2013).

2.1.3.2 Vía húmeda. Para la aplicación del shotcrete por vía húmeda se colocan los componentes del mortero, es decir, el cemento, el agregado, los aditivos y el agua en una bomba mezcladora que lanza la mezcla resultante a través de una boquilla usando aire comprimido (Cechin et al., 2018). En la figura 3 se muestra la forma de aplicación del shotcrete vía húmeda.

Figura 3

Forma de aplicación de shotcrete vía húmeda



Fuente: Laboratorio de concreto Iscaycruz (2013).

2.1.4 Ventajas y desventajas de las formas de aplicación

Tanto la aplicación por vía seca como por vía húmeda del shotcrete presentan ventajas y desventajas, las cuales se presentan en la tabla 3.

Tabla 3

Ventajas y desventajas de las formas de aplicación

Vía seca		Vía húmeda	
Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fácil manejo para volúmenes pequeños ▪ Equipos de proyección son más económicos ▪ En la boquilla se tiene el control del agua y de la consistencia de la mezcla ▪ Mantenimiento de equipos es más económica ▪ Transporte a mayor distancia 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alta generación de polvos ▪ Alto rebote ▪ Mayor contaminación ▪ Perdidas de mezcla por rebote de hasta el 35% 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alto rendimiento ▪ Mejor control de la dosificación principalmente la relación agua/cemento ▪ Menor rebote de la mezcla ▪ Menos producción de polvo ▪ Menor contaminación ▪ Velocidad de proyección alta 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se requiere de una planta de concreto para el preparado de mezclas con las dosificaciones de diseño ▪ Para el manejo de los equipos se requiere de mano de obra calificada ▪ No se puede aplicar en secciones menores de 3x3m por las dimensiones de los equipos

Fuente: tomado de Sánchez & Tapia (2019).

2.1.5 Principales propiedades del shotcrete

- Resistencia temprana: esta propiedad es esencial en el shotcrete, sobre todo si se trata de capas gruesas o cuando es lanzado a lugares con filtraciones de agua. La forma en que se desarrolla la curva de resistencia durante los primeros minutos de aplicación ejerce una gran influencia en la generación de polvo y el rebote. La resistencia temprana del shotcrete es evaluada durante los primeros 6 a 60 minutos, luego se toman medidas cada hora. Uno de los métodos para medir la resistencia temprana del shotcrete es el penetrómetro de aguja, el cual sirve para medir resistencias entre 0.2 y 1.2 MPa, un segundo método de medición es el método de hincado de clavos con pistola Hilti, valido para resistencias de entre 3 y 16 MPa (Linares, 2018).
- Resistencia final: la resistencia final del shotcrete depende de la cantidad de agua agregada a la mezcla, es decir, cuando se agrega agua en exceso esta se evapora durante el proceso de fraguado dejando poros en la pasta de concreto endurecido. Para la hidratación del cemento se requiere de una relación A/C cercana a 0.25 (Linares, 2018). En el caso del shotcrete la relacion A/C se clasifica de la siguiente manera:
 - Para bajas exigencias < 0.55
 - Para medianas exigencias < 0.50
 - Para altas exigencias < 0.46
- Adhesión: la capacidad del shotcrete de adherirse a la superficie de contacto es muy alta (Fernández, 2020).
- Alta densidad y baja permeabilidad: el shotcrete alcanza una alta densidad, lo que le permite absorber menor cantidad de agua aumentando así su durabilidad (Fernández, 2020).

2.1.6 Resistencias Tempranas

El shotcrete para soporte de rocas o suelos especialmente en túneles debe alcanzar una resistencia mínima a una edad temprana, a menudo dentro de las primeras horas después de la proyección. La resistencia a edad temprana es la resistencia del hormigón proyectado requerida a edades menores a las especificados para hormigones convencionales, normalmente a menos de un día. Los testigos y cilindros son a menudo inadecuados para la tarea de determinar la resistencia a una edad temprana. Por esta razón existen varios métodos indirectos que se han ideado con el fin de probar esta resistencia a edad temprana. Un ejemplo es el penetrómetro que se utiliza empujando una sonda o aguja en una superficie de ensayo recién proyectada que se encuentra cerca, pero no directamente en el sector que no cuenta con soporte. Se debe tener el cuidado de calibrar las lecturas del penetrómetro con valores reales de resistencia a la compresión (Guía Chilena de Hormigón Proyectado, 2015).

2.1.7 Principales propiedades del shotcrete

El sostenimiento de las labores mineras resulta ser una actividad muy compleja que implica todos los procedimientos y materiales necesarios para garantizar la estabilidad del macizo rocoso y conservar la capacidad para resistir las cargas a las que se someten las rocas cercanas al perímetro de excavación (Pflucker et al., 2019).

En la actualidad existen numerosos métodos de sostenimiento, los cuales han ido evolucionando con el transcurso de los años en pro de alcanzar una mayor seguridad reduciendo el riesgo de desprendimiento o caída de rocas, minimizando el riesgo del personal y mejorando la productividad (Pflucker et al., 2019). Salazar (2020) clasifica los elementos de sostenimiento de acuerdo con los siguientes criterios:

- De acuerdo con el tipo de trabajo realizado se tienen los sostenimientos activos o refuerzos que se encuentran en interacción con la roca, y el sostenimiento pasivo o de soporte, que ejerce su acción por encima de la roca.
- De acuerdo con los materiales usados en la construcción del sostenimiento se tienen sostenimientos de madera, acero y concreto.

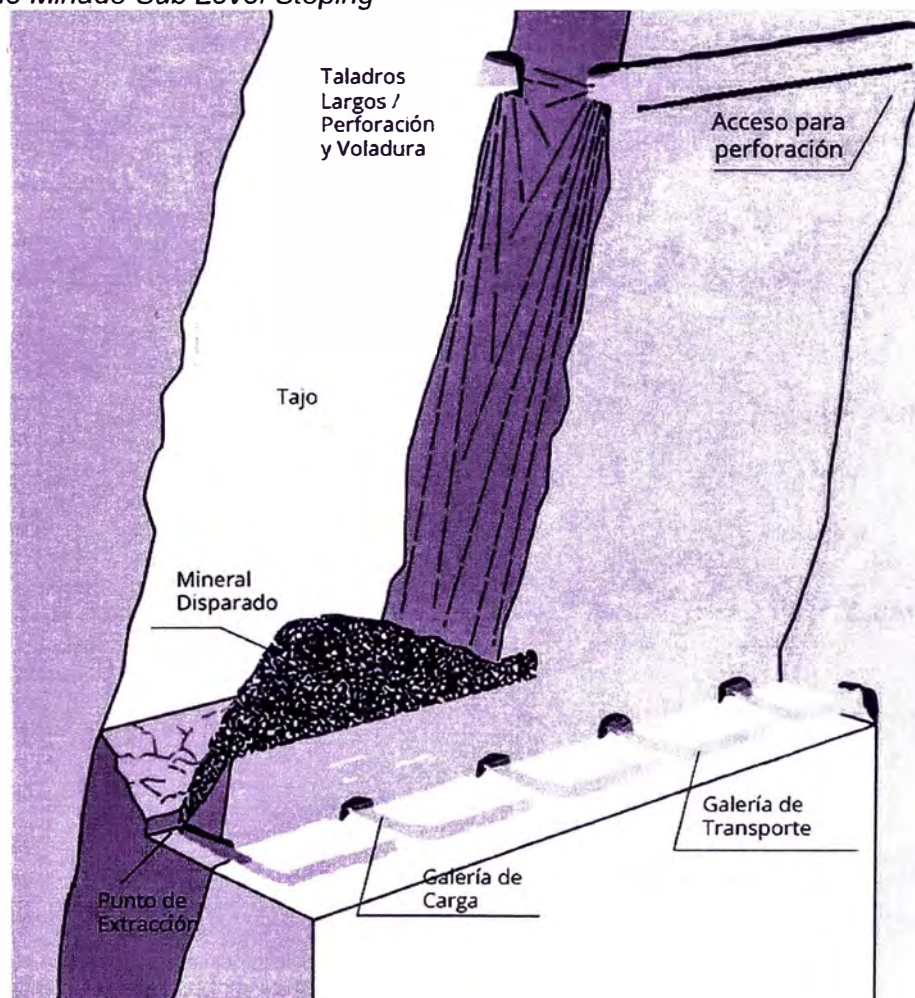
2.2 Métodos de Minado

2.2.1 Sub Level Stoping

El método Sub Level Stoping (SLS) es una técnica utilizada en minería subterránea para la extracción de minerales de yacimientos que se extienden en forma horizontal. Este método se caracteriza por su eficacia en la explotación de depósitos de baja a mediana inclinación y se emplea comúnmente en la extracción de minerales como el oro, plata, zinc y plomo. El SLS implica la excavación de niveles subterráneos (subniveles) en un patrón escalonado descendente, permitiendo la recuperación eficiente del mineral (Hustrulid & Bullock, 2001).

Figura 4

Metodo de Minado Sub Level Stoping



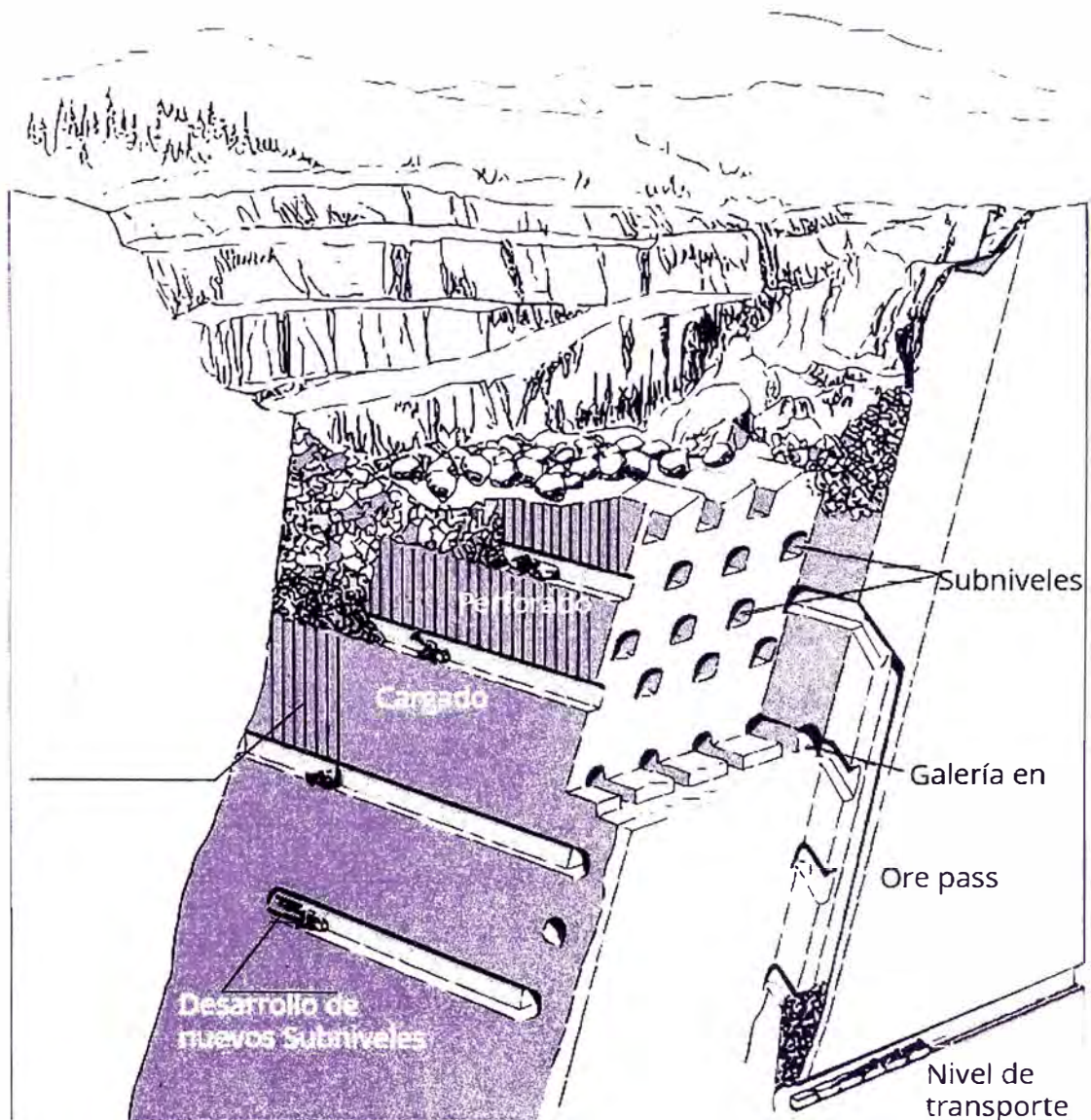
Fuente: Underground Mining Methods (2001).

2.2.2 Sub Level Caving

El método Sub Level Caving (SLC) es un método de minería subterránea que involucra la extracción de mineral a través de la creación de subniveles o galerías horizontales. Este método es especialmente adecuado para depósitos de gran volumen y de baja a mediana ley, donde la recuperación de grandes cantidades de mineral es esencial.

Figura 5

Metodo de Minado Sub Level Caving



Fuente: Underground Mining Methods (2001).

2.3 Marco conceptual

- Concreto: mezcla de cemento, arena y agregados con ciertas dosificaciones preestablecidas (LP Building Products, 2017).
- Dosificación: proceso en el que se miden, por peso o volumen, los elementos que componen el concreto o mortero (MTC, 2018).
- Durabilidad: capacidad de un elemento de resistir la desintegración por efectos mecánicos o ambientales (MTC, 2018).
- Fraguado: es el proceso de endurecimiento de un concreto o mortero de cemento o yeso (LP Building Products, 2017).
- Rehabilitación: conjunto de obras necesarias para volver a dar a la estructura o elemento sus características originales permitiéndole extender su periodo de servicio (MTC, 2018).
- Resistencia a la compresión: capacidad de un concreto endurecido de soportar una carga sin llegar al punto de rotura (MTC, 2018).
- Roca: elemento formado por una combinación de minerales que se encuentran unidos por fuerzas cohesivas permanentes (MTC, 2018).
- ACI: American Concrete Institute (Instituto Americano del Concreto). ACI es una organización que se dedica a desarrollar y difundir información técnica sobre el uso del concreto. Proporciona estándares y especificaciones para la industria del concreto.

Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación

3.1 Recolección de datos

El presente trabajo de suficiencia se encuentra enfocado en el mejoramiento del diseño de shotcrete usado en la mina Iscaycruz para el sostenimiento de las labores subterráneas. La recolección de datos se llevó a cabo en tres etapas:

- Etapa 1: corresponde a la medición de la resistencia temprana del shotcrete empleado habitualmente en la mina.
- Etapa 2: corresponde a la medición de la resistencia temprana del shotcrete con las modificaciones propuestas.
- Etapa 3: corresponde a la medición de la resistencia temprana del diseño final de shotcrete.

Para medir la resistencia temprana se usó un penetrómetro de aguja, mostrado en la figura 4, el cual permite medir resistencias tempranas de 0.2 a 1.2 MPa.

Figura 6

Penetrómetro usado para medir la resistencia del shotcrete



Además, se hizo uso de una pistola Hilti, mostrada en la figura 5, que permite determinar resistencias tempranas de entre 3 a 16 MPa.

Figura 7

Pistola Hilti usada para medir la resistencia del shotcrete



Por otra parte, se obtuvo información acerca del dominio estructural y la calidad de las rocas presentes en la mina. En la tabla 4 se presentan los principales dominios estructurales, los cuales se encuentran asociados a un promedio RMR (Rock Mass Rating) que indica la calidad de la roca.

Tabla 4

Dominio estructural y calidad de roca, mina Limpe Centro

Dominio estructural	Promedio RMR	Dominio	Calidad según RMR
Pirita	26	IVB	Mala B
Arenisca	30	IVB	Mala B
Marga	32	IVA	Mala A
Cuarcita	45	IIIB	Regular B
Mineral	38	IVA	Mala A
Skarn	40	IVA	Mala A
Lutita	43	IIIB	Regular B

También se obtuvo, del departamento de geomecánica de la mina, el mapeo geomecánico y la cartilla geomecánica, los cuales se muestran en el anexo 1. A partir de esto se presentan los tipos de sostenimiento, tanto en labores temporales como en labores permanentes, esta información puede ser observada en la tabla 5.

Tabla 5

Tipo de sostenimiento usado en la mina

Labores temporales	Labores permanentes
No requiere sostenimiento	Pernos helicoidales en forma esporádica
Split set de 7 pies	Pernos helicoidales en forma esporádica
Split set de 7 pies sistemático con malla electrosoldada	Pernos helicoidales de 7 pies sistemático con malla electrosoldada o shotcrete de 2" de espesor y pernos helicoidales sistemático espaciado 1.8 m
Shotcrete 3" con fibra o malla electrosoldada con pernos split set sistemático espaciado a 1.5 m	Shotcrete 3" con fibra o malla electrosoldada con pernos helicoidales sistemático espaciado a 1.5 m
Cimbras H-6 espaciadas 1.5 m sin muro de concreto	Cimbras H-6 espaciadas 1.5 m con muro de concreto
Cimbras H-6 espaciadas de 1.2 a 1.5 m sin muro de concreto	Cimbras H-6 espaciadas de 1.2 a 1.5 m con muro de concreto

Nota. La escala de colores indica la magnitud del tipo de sostenimiento requerido, donde el extremo azul no requiere o requiere poco sostenimiento, y el extremo rojo requiere un sostenimiento de alto desempeño.

Como paso siguiente se ubicaron las labores en las que se realizarían las pruebas de resistencia temprana en las tres etapas del proyecto. En la tabla 6 se presenta la ubicación tomando en cuenta el nivel, el tipo de labor y tipo de ensayo a realizar.

Tabla 6*Ubicación de las labores en las que se realizaron las pruebas*

Etapa 1: Primera prueba				
Nivel	Labor	Tipo de ensayo	Mina	Calidad de roca
-23	Crucero 230	Penetrómetro	Limpe centro	Mala B
-23	Crucero 230	Pistola Hilti	Limpe centro	Mala B
-23	By pass 230 sur	Penetrómetro	Limpe centro	Mala B
-23	By pass 230 sur	Pistola Hilti	Limpe centro	Mala B
-7	Rampa 910	Penetrómetro	Chupa	Mala A
-7	Rampa 910	Pistola Hilti	Chupa	Mala A
Etapa 1: Segunda prueba (4 horas)				
Nivel	Labor	Tipo de ensayo	Mina	Calidad de roca
-23	Crucero 294	Pistola Hilti	Limpe centro	Mala B
-9	Crucero 160	Pistola Hilti	Chupa	Mala A
-23	Crucero 182	Pistola Hilti	Limpe centro	Mala B
Etapa 2: Tercera prueba (durante las modificaciones)				
Nivel	Labor	Tipo de ensayo	Mina	Calidad de roca
-14	Crucero 442	Pistola Hilti	Limpe centro	Mala B
-23	Crucero 250	Pistola Hilti	Limpe centro	Mala B
4519	Crucero 160	Pistola Hilti	Tinyag	Mala B
Etapa 3: Cuarta prueba (después de las modificaciones)				
Nivel	Labor	Tipo de ensayo	Mina	Calidad de roca
-18	Crucero 442	Penetrómetro	Limpe centro	Regular B
-18	Crucero 442	Pistola Hilti	Chupa	Mala A
-29.5	Crucero 118W	Penetrómetro	Tinyag	Mala A
-29.5	Crucero 118W	Pistola Hilti	Tinyag	Mala B
-9	Crucero 270	Penetrómetro	Tinyag	Mala B
-9	Crucero 271	Pistola Hilti	Limpe centro	Mala B

3.2 Procesamiento de datos

Los datos recolectados fueron procesados usando la herramienta Microsoft Excel, la cual permitió organizar los datos en tablas y presentarlos en forma de gráficos.

3.2.1 Levantamiento de la información previa

Al iniciar el trabajo de investigación se obtuvo el diseño de shotcrete que se ha usado para el sostenimiento de las labores. En la tabla 7 se presenta la dosificación para los tres diseños de shotcrete usados.

Tabla 7*Diseño de shotcrete usado*

Componentes	Shotcrete 210 kg/cm2	Shotcrete 280 kg/cm2	Shotcrete 320 kg/cm2
Cemento (kg)	360	390	425
Arena (kg)	1735	1690	1665
Agua (lt)	180	190	180
Fibra Sintética (kg)	5	5	5
Plastificante (RHEOBUILD 1000) (lt)	4.29	4.68	5.01
Estabilizador (DELVO) (lt)	1.79	2.13	2.28
Acelerante (MEYCO SA 160) (lt)	21.45	23.61	26.36
Relación A/C	0.5	0.48	0.42
Absorción de la arena (%)	2.05	2.05	2.05
Humedad de la arena (%)	5	5	5

En la tabla 8, se observan los volúmenes de shotcrete usados en el resane (rehabilitación) del sostenimiento de las labores mineras para los años 2010, 2011, 2012 y 2013.

Tabla 8*Volumen de shotcrete consumido*

Año	Shotcrete resane (m3)	Shotcrete avance (m3)	Total (m3)	Resane / Avance (%)	Resane / Total (%)
2010	1182.50	3219.00	4401.50	36.74%	26.87%
2011	4593.00	5133.00	9726.00	89.48%	47.22%
2012	2073.00	4539.50	6612.50	45.67%	31.35%
2013	2352.50	5606.00	7958.50	41.96%	29.56%

Partiendo de los datos presentados en la tabla 8, se construyó el gráfico de la figura 6, donde se puede observar que el 47.22% del shotcrete consumido durante el año 2011 se destinó al resane o rehabilitación del sostenimiento de labores mineras, mientras que durante los años 2012 y 2013 se usó un volumen promedio de 30%. Estos volúmenes representan un incremento considerable en los costos de sostenimiento.

Figura 8

Porcentaje de shotcrete empleado en resane



Nota. El porcentaje señala el uso de shotcrete empleado en resanes como un porcentaje del volumen empleado en el sostenimiento.

3.2.2 Resistencia temprana del shotcrete

Para mejorar el diseño del shotcrete se midió la resistencia temprana de los diseños de shotcrete antes de la modificación. En la tabla 9 se muestran los resultados obtenidos para cada diseño de mezclas.

Tabla 9

Resistencias tempranas del diseño de shotcrete usado

Nivel	Labor	Resistencia de diseño (kg/cm ²)	Tipo de ensayo	Tiempo de fragua (h:mm)	Resistencia (Mpa)
-23	Crucero 230	210	Penetrómetro	02:25	1.04
-23	Crucero 230	210	Pistola Hilti	06:00	2.20
-23	By pass 230 sur	280	Penetrómetro	03:00	1.05
-23	By pass 230 sur	280	Pistola Hilti	04:40	2.17
-7	Rampa 910	320	Penetrómetro	02:00	1.00
-7	Rampa 910	320	Pistola Hilti	04:20	2.25

Para tener una mejor visión del comportamiento de la resistencia del shotcrete se realizaron medidas uniformizando el tiempo de fragua a 4 horas de lanzado, los resultados se muestran en la tabla 10.

Tabla 10**Resistencias tempranas del diseño de shotcrete usado (4 horas)**

Nivel	Labor	Resistencia de diseño (kg/cm ²)	Tipo de ensayo	Tiempo de fragua (h:mm)	Resistencia (Mpa)
-23	Crucero 294	210	Pistola Hilti	04:00	1.00
-9	Crucero 160	280	Pistola Hilti	04:00	1.22
-23	Crucero 182	320	Pistola Hilti	04:00	3.67

Fuente: Elaboración propia.

Partiendo de las resistencias obtenidas, se realizó una modificación en los diseños de shotcrete, tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- No se ha considerado el diseño de shotcrete 210 kg/cm² puesto que las resistencias iniciales resultaron ser muy bajas.
- Se modificó el diseño de mezclas del shotcrete 280 kg/cm² con aditivo plastificante Rheobuild incrementando su contenido en un 1.19% a 1.8% respecto al peso del cemento (tabla 11).
- Se realizó un diseño de shotcrete 320 kg/cm² sustituyendo el aditivo plastificante Rheobuild por el aditivo hiperplastificante GLENIUM, reduciendo la relación agua/cemento (tabla 12).

Tabla 11**Diseño de shotcrete con incremento del plastificante Rheobuild**

Componentes	Shotcrete 280 kg/cm ²	Shotcrete 320 kg/cm ²
Cemento (kg)	390	425
Arena (kg)	1690	1665
Agua (lt)	190	180
Fibra Sintética (kg)	5	5
Plastificante (RHEOBUILD 1000) (lt)	7.02	7.56
Estabilizador (DELVO) (lt)	2.13	2.28
Acelerante (MEYCO SA 160) (lt)	23.61	26.36
Relación A/C	0.47	0.44
Absorción de la arena (%)	2.05	2.05
Humedad de la arena (%)	5	5

Tabla 12*Diseño de shotcrete con adición de hiperplastificante GLENIUM*

Componentes	Shotcrete 320 kg/cm ²
Cemento (kg)	425
Arena (kg)	1665
Agua (lt)	180
Fibra Sintética (kg)	5
Plastificante (Glenium TC 1300) (lt)	4
Estabilizador (DELVO) (lt)	2
Acelerante (MEYCO SA 160) (lt)	26.36
Relación A/C	0.4
Absorción de la arena (%)	2.05
Humedad de la arena (%)	5

En la tabla 13 se muestran las resistencias obtenidas para cada diseño de shotcrete, se puede observar que, al transcurrir un tiempo de 4 horas, el shotcrete 320 kg/cm² con aditivo hiperplastificante GLENIUM desarrolló una resistencia de 4 MPa, la cual representa un incremento del 47% respecto al shotcrete 320 kg/cm² con aditivo plastificante Rheobuild a las 6 horas.

Tabla 13*Resistencias tempranas de los diseños de shotcrete propuestos*

Nivel	Labor	Resistencia de diseño (kg/cm ²)	Tipo de ensayo	Relacion a/c	Tiempo de fragua (h:mm)	Resistencia (Mpa)
-14	Crucero 442	280	Pistola Hilti	0.46	06:00	3.04
-23	Crucero 250	320	Pistola Hilti	0.44	06:00	2.73
4519	Crucero 160	320	Pistola Hilti	0.40	04:00	4.02

Puesto que se obtuvo mayor resistencia con la adición del hiperplastificante **GLENIUM** se realizó el diseño de mezclas de shotcrete 280 kg/cm² (tabla 14), con el cual se realizaron nuevamente las pruebas de resistencia.

Tabla 14*Diseño de shotcrete 280 kg/cm² con adición de hiperplastificante GLENIUM*

Componentes	Shotcrete 280 kg/cm ²
Cemento (kg)	390
Arena (kg)	1690
Agua (lt)	190
Fibra Sintética (kg)	5
Plastificante (Glenium TC - 1300) (lt)	4
Estabilizador (DELVO) (lt)	2
Acelerante (MEYCO SA 160) (lt)	29.5
Relación A/C	0.42
Absorción de la arena (%)	2.05
Humedad de la arena (%)	5

En la tabla 15 se presentan las resistencias obtenidas del diseño definitivo de shotcrete a las 4 horas de lanzado. Como se puede observar, los valores de resistencia son superiores a las obtenidas con el aditivo plastificante Rheobuild.

Tabla 15*Resistencias tempranas del diseño de shotcrete 280 kg/cm² con hiperplastificante Glenium*

Nivel	Labor	Tipo de ensayo	Relación a/c	Tiempo de fragua (h:mm)	Resistencia (Mpa)
-14	Crucero 442	Pistola Hilti	0.42	04:00	3.04
-23	Crucero 250	Pistola Hilti	0.42	04:00	2.73
4519	Crucero 160	Pistola Hilti	0.42	04:00	4.02

3.2.3 Volúmenes de material empleado

Finalmente, se evaluó el volumen de material empleado en la rehabilitación del sostenimiento de las labores mineras, con el diseño de shotcrete anterior y el diseño modificado. En la tabla 16 se muestran los resultados para los años 2014 y 2015.

Tabla 16

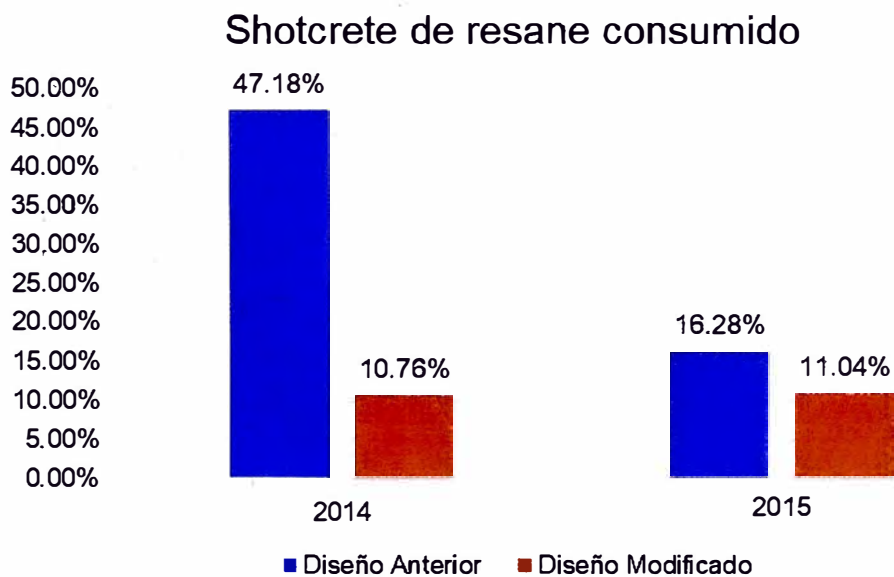
Volúmenes de shotcrete consumido

Año	Diseño De shotcrete	Shotcrete resane (m3)	Shotcrete avance (m3)	Total (m3)	Resane / Avance (%)	Resane / Total (%)
2014	Anterior	2725.00	-	-	52.87%	47.18%
2014	Modificado	621.50	5154.00	5775.50	12.06%	10.76%
2015	Anterior	443.00	-	-	18.30%	16.28%
2015	Modificado	300.50	2421.00	2721.50	12.41%	11.04%

Con base a estos datos se construyó el grafico de la figura 7, donde se puede observar que, para el año 2014, se usó para la rehabilitación del sostenimiento un volumen del diseño anterior de shotcrete de 47.18%, mientras que con el diseño modificado se usó el 10.76%, lo cual representó un ahorro del 37% de shotcrete. Por su parte, para el año 2015, el volumen del diseño anterior de shotcrete usado en la rehabilitación fue de 16.28% y el volumen de diseño modificado de shotcrete fue de 11.04%, representando un ahorro de 5% en el volumen de shotcrete usado en la rehabilitación del sostenimiento de labores mineras.

Figura 9

Shotcrete de resane consumido



De lo anterior, se observa que en las labores donde se utilizó la mezcla de shotcrete modificada empleó menos concreto para los resanes, ya que presentó un mejor comportamiento en cuanto a la resistencia a temprana edad y la aparición de grietas. Anteriormente, el promedio de concreto utilizado en resanes era un 31.73% del empleado en el sostenimiento, mientras que, con la mezcla modificada, el promedio es de solo el 10.90%, lo que supone una diferencia de 20.83% menos material empleado.

Capítulo IV. Análisis y discusión de los resultados

La presente investigación estuvo orientada a dar solución al empleo de shotcrete para resanes en el sostenimiento de labores mineras subterráneas, lo que por una parte significa un sobrecosto por empleo de material adicional al planificado, y por otro, afecta la productividad dado el tiempo adicional empleado en el resane. Para ello, se planteó el rediseño de la mezcla de concreto con la adición de aditivo hiperplastificante GLENIUM TC-1300 y se procedió a evaluar los valores de resistencia a edades tempranas y finalmente, los volúmenes totales de concreto utilizado.

Las evaluaciones realizadas in situ mostraron que el shotcrete con diseño $f'c$ 320 kg/cm² con aditivo hiperplastificante GLENIUM desarrolló una resistencia de 4.02 MPa a las 4 horas, lo cual representa un incremento del 8.70% respecto al shotcrete que se utilizaba anteriormente, que contaba con una resistencia de 3.67 MPa a la misma edad. En este sentido, el diseño de mezcla realizado cumplió el objetivo de proporcionar una mayor resistencia a temprana edad que la mezcla utilizada anteriormente en el sostenimiento de la mina.

En comparación al resultado encontrado por Wang et al. (2022), quienes con el uso de aditivos acelerantes lograron una resistencia de 1.80 MPa a las 6 horas de edad, la resistencia obtenida en el presente caso resultó mucho mayor, inclusive en una edad más corta. Dicho autor también señala que el uso de aditivos modifica principalmente el proceso de hidratación de la pasta de concreto, lo cual es fundamental para que las reacciones químicas que conducen al endurecimiento del concreto ocurran de forma óptima, de lo que se puede deducir que el uso de aditivo hiperplastificante GLENIUM logra de forma más eficaz.

Entre tanto, en comparación a los resultados hallados por Mamani (2021), cuya mezcla modificada alcanzó una resistencia un 26% mayor al diseño anterior, señala que parte del ahorro obtenido se debe principalmente a los precios unitarios en la fabricación del material, cuyo porcentaje calculó en torno a un 30%, mientras que en el presente caso

el ahorro proviene por parte de la disminución de material utilizado en resanes, no obstante, el ahorro estimado resulta del 20.83% de material, lo cual también cumple la meta de optimizar el rendimiento económico de las labores de sostenimiento.

Los resultados finales, considerando los periodos 2014 y 2015 muestran una reducción sustancial del concreto en labores de resane, por lo cual, se dan por cumplidas las hipótesis del estudio, siendo que el uso del hiperplastificante GLENIUM TC-1300 reduce la cantidad de shotcrete utilizada en rehabilitación de labores mineras.

Conclusiones

El reemplazo del aditivo plastificante Rheobuild 1000 por el hiperplastificante GLENIUM TC – 1300 demostró tener mejores resultados en cuanto a la resistencia temprana del shotcrete.

El diseño de shotcrete con aditivo plastificante Rheobuild 1000 presentó resistencias tempranas bajas, mientras que el diseño de shotcrete con aditivo hiperplastificante GLENIUM TC – 1300 desarrolló una resistencia de 4 MPa a las 4 horas del lanzado, lo que representa un incremento del 47% respecto a la mezcla con aditivo plastificante Rheobuild.

El volumen de shotcrete usado en la rehabilitación del sostenimiento de las labores mineras en el año 2014, con el diseño de mezcla inicial, fue de 47.18% del total, mientras que con el diseño modificado se usó un 10.76% del total, logrando un ahorro del 37%, mientras que en el año 2015 se observó un ahorro del 5% del volumen de shotcrete.

Recomendaciones

Se recomienda realizar nuevas investigaciones con diferentes dosificaciones del aditivo hiperplastificante GLENIUM TC – 1300 para ampliar el conocimiento sobre el comportamiento de las resistencias tempranas del shotcrete ante la presencia de dicho aditivo.

Se recomienda continuar con las investigaciones sobre la dosificación del shotcrete y el uso de fibras de refuerzo con el propósito de evaluar las ventajas técnicas y económicas que se pueden obtener con dicho diseño de mezclas.

Se recomienda el monitoreo y mantenimiento frecuente de los equipos para garantizar una adecuada mezcla y dosificación. así como brindar capacitación frecuente a los encargados del lanzamiento del shotcrete para dar a conocer las técnicas apropiadas y evitar pérdidas de material por mala ejecución de las labores de sostenimiento.

Referencias bibliográficas

- American Concrete Institute (2016). Guide to Shotcrete. Reported by ACI Committee 506.
- Aire, C., & Aguilar, L. (2021). Ensayos de control del concreto lanzado con fibras en el túnel de la línea 12 del metro de la CDMX. *Revista ALCONPAT*, 11(1), 73-87.
<https://doi.org/10.21041/ra.v11i1.493>
- Anchiraico, J. (2023). Diseño de shotcrete vía húmeda para rehabilitar el sostenimiento de rampa 8213 unidad Paragsha Cerro de Pasco 2023 [Tesis de posgrado, Universidad Nacional del Centro del Perú].
https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/9502/T010_42181245_S.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Baricevic, A., Pezer, M., Jelcic, M., Serdar, M., & Stirmer, N. (2018). Effect of polymer fibers recycled from waste tires on properties of wet-sprayed concrete. *Construction and Building Materials*, 176, 135-144.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.04.229>
- Bujaico, C. (2020). Influencia de la aplicación de soporte con shotcrete en la ocurrencia de desprendimiento de rocas en la empresa MARSÁ Minera Aurífera Retamas S.A. [Tesis de pregrado, Universidad Continental]
https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10070/1/IV_FIN_110_Ti_Bujaico_Mallma_2020.pdf
- Cechin, G., Stolz, C., & Borges, Á. (2018). Influence of production systems on the properties of fresh and hardened shotcrete. *Ambiente Construido*, 18(2), 71-86.
<https://doi.org/10.1590/s1678-86212018000200243>
- Chumán, K., & Rivas, Y. (2020). Aditivos superplastificantes a base de policarboxilatos para mejorar las propiedades físico—Mecánicas del concreto fluido [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma].

https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/3665/CIV-T030_70330365_T%20%20%20RIVAS%20OCHOA%20YULIANA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cotrado, M., & Amado, D. (2022). Caracterización geomecánica del macizo rocoso para el diseño de un sostenimiento adecuado en mina Chaparra [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica del Perú].

https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/5732/M.Cotrado_D.Amado_Tesis_Titulo_Profesional_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Fernández, D. (2020). Estudio de durabilidad de hormigones proyectados [Tesis de pregrado, Escola de Camins].

https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/342954/TFG_Daniel_Fdz_Gran.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Galán, I., Stauffacher, A., Mittermayr, F., Thumann, M., Kusterle, W., Juilland, P., Stenger, C., & Lindlar, B. (2018). Estudio de las reacciones de hidratación temprana en el hormigón proyectado. V Congreso Iberoamericano de Hormigón Autocompactante y Hormigones Especiales, 5. <http://dx.doi.org/10.4995/HAC2018.2018.6907>

Ginouse, N., & Reny, S. (2023). Evolución de los materiales para el hormigón proyectado en los últimos 20 años. Hormigón al Día.

<https://hormigonaldia.ich.cl/recomendaciones-tecnicas/evolucion-de-los-materiales-para-el-hormigon-proyectado-en-los-ultimos-20-anos/>

Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile (2015). Shotcrete Guía Chilena del Hormigón Proyectado

Huacho, S., & La Fuente, J. (2021). Modelo de mejora del sostenimiento con shotcrete mediante la activación alcalina de relaves en una mina subterránea del Perú [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas].

https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/656610/Huacho_CS.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Ikumi, T., Salvador, R., & Aguado, A. (2022). Mix proportioning of sprayed concrete: A systematic literature review. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 124. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2022.104456>
- Kanda, M., & Stacey, T. (2021). Sensitivity of shotcrete Brazilian discs coated with thin spray-on liners to environmental conditions. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 121(7), 351-360. <https://doi.org/10.17159/2411-9717/1430/2021>
- Linares, C. (2018). Determinación de la resistencia temprana del hormigón proyectado: Correlación entre método normado UNE - EN 14488-2 y método alternativo [Tesis de pregrado, Universidad de Chile] <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/151305/Determinacion-de-resistencia-temprana-de-hormigon-proyectado-Correlacion-entre-metodo-normado.pdf?sequence=1>
- Liu, X., Lai, G., Guan, J., Qian, S., Wang, Z., Cui, S., Gao, F., Jiao, Y., & Tao, R. (2021). Technical optimization and life cycle assessment of environment-friendly superplasticizer for concrete engineering. *Chemosphere*, 281 <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130955>
- LP Building Products. (2017). Glosario de términos constructivos. LP Building Products. <https://lpchile.cl/wp-content/uploads/2017/08/GLOSARIO.pdf>
- Mamani, J. (2021). Diseño y optimización en costo y calidad del concreto lanzado en tuneles de la central hidroeléctrica Puno [Tesis de pregrado]. Universidad Católica de Santa María.
- Mendes, M., Passer, A., & Mittermayr, F. (2018). A Preliminary Systematic Investigation onto Sprayed Concrete's Environmental Performance. *Procedia CIRP*, 69, 212-217. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.11.108>
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2018). Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial. Ministerio de Transporte y Comunicaciones. https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/otra

s/Glosario%20de%20Terminos%20Uso%20Frecuente%20-
%20Enero%202018.pdf

Ning, F., Cai, Y., Bai, Y., Chen, B., & Zhang, F. (2019). Effect of expansive agent and internal curing agent on crack resistance of C50 silica fume wet-mix shotcrete. *Advances in Mechanical Engineering*, 11(1), 1687814018819167.

<https://doi.org/10.1177/1687814018819167>

Ortega, A. (2020). Influencia del aditivo superplastificante y fibra sintética en el diseño de shotcrete, aplicado como elemento de sostenimiento del macizo rocoso en la Mina Uchucchacua [Tesis de pregrado]. Universidad César Vallejo.

Pflucker, O., Ruiz, M., Linares, J., & Buiza, C. (2019). Sostenimiento de labores subterráneas: Una revisión de la literatura científica [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte].

<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/21335/Pflucker%20Mendoza%20Otto%20Martin%20-%20Ruiz%20Castillo%20Marco%20-%20Linares%20S%3a1nchez%20Jhonny%20Alexander%20-%20Buiza%20Mendoza%20Carlos%20Augusto.pdf?sequence=7&isAllowed=y>

Rojas, J. (2021). Diseño de shotcrete vía húmeda para construir el sostenimiento de rampa principal aplicando la norma ACI 506 mina Alpayana [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo].

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/70222/Rojas_AJS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Salazar, E. (2020). Evaluación geomacánica para determinar el tipo de sostenimiento en tajeos de explotación por el método de corte y relleno ascendente Unidad Minera Corona S.A. [Tesis de pregrado, Universidad Continental].

http://repositoriodemo.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8428/3/IV_FIN_110_TE_Salazar_Isla_2020.pdf

- Salvador, R., Rambo, D., Bueno, R., Silva, K., & Figueiredo, A. (2019). On the use of blast-furnace slag in sprayed concrete applications. *Construction and Building Materials*, 218, 543-555. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.05.132>
- Sánchez, A., & Tapia, L. (2019). Generación de una curva de tendencia de la pistola Hilti para el control de resistencias tempranas de shotcrete en minería subterránea [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte].
<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/21884/S%c3%a1nchez%20G%c3%b3mez%20Aricely%20-%20Tapia%20Vallejos%20Luis%20Orlando.PDF?sequence=1&isAllowed=y>
- Wang, W., Zeng, L., Du, S., Qiao, M., Chen, J., & Zhu, B. (2022). The Influence of Alkali-Free Shotcrete Accelerators on Early Age Hydration and Property Development within Cement Systems. *Materials*, 15(19), Article 19.
<https://doi.org/10.3390/ma15196907>

Anexos

	Pág.
Anexo 1: Cartilla geomecánica y mapeos geomecánicos.	2
Anexo 2: Resultados de resistencias iniciales antes de las modificaciones	6
Anexo 3: Resultados de resistencias iniciales antes de las modificaciones (4 horas)	12
Anexo 4. Resultados de resistencias iniciales durante las modificaciones	15
Anexo 5. Resultados de resistencias iniciales después de las modificaciones.....	18
Anexo 6: Procedimiento para obtener las resistencias iniciales	21
Anexo 7: Fotografías del Método B (penetrómetro)	26
Anexo 8: Fotografía del Método A (penetrómetro).....	30

Anexo 1: Cartilla geomecánica y mapeos geomecánicos.

Cartilla geomecánica utilizada para establecer el sostenimiento de acuerdo con la calidad de roca en la mina Iscaycruz.

SISTENIMIENTO DE LABORES MINERAS SEGUN INDICE GSI MUY LADO

SOSTENIMIENTO DE LABORES MINERAS EN ABERTURAS DE 3.5 a 4.0 m.

ESTRUCTURA

- C1:** Paredes fracturadas en forma espaciada. Autosostenible + 7 años.
- D1:** Paredes fracturadas en forma espaciada de corte de roca. Autosostenible + 4 meses aprox.
- D2:** Paredes fracturadas en forma espaciada + 2 meses aprox.
- D3:** Paredes fracturadas en forma espaciada + 1 mes aprox.
- D4:** Paredes fracturadas en forma espaciada + 1 mes aprox.
- D5:** Paredes fracturadas en forma espaciada + 1 mes aprox.
- D6:** Paredes fracturadas en forma espaciada + 1 mes aprox.
- D7:** Paredes fracturadas en forma espaciada + 1 mes aprox.
- D8:** Paredes fracturadas en forma espaciada + 1 mes aprox.
- D9:** Paredes fracturadas en forma espaciada + 1 mes aprox.
- D10:** Paredes fracturadas en forma espaciada + 1 mes aprox.
- D11:** Paredes fracturadas en forma espaciada + 1 mes aprox.
- D12:** Paredes fracturadas en forma espaciada + 1 mes aprox.
- D13:** Paredes fracturadas en forma espaciada + 1 mes aprox.
- D14:** Paredes fracturadas en forma espaciada + 1 mes aprox.
- D15:** Paredes fracturadas en forma espaciada + 1 mes aprox.
- D16:** Paredes fracturadas en forma espaciada + 1 mes aprox.
- D17:** Paredes fracturadas en forma espaciada + 1 mes aprox.
- D18:** Paredes fracturadas en forma espaciada + 1 mes aprox.
- D19:** Paredes fracturadas en forma espaciada + 1 mes aprox.
- D20:** Paredes fracturadas en forma espaciada + 1 mes aprox.

CONDICION SUPERFICIAL

BUENA (MUY RESISTENTE - FRESCA): SUPERFICIE LISA SIN DISCONTINUIDADES MUY RUGOSAS E INALTERADAS. CERRADAS. (SE ROMPE CON VARIOS GOLPES DE PICOTA)

REGULAR (RESISTENTE LEVEMENTE ALTERADA): DISCONTINUIDADES RUGOSAS E LEVEMENTE ALTERADAS. MANCHAS DE OXIDACION. (SE ROMPE CON UNO O DOS GOLPES DE PICOTA)

POBRE (MODERADAMENTE RESISTENTE - LEVEMENTE A MODERADAMENTE ALTERADA): DISCONTINUIDADES LINAS, MODERADAMENTE ALTERADAS. LIGERAMENTE ABIERTAS. (SE ROMPE CON VARIOS GOLPES DE PICOTA)

MUY POBRE (BASTANTE MUY ALTERADA): SUPERFICIE PULIDA O CON ESTRIACIONES MUY ALTERNAS. RELLENO COMPACTO O CON FRAGMENTOS DE ROCA. (IR: 5 A 25 MPa) (SE ROMPE MAS DE 3 ppm)

ESTRUCTURA MODERADAMENTE FRACTURADA: MUY BIEN TRABADA, NO DISTURBADA. BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES (ROD 25 - 75) (1 A 12 FRACT. POR METRO)

ESTRUCTURA MUY FRACTURADA MODERADAMENTE TRABADA: PARCIALMENTE DISTURBADA. BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES (ROD 25 - 50) (12 A 20 FRACT. POR METRO)

ESTRUCTURA INTENSAMENTE FRACTURADA: FLEQUEADO Y FALGAFERDO CON MUCHAS DISCONTINUIDADES INTERCEPTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS O PROFUNDAS (ROD 25 - 50) (MAS DE 20 FRACT. POR METRO)

METODOLOGIA DE APLICACION

ABERTURAS DE 3.5 a 4.0 m.,

INDICE GSI	INDICE RMR	CALIDAD DE ROCA	TIPO DE SOPORTE	TIEMPO DE AUTOSOPORTE
Fracturada / Buena (FB)	60-70	BUENA	A	2 años Aprox.
Fracturada / Regular (FR)	51-60	REGULAR A	B	8 Meses Aprox.
Fracturada / Pobre (FP)	41-50	REGULAR B	C	2 Meses Aprox.
Muy Fracturada / Buena (MFB)	51-60	REGULAR A	B	8 Meses Aprox.
Muy Fracturada / Regular (MFR)	41-50	REGULAR B	C	2 Meses Aprox.
Muy Fracturada / Pobre (MFP)	31-40	MALA A	D	1 Semanas Aprox.
Muy Fracturada / Muy Pobre (MFBP)	21-30	MALA B	F	1 Día Aprox.
Intensamente Fracturada / Regular (IFR)	31-40	MALA A	D	1 Semanas Aprox.
Intensamente Fracturada / Pobre (IFP)	21-30	MALA B	E	1 Día Aprox.
Intensamente Fracturada / Muy Pobre (IFMP)	<20	MUY MALA	F	8 Meses Aprox.

Los cálculos realizados para la elaboración de esta tabla fueron en base a los valores del Sistema RMR y los valores del GSI fueron tomados del rock, con esto se ha determinado las líneas de autosostenimiento y el tipo de sostenimiento sugerido. Para el uso de esta tabla se requiere lo siguiente:

1. Criterio y reconocimiento del número de fracturas por metro lineal para el cálculo del RMR
2. Reconocimiento de juntas rugosas tipo de mineral de una fractura
3. El tipo de sostenimiento sugerido es en base a parámetros y calificaciones internacionales aplicadas a la realidad de la mina

* La clasificación y selección del soporte geotécnico mediante las escalas de calificación de soporte a destiempo se requiere de un sostenimiento más pronto

* Para la aplicación del Sistema RMR se deberá determinar la zona antes de volar y se deberá revisar a parte inferior del hazca hasta completar en la boveda de labor

* Los pernos deberán ser colocados de forma perpendicular al principal sistema de fracturamiento. La red de electrocables, deberá ser pegado en su totalidad al marco rocoso

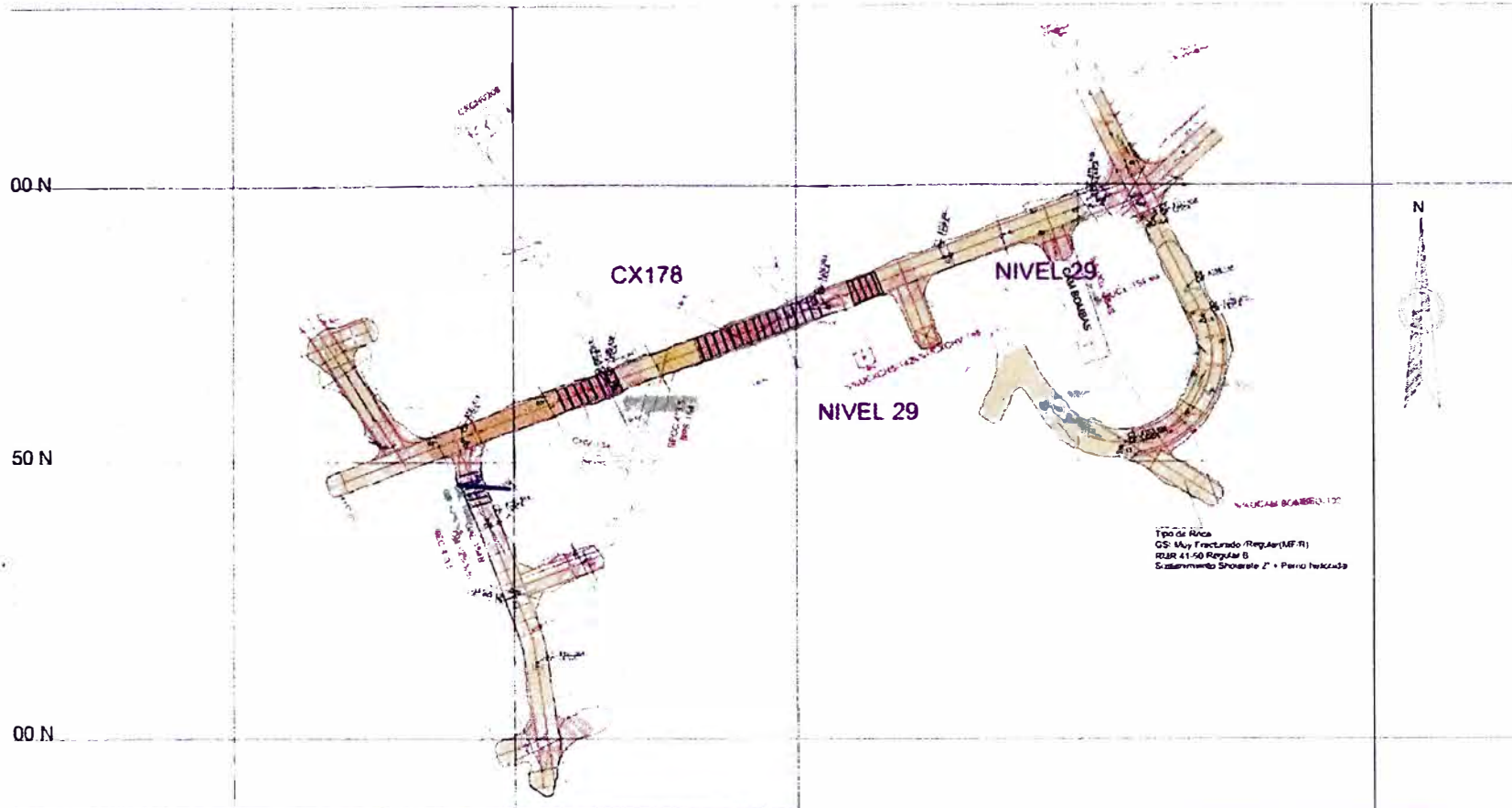
* En la colocación de Cintas deberá considerarse el correcto alineamiento, perpendicularidad, el anclaje y topado de la cinta a la superficie de la sección de estaca que cumple su función estructural y no sirve como taludado

* La colocación del soporte según el GSI no se aplica en los casos siguientes:

- a. Si presentan tensiones de relajamiento por estar cerca de superficies laterales altas por estar muy profundas o cerca de una falla
- b. Si presentan flujo de agua > 125 litros/minuto en 10 metros de labor
- c. Si presentan sistemas de fracturas principales paralelos a superficies > 45° a la dirección del eje de labor

Si se presentan las condiciones mencionadas anteriormente se deberá realizar una corrección al GSI incrementando el tipo de soporte según la gravedad, por ejm. pasar de una categoría de sostenimiento "C" a "E"

MECANICA DE ROCAS



ESTÁNDAR DE SOSTENIMIENTO						
CATEGORÍA	CLASIFICACIÓN	RANGO	DESCRIPCIÓN	SOSTENIMIENTO		OBSERVACIONES
				TIPO	ESPESOR	
REGULAR A	II A	31-50	Fracturada Regular o Muy Fracturada Buena	4 metros Apoyo	12 metros	Pared Horizontal de F. espesada, en zonas de riesgo de caída de rocas
REGULAR B	II B	41-50	Muy Fracturada Regular o Fracturada Buena	21 días Apoyo	8 metros	Estratos de F. + Paredes Horizontales de F. Espesadas, espesadas a 1.5 m c/c
MALA A	IV A	31-40	Fracturada Muy Buena o Muy Fracturada Buena	3 días Apoyo	6 metros	Estratos Z + Malla Sustronómica o Malla + Paredes Horizontales de F. Sustronómica, espesadas a 1.8 m c/c
MALA B	IV B	21-30	Muy Fracturada Muy Buena o Sustronómica Buena	1 día Apoyo	3 metros	Cimbra M6, esp. 1.5 m c/c. Con muro de concreto
MUY MALA	V	< 20	Sustronómica Buena o Muy Buena	3 hrs. Apoyo a Celapno instantáneo	1 metro	Cimbra M6, esp. 1.2 m c/c. Con muro de concreto

- LEYENDA**
- FALLA
 - FRACTURAS
 - ESTRATO
 - GOTEJO BAJO
 - GOTEJO MEDIO
 - FLUJO

EMPRESA MINERA LOS QUENUALES S.A.
UNIDAD MINERA LOS QUENUALES

PLANO GEOMECANICO DE LABOR

MINA LIMPE CENTRO
Nº 30
GAL 154 SUR
LABOR: TEMPORAL

1/1000



ESTANDAR DE SOSTENIMIENTO						
ESTRATO	TIPO	GRADO	CLAS.	DESCRIPCIÓN	APLICACIONES	RECOMENDACIONES
REGULAR	B	1	1-10	Fracturada - Regular a Muy Fracturada - Buena	3 a 5 mm Espes.	11 metros
REGULAR	B	2	11-15	Muy Fracturada - Regular a Fracturada - Buena	2 a 3 mm Espes.	8 metros
REGULAR	B	3	16-20	Fracturada - Muy Buena a Muy Fracturada - Buena	1 a 2 mm Espes.	5 a 6 metros
REGULAR	B	4	21-25	Muy Fracturada - Muy Buena a Fracturada - Buena	1 mm Espes.	3 a 4 metros
REGULAR	B	5	26-30	Fracturada - Muy Buena a Fracturada - Buena	0.5 mm Espes.	2 a 3 metros

- LEYENDA**
- FALLA
 - FRACTURAS
 - ESTRATO
 - GOTEO BAJO
 - GOTEO MEDIO
 - FLUJO

EMPRESA MINERA LOS QUENUALES S.A.
 UNIDAD MINERA LOS QUENUALES

PLANO GEOMECANICO DE LABOR

MINA CHUPA
 Nv -6
 RPA(-)
 PLANO DESATADO DE ROCAS

1/1000

Anexo 2: Resultados de resistencias iniciales antes de las modificaciones

MÉTODO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN PROYECTADO - RESISTENCIAS INICIALES EN14488-2 (MÉTODO A - PENETRÓMETRO)												
CLIENTE	Los Quenuales S.A.					Mina Limpe Centro						
UNIDAD	Iscaycruz											
TIPO DE MUESTRA	Concreto Lanzado											
ZONA DE MUESTREO	Nivel -23 Crucero 230					FECHA 11/09/2013						
Diseño Shotcrete: 210 kg/cm2					Observaciones:							
Diseño elaborado en la planta de concreto - Iscaycruz												
Materiales			Unidad	Peso/secos								
Cemento			kg	355								
Arena			kg	1740								
Agua			Lt.	185								
Plastificante Rheobuild 10			Lt	4.29								
Estabilizador Delvo			Lt.	1.83								
Fibra Enduro			kg	5.00								
GK in mm	16	SLUMP	8 1/4"			T. Concreto (°C)	15	Hora Lanzado			11:55am	
Relación agua / cemento			0.52			Accelerante Meyco SA 160			27.5 Litros			
EDAD (minutos)	VALORES INDIVIDUALES EN Kg - PENETRÓMETRO										PROMEDIO (Kg.)	RESISTENCIA (Mpa)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
30	22	22	17	19	18	17	18	17	19	20	18.90	0.31
60	30	30	29	29	25	20	19	20	22	22	24.60	0.40
90	32	30	32	36	36	34	32	32	34	37	33.50	0.55
120	37	38	40	40	39	37	35	31	35	40	37.44	0.62
150	45	47	45	42	45	47	42	42	41	40	43.60	0.72
180	49	48	48	50	50	47	45	47	50	52	48.60	0.80
210	50	50	51	52	52	55	56	50	52	54	52.20	0.86
240	57	62	64	64	64	62	62	65	65	66	63.10	1.04

DESARROLLO DE RESISTENCIAS TEMPRANAS EN EL SHOTCRETE NORMA EN14488-2 (MÉTODO A)

Time (Hours - Minutes)	Compressive Strength (MPa)
30	0.31
60	0.40
90	0.55
120	0.62
150	0.72
180	0.80
210	0.86
240	1.04

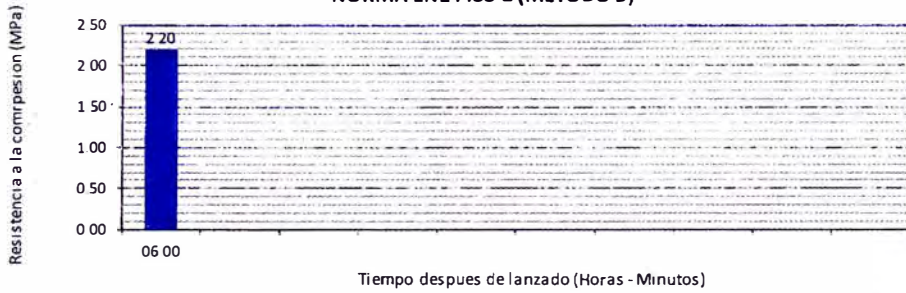
MÉTODO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN PROYECTADO - RESISTENCIAS INICIALES - EN14488 (MÉTODO B - PISTOLA HILTI)

CLIENTE	Los Quenuales S.A.	Mina:	Limpe Centro
UNIDAD	Iscaycruz		
TIPO DE MUESTRA	Concreto Lanzado		
ZONA DE MUESTREO	Nivel -23 Crucero 230	FECHA	11/09/2013

Diseño Shotcrete: 210 Kg/cm²			Observaciones:		
Materiales	Unidad	Peso/secos	* Diseño de shotcrete elaborado en planta de concreto - Iscaycruz		
Cemento	kg	355	*Pruebas realizadas en interior mina, para las pruebas se empleo la pistola Hilti DX450		
Arena	kg	1740	*Para la interpretación de resultados se tomo como referencia la Norma EN_1488-2 METODO-B		
Agua	Lt	185			
Plastificante - Rheobuild 1000	Lt	4.29			
Estabilizador Delvo	Lt	1.83			
Fibra Enduro	kg	5.00			

HORA LANZADO (h:min.)	EDAD ENSAYO (h:min.)	T. AMBIENTE	PERNO / LONGITUD TOTAL (mm)	SALIENTE / PERNO (mm)	PENETRACIÓN DEL PERNO (mm)	LECTURA DE CARGA A LA TRACCION	N/mm	PROMEDIO (N/mm)	Resistencia shotcrete (MPa)
11 55 a m	06 00	10	80	16	64	978	15.3	14.09	2.20
				19	61	889	14.6		
				13	67	800	11.9		
				19	61	889	14.6		
				16	64	978	15.3		
				16	64	889	13.9		
				16	64	1022	16.0		
				12	68	845	12.4		
				12	68	889	13.1		
				15	65	895	13.8		

DESARROLLO DE RESISTENCIAS TEMPRANAS EN EL SHOTCRETE NORMA EN14488-2 (MÉTODO B)



MÉTODO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN PROYECTADO - RESISTENCIAS INICIALES EN14488-2 (MÉTODO A - PENETRÓMETRO)

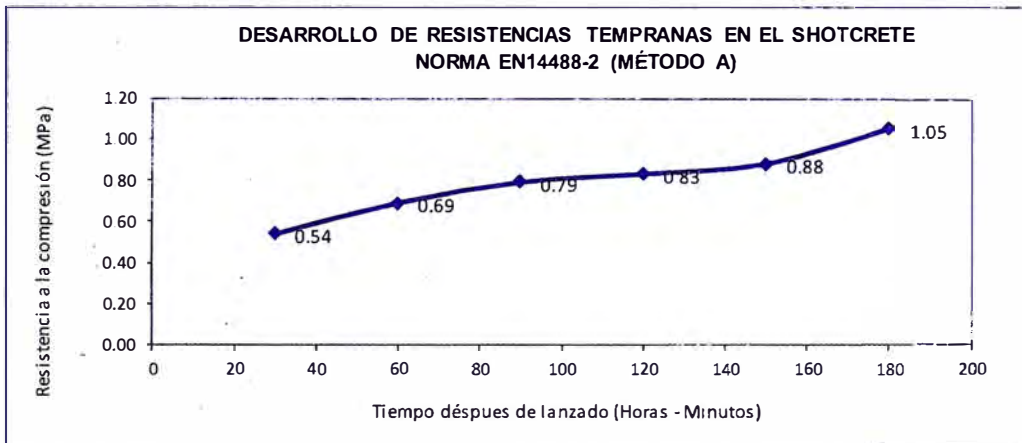
CLIENTE	Los Quenuales S.A.	Mina	Limpe Centro
UNIDAD	Iscaycruz		
TIPO DE MUESTRA	Concreto Lanzado		
ZONA DE MUESTREO	Nivel -23 By Pass 230 Sur	FECHA	11/09/2013

Diseño Shotcrete: 280 kg/cm2		
Materiales	Unidad	Peso/secos
Cemento	kg	390
Arena	kg	1655
Agua	Lt	185
Plastificante Rheobuild 10	Lt.	4.55
Estabilizador Delvo	Lt	2.00
Fibra Enduro	kg	5.00

Observaciones:
Diseño elaborado en la planta de concreto - Iscaycruz

GK in mm	16	SLUMP	8"	T. Concreto (°C)	14.8	Hora Lanzado	10.50am
Relación agua / cemento	0.47		Accelerante Meyco SA 160	29.5 Litros			

EDAD (minutos)	VALORES INDIVIDUALES EN Kg - PENETRÓMETRO										PROMEDIO (Kg.)	RESISTENCIA (Mpa)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
30	28	37	30	42	28	26	38	38	28	32	32.70	0.54
60	37	40	47	42	39	44	42	46	44	38	41.90	0.69
90	45	52	52	48	57	47	42	37	50	49	47.90	0.79
120	49	49	50	47	49	52	52	54	54	50	50.60	0.83
150	50	50	52	52	54	52	56	54	57	55	53.20	0.88
180	62	62	67	57	67	67	62	62	64	67	63.70	1.05



MÉTODO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN PROYECTADO - RESISTENCIAS INICIALES - EN1488 (MÉTODO B - PISTOLA HILTI)

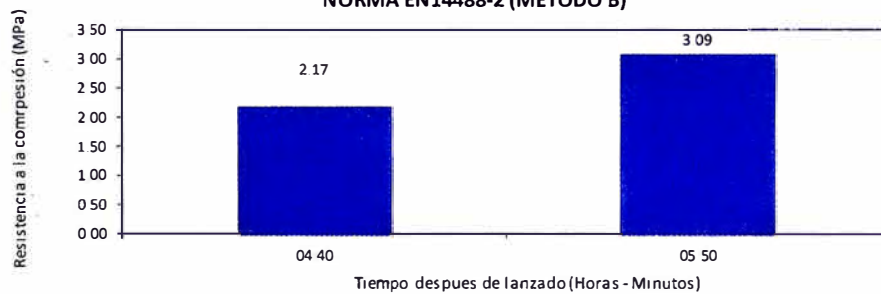
CLIENTE	Los Quenuales S A	Mina:	Limpe Centro
UNIDAD	Iscaycruz		
TIPO DE MUESTRA	Concreto Lanzado		
ZONA DE MUESTREO	Nivel -23 By Pass 230 Sur	FECHA	11/09/2013

Diseño Shotcrete: 280kg/cm ²			Observaciones: * Diseño de shotcrete elaborado en planta de concreto - Iscaycruz * Pruebas realizadas en interior mina, para las pruebas se empleo la pistola Hilti DX450 * Para la interpretación de resultados se tomo como referencia la Norma EN_1488-2 METODO-B
Materiales	Unidad	Peso/secos	
Cemento	kg	390	
Arena	kg	1655	
Agua	Lt	185	
Plastificante - Rheobuild 1	Lt	4 55	
Estabilizador Delvo	Lt	2 00	
Fibra Enduro	kg	5 00	

HORA LANZADO (h:min.)	EDAD ENSAYO (h:min.)	T. AMBIENTE	PERNO / LONGITUD TOTAL (mm)	SALIENTE / PERNO (mm)	PENETRACIÓN DEL PERNO (mm)	LECTURA DE CARGA A LA TRACCION	N/mm	PROMEDIO (N/mm)	Resistencia shotcrete (MPa)
10 50 a m	04 40	9 6	80	10	70	800	11 4	14 06	2 17
				16	64	1111	17 4		
				17	63	1245	19 6		
				16	64	978	15 3		
				15	65	756	11 6		
				15	65	978	15 0		
				10	70	845	12 1		
				15	65	889	13 7		
				10	70	889	12 7		
				12	68	800	11 8		

HORA LANZADO (h:min.)	EDAD ENSAYO (h:min.)	T. AMBIENTE	PERNO / LONGITUD TOTAL (mm)	SALIENTE / PERNO (mm)	PENETRACIÓN DEL PERNO (mm)	LECTURA DE CARGA A LA TRACCION	N/mm	PROMEDIO (N/mm)	Resistencia shotcrete (MPa)
10 50 a m	05 50	9 8	80	10	70	445	6 4	21 29	3 09
				18	62	1556	25 1		
				15	65	1556	23 9		
				17	63	1245	19 9		
				18	62	1111	17 9		
				19	61	1889	27 7		
				18	62	1422	22 2		
				10	70	978	14 0		
				16	64	1778	27 6		
17	63	1778	28 2						

DESARROLLO DE RESISTENCIAS TEMPRANAS EN EL SHOTCRETE NORMA EN1488-2 (MÉTODO B)



MÉTODO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN PROYECTADO - RESISTENCIAS INICIALES EN14488-2 (MÉTODO A - PENETRÓMETRO)

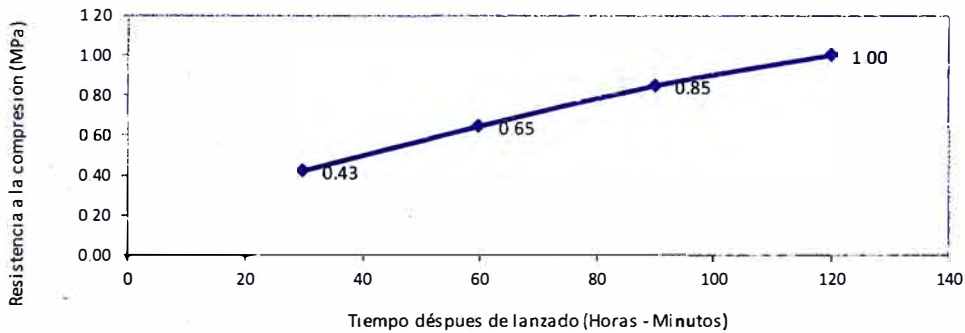
CLIENTE	Los Quenuales S A	Mina Chupa
UNIDAD	Iscaycruz	
TIPO DE MUESTRA	Concreto Lanzado	
ZONA DE MUESTREO	Nivel -7 Rampa 910	FECHA 12/09/2013

Diseño Shotcrete: 320 kg/cm²			Observaciones:
Materiales	Unidad	Peso/secos	Diseño elaborado en la planta de concreto - Iscaycruz
Cemento	kg	420	
Arena	kg	1491	
Agua	Lt	185	
Plastificante Rheobuild 1000	Lt	5.01	
Estabilizador Deivo	Lt	2.14	
Fibra Enduro	kg	5.00	

GK in mm	16	SLUMP	8 1/4"	T. Concreto (°C)	16	Hora Lanzado	11 00am
Relación agua / cemento	0.44		Accelerante Meyco SA 160	25.0 Litros			

EDAD (minutos)	VALORES INDIVIDUALES EN Kg - PENETRÓMETRO										PROMEDIO (Kg.)	RESISTENCIA (Mpa)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
30	25	27	26	27	27	28	26	26	25	27	26.40	0.43
60	42	42	39	39	40	37	35	40	42	40	39.60	0.65
90	47	47	50	50	50	50	55	57	55	56	51.70	0.85
120	64	59	60	60	59	60	59	62	60	67	61.00	1.00

DESARROLLO DE RESISTENCIAS TEMPRANAS EN EL SHOTCRETE NORMA EN14488-2 (MÉTODO A)



MÉTODO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN PROYECTADO - RESISTENCIAS INICIALES - EN14488 (MÉTODO B - PISTOLA HILTI)

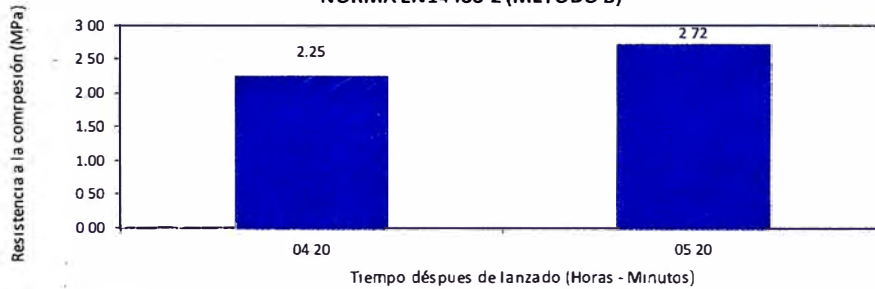
CLIENTE	Los Quenuales S A	Mina:	Chupa
UNIDAD	Iscaycruz		
TIPO DE MUESTRA	Concreto Lanzado		
ZONA DE MUESTREO	Nivel -7 Rampa 910	FECHA	12/09/2013

Diseño Shotcrete: 320kg/cm2			Observaciones: * Diseño de shotcrete elaborado en planta de concreto - Iscaycruz * Pruebas realizadas en interior mina, para las pruebas se empleo la pistola Hilti DX450 * Para la interpretación de resultados se tomo como referencia la Norma EN_1488-2 MÉTODO-B
Materiales	Unidad	Peso/secos	
Cemento	kg	420	
Arena	kg	1591	
Agua	Lt	185	
Plastificante - Rheobuild 1	Lt	5 01	
Estabilizador Delvo	Lt	2 14	
Fibra Enduro	kg	5 00	

HORA LANZADO (h:min.)	EDAD ENSAYO (h:min.)	T. AMBIENTE	PERNO/ LONGUITUD TOTAL (mm)	SALIENTE/ PERNO (mm)	PENETRACIÓN DEL PERNO (mm)	LECTURA DE CARGA A LA TRACCION	N/mm	PROMEDIO (N/mm)	Resistencia shotcrete (MPa)
10 50 a m.	04 20	10	80	12	68	1778	26 1	14 64	2 25
				12	68	889	13 1		
				14	66	889	13 5		
				12	68	889	13 1		
				12	68	800	11 8		
				10	70	889	12 7		
				10	70	978	14 0		
				12	68	978	14 4		
				14	66	889	13 5		
				11	69	978	14 2		

HORA LANZADO (h:min.)	EDAD ENSAYO (h:min.)	T. AMBIENTE	PERNO/ LONGUITUD TOTAL (mm)	SALIENTE/ PERNO (mm)	PENETRACIÓN DEL PERNO (mm)	LECTURA DE CARGA A LA TRACCION	N/mm	PROMEDIO (N/mm)	Resistencia shotcrete (MPa)
10 50 a m.	05 20	10	80	12	68	1334	19 6	18 20	2 72
				13	67	1111	16 6		
				13	67	1245	18 6		
				13	67	1111	16 6		
				15	65	1156	17 8		
				14	66	1245	18 9		
				12	68	1156	17 0		
				15	65	1245	19 2		
				14	66	1156	17 5		
				14	66	1334	20 2		

DESARROLLO DE RESISTENCIAS TEMPRANAS EN EL SHOTCRETE NORMA EN14488-2 (MÉTODO B)



Anexo 3: Resultados de resistencias iniciales antes de las modificaciones (4 horas)

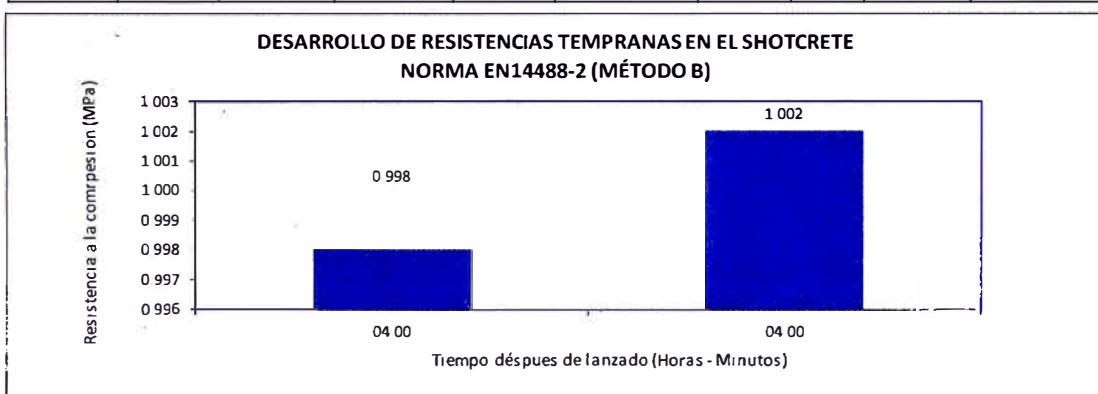
MÉTODO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN PROYECTADO - RESISTENCIAS INICIALES - EN14488 (MÉTODO B - PISTOLA HILTI)

CLIENTE	Los Quenuales S.A	Mina:	Limpe Centro
UNIDAD	Iscaycruz		
TIPO DE MUESTRA	Concreto Lanzado		
ZONA DE MUESTREO	Nivel -23 Crucero 294	FECHA	9/10/2013

Diseño Shotcrete: 210 Kg/cm ²			Observaciones:
Materiales	Unidad	Peso/secos	* Diseño de shotcrete elaborado en planta de concreto - Iscaycruz * Pruebas realizadas en interior mina, para las pruebas se empleo la pistola Hilti DX450 * Para la interpretacion de resultados se tomo como referencia la Norma EN_1488-2 MÉTODO-B
Cemento	kg	355	
Arena	kg	1740	
Agua	Lt.	185	
Plastificante - Rheobuild 1	Lt	4 29	
Estabilizador Delvo	Lt	1 83	
Fibra Enduro	kg	5 00	

HORA LANZADO (h:min.)	EDAD ENSAYO (h:min.)	T. AMBIENTE(C°)	PERNO / LONGITUD TOTAL (mm)	SALIENTE / PERNO (mm)	PENETRACIÓN DEL PERNO (mm)	LECTURA DE CARGA A LA TRACCION	N/mm	PROMEDIO (N/mm)	Resistencia shotcrete (MPa)
09 30am	04 00	9 5	80	18	62	310	5 0	4 97	0 998
				18	62	312	5 0		
				17	63	308	4 9		
				16	64	315	4 9		
				17	63	311	4 9		
				18	62	310	5 0		
				17	63	310	4 9		
				16	64	320	5 0		
				16	64	318	5 0		
				16	64	316	5 1		

HORA LANZADO (h:min.)	EDAD ENSAYO (h:min.)	T. AMBIENTE	PERNO / LONGITUD TOTAL (mm)	SALIENTE / PERNO (mm)	PENETRACIÓN DEL PERNO (mm)	LECTURA DE CARGA A LA TRACCION	N/mm	PROMEDIO (N/mm)	Resistencia shotcrete (MPa)
09 30am	04 00	9 8	80	19	68	310	5 1	5 01	1 002
				18	67	312	5 0		
				18	67	308	5 0		
				16	67	315	4 9		
				16	65	311	4 9		
				19	66	310	5 1		
				17	68	310	4 9		
				16	65	320	5 0		
				18	66	318	5 1		
				18	66	316	5 1		



MÉTODO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN PROYECTADO - RESISTENCIAS INICIALES - EN14488 (MÉTODO B - PISTOLA HILTI)

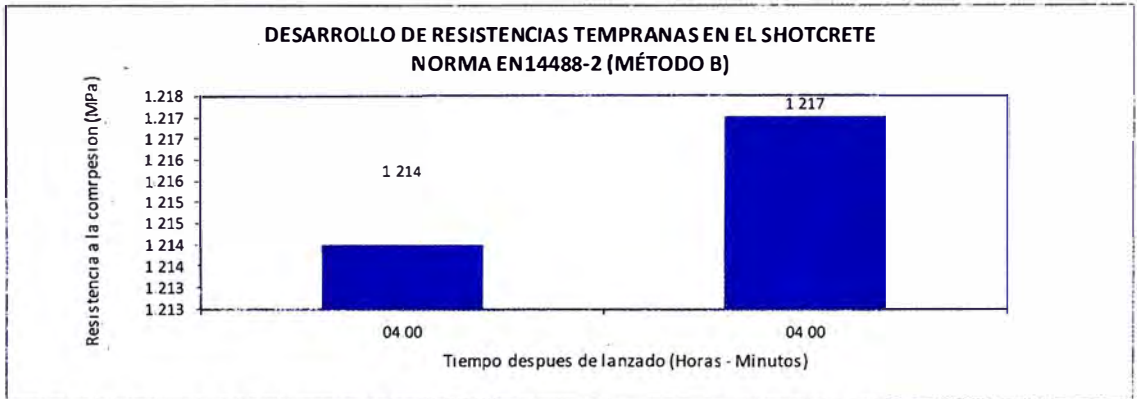
CLIENTE	Los Quenuales S.A	Mina:	Chupa
UNIDAD	Iscaycruz		
TIPO DE MUESTRA	Concreto Lanzado		
ZONA DE MUESTREO	Nivel -9 Crucero 160	FECHA	9/10/2013

Diseño Shotcrete:	280kg/cm2	Observaciones:
Materiales	Unidad	Peso/secos
Cemento	kg	390
Arena	kg	1655
Agua	Lt	185
Plastificante - Rheobuild 1	Lt	4.55
Estabilizador Delvo	Lt	1.83
Fibra Enduro	kg	5 00

* Diseño de shotcrete elaborado en planta de concreto - Iscaycruz
 * Pruebas realizadas en interior mina, para las pruebas se empleo la pistola Hilti DX450
 * Para la interpretación de resultados se tomo como referencia la Norma EN_1488-2 MÉTODO-B

HORA LANZADO (h:min.)	EDAD ENSAYO (h:min.)	T. AMBIENTE	PERNO/ LONGUITUD TOTAL (mm)	SALIENTE/ PERNO (mm)	PENETRACIÓN DEL PERNO (mm)	LECTURA DE CARGA A LA TRACCION	N/mm	PROMEDIO (N/mm)	Resistencia shotcrete (MPa)
2 10pm	04 00	9 2	80	16	64	440	6 9	6 64	1 214
				14	66	435	6 6		
				15	65	440	6 8		
				15	65	432	6 6		
				14	66	428	6 5		
				14	66	440	6 7		
				15	65	430	6 6		
				14	66	425	6 4		
				14	66	430	6 5		
				15	65	440	6 8		

HORA LANZADO (h:min.)	EDAD ENSAYO (h:min.)	T. AMBIENTE	PERNO/ LONGUITUD TOTAL (mm)	SALIENTE/ PERNO (mm)	PENETRACIÓN DEL PERNO (mm)	LECTURA DE CARGA A LA TRACCION	N/mm	PROMEDIO (N/mm)	Resistencia shotcrete (MPa)
2 10pm	04 00	9 5	80	15	65	440	6 8	6 68	1 217
				14	66	430	6 5		
				14	66	425	6 4		
				15	65	430	6 6		
				16	64	432	6 8		
				16	64	428	6 7		
				15	65	440	6 8		
				14	66	440	6 7		
				14	66	435	6 6		
				15	65	440	6 9		



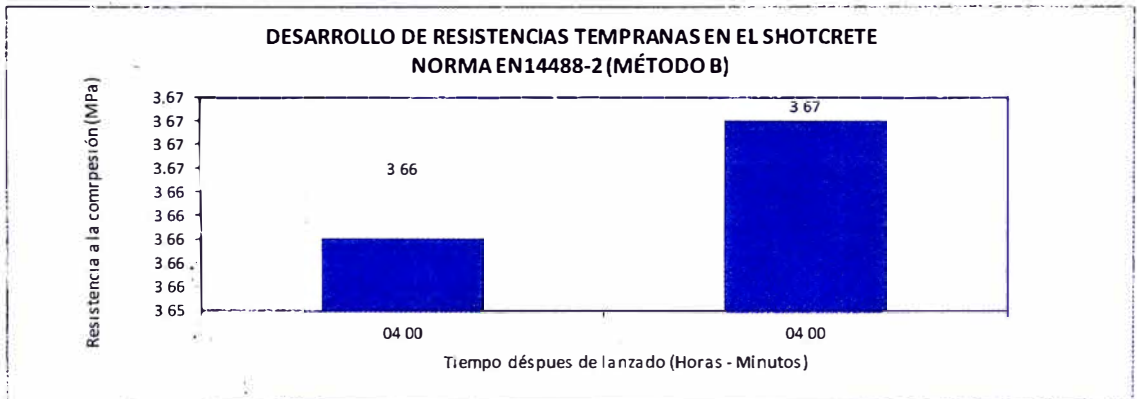
MÉTODO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN PROYECTADO - RESISTENCIAS INICIALES - EN14488 (MÉTODO B - PISTOLA HILTI)

CLIENTE	Los Quenuales S.A.	Mina:	Limpe Centro
UNIDAD	Iscaycruz		
TIPO DE MUESTRA	Concreto Lanzado		
ZONA DE MUESTREO	Nivel -27 Crucero 182	FECHA	10/10/2013

Diseño Shotcrete: 320kg/cm2	Observaciones:		
Materiales	Unidad	Peso/secos	* Diseño de shotcrete elaborado en planta de concreto - Iscaycruz
Cemento	kg	420	*Pruebas realizadas en interior mina, para las pruebas se empleo la pistola Hilti DX450 *Para la interpretacion de resultados se tomo como referencia la Norma EN_1488-2 MÉTODO-B
Arena	kg	1591	
Agua	Lt.	185	
Plastificante - Rheobuild 1	Lt.	5 01	
Estabilizador Delvo	Lt	2 14	
Fibra Enduro	kg	5.00	

HORA LANZADO (h:min.)	EDAD ENSAYO (h:min.)	T. AMBIENTE	PERNO / LONGUITUD TOTAL (mm)	SALIENTE / PERNO (mm)	PENETRACIÓN DEL PERNO (mm)	LECTURA DE CARGA A LA TRACCION	N/mm	PROMEDIO (N/mm)	Resistencia shotcrete (MPa)
10.20 a m	04 00	11	80	10	70	1750	25 0	25 47	3 66
				12	68	1760	25 9		
				12	68	1754	25 9		
				10	70	1742	24 9		
				13	67	1762	26 3		
				12	68	1750	25 7		
				11	69	1740	25 2		
				10	70	1745	24 9		
				10	70	1750	25 0		
				12	68	1780	25 9		

HORA LANZADO (h:min.)	EDAD ENSAYO (h:min.)	T. AMBIENTE	PERNO / LONGUITUD TOTAL (mm)	SALIENTE / PERNO (mm)	PENETRACIÓN DEL PERNO (mm)	LECTURA DE CARGA A LA TRACCION	N/mm	PROMEDIO (N/mm)	Resistencia shotcrete (MPa)
10.20 a m	04 00	11 2	80	13	68	1752	26 3	25 53	3 67
				12	67	1750	25 7		
				11	67	1740	25 2		
				10	67	1760	25 1		
				12	65	1754	25 8		
				10	66	1742	24 9		
				12	68	1762	25 9		
				10	65	1750	25 0		
				12	66	1740	25 6		
				12	66	1755	25.8		



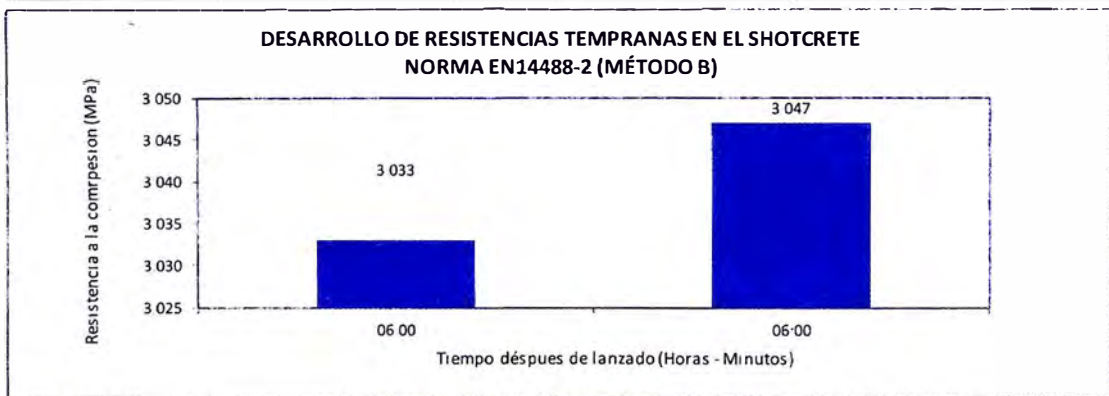
Anexo 4. Resultados de resistencias iniciales durante las modificaciones

MÉTODO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN PROYECTADO - RESISTENCIAS INICIALES - EN14488 (MÉTODO B - PISTOLA HILTI)

CLIENTE	Los Quenuales S A	Mina:	Limpe Centro
UNIDAD	Iscaycruz		
TIPO DE MUESTRA	Concreto Lanzado		
ZONA DE MUESTREO	Nivel -14 Crucero 442	FECHA	15/11/2013

Diseño Shotcrete: 280kg/cm ²			Observaciones:						
Material	Unidad	Peso/secos	* Diseño de shotcrete elaborado en planta de concreto - Iscaycruz						
Cemento	kg	390	*Pruebas realizadas en interior mina, para las pruebas se empleo la pistola Hilti DX450						
Arena	kg	1655	*Para la interpretacion de resultados se tomo como referencia la Norma EN_1488-2 METODO-B						
Agua	Lt.	185							
Plasticante - Rheobuild 1	Lt.	7 02							
Estabilizador Delvo	Lt.	2 00							
Fibra Enduro	kg	5 00							
HORA LANZADO (h:min.)	EDAD ENSAYO (h:min.)	T. AMBIENTE	PERNO / LONGITUD TOTAL (mm)	SALIENTE / PERNO (mm)	PENETRACIÓN DEL PERNO (mm)	LECTURA DE CARGA A LA TRACCION	N/mm	PROMEDIO (N/mm)	Resistencia shotcrete (MPa)
10 20am	06 00	9 5	80	10	70	1425	20 4	20 64	3 033
				13	67	1426	21 3		
				12	68	1427	21 0		
				11	69	1421	20 6		
				10	70	1422	20 3		
				10	70	1425	20 4		
				10	70	1428	20 4		
				10	70	1422	20 3		
				12	68	1431	21 0		
				11	69	1425	20 7		

HORA LANZADO (h:min.)	EDAD ENSAYO (h:min.)	T. AMBIENTE	PERNO / LONGITUD TOTAL (mm)	SALIENTE / PERNO (mm)	PENETRACIÓN DEL PERNO (mm)	LECTURA DE CARGA A LA TRACCION	N/mm	PROMEDIO (N/mm)	Resistencia shotcrete (MPa)
10 20am	06 00	9 8	80	11	69	1427	20 7	20 77	3 047
				10	70	1421	20 3		
				18	62	1422	22 9		
				10	70	1425	20 4		
				10	70	1426	20 4		
				12	68	1422	20 9		
				11	69	1425	20 7		
				11	69	1428	20 7		
				10	70	1422	20 3		
				10	70	1425	20 4		



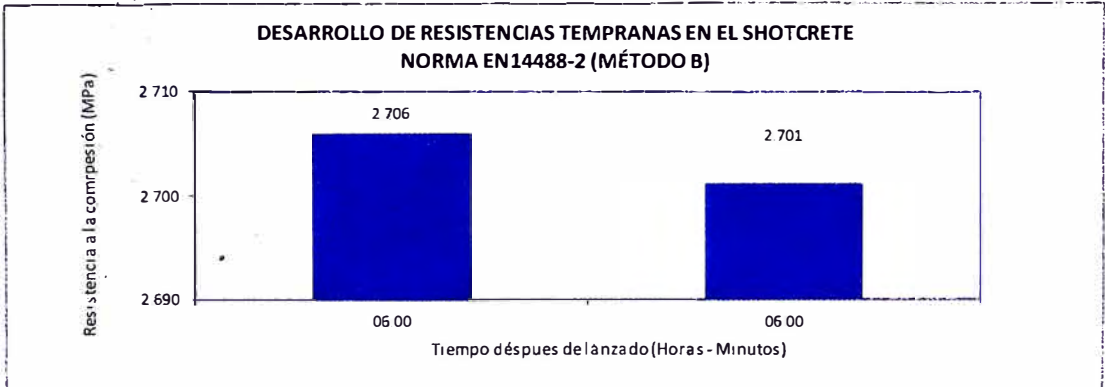
MÉTODO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN PROYECTADO - RESISTENCIAS INICIALES - EN14488 (MÉTODO B - PISTOLA HILTI)

CLIENTE	Lps Quenuales S A	Mina:	Limpe Centro
UNIDAD	Iscaycruz		
TIPO DE MUESTRA	Concreto Lanzado		
ZONA DE MUESTREO	Nivel -23 Crucero 250	FECHA	16/11/2013

Diseño Shotcrete: 320kg/cm ²			Observaciones: * Diseño de shotcrete elaborado en planta de concreto - Iscaycruz * Pruebas realizadas en interior mina, para las pruebas se empleo la pistola Hilti DX450 * Para la interpretacion de resultados se tomo como referencia la Norma EN_1488-2 MÉTODO-B
Material	Unidad	Peso/secos	
Cemento	kg	420	
Arena	kg	1591	
Agua	Lt.	185	
Plastificante - Rheobuild 1	Lt.	7 56	
Estabilizador Delvo	Lt.	2 14	
Fibra Enduro	kg	5 00	

HORA LANZADO (h:min.)	EDAD ENSAYO (h:min.)	T. AMBIENTE	PERNO/ LONGUITUD TOTAL (mm)	SALIENTE / PERNO (mm)	PENETRACIÓN DEL PERNO (mm)	LECTURA DE CARGA A LA TRACCION	N/mm	PROMEDIO (N/mm)	Resistencia shotcrete (MPa)
2 30pm	06 00	10	80	12	68	1250	18 4	18 10	2 706
				11	69	1250	18 1		
				12	68	1245	18 3		
				11	69	1240	18 0		
				10	70	1249	17 8		
				12	68	1245	18 3		
				12	68	1248	18 4		
				11	69	1244	18 0		
				10	70	1255	17 9		
				10	70	1249	17 8		

HORA LANZADO (h:min.)	EDAD ENSAYO (h:min.)	T. AMBIENTE	PERNO/ LONGUITUD TOTAL (mm)	SALIENTE / PERNO (mm)	PENETRACIÓN DEL PERNO (mm)	LECTURA DE CARGA A LA TRACCION	N/mm	PROMEDIO (N/mm)	Resistencia shotcrete (MPa)
2 30pm	06 00	10 1	80	12	68	1752	18 2	18 06	2 701
				11	67	1750	18 1		
				10	67	1740	17 8		
				12	67	1760	17 7		
				10	65	1754	17 8		
				12	66	1742	18 3		
				11	68	1762	18 0		
				12	65	1750	18 2		
				12	66	1740	18 4		
				11	66	1755	18 1		



MÉTODO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN PROYECTADO - RESISTENCIAS INICIALES - EN14488 (MÉTODO B - PISTOLA HILTI)

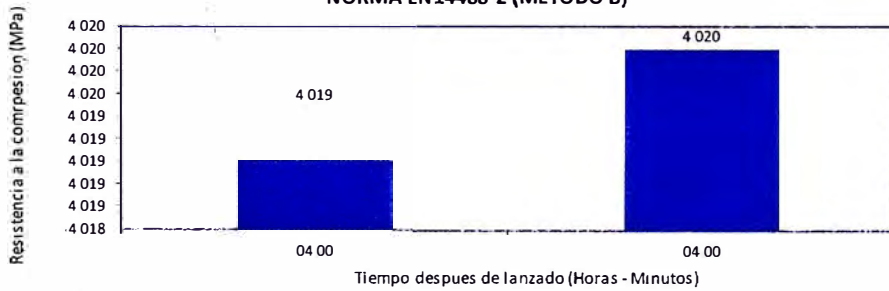
CLIENTE	Los Quenuales S A	Mina:	Tinyag II
UNIDAD	Iscaycruz		
TIPO DE MUESTRA	Concreto Lanzado		
ZONA DE MUESTREO	Nivel 4519 Crucero 160	FECHA	16/11/2013

Diseño Shotcrete: 320kg/cm2			Observaciones:						
Materiales			* Diseño de shotcrete elaborado en planta de concreto - Iscaycruz						
Cemento	kg	420	* Pruebas realizadas en interior mina, para las pruebas se empleo la pistola Hilti DX450						
Arena	kg	1591	* Para la interpretación de resultados se tomo como referencia la Norma EN_1488-2 MÉTODO-B						
Agua	Lt.	185							
Plastificante - Glenium TC-13	Lt	4 00							
Estabilizador Delvo	Lt	2 14							
Fibra Enduro	kg	5 00							

HORA LANZADO (h:min.)	EDAD ENSAYO (h:min.)	T. AMBIENTE	PERNO/ LONGITUD TOTAL (mm)	SALIENTE/ PERNO (mm)	PENETRACIÓN DEL PERNO (mm)	LECTURA DE CARGA A LA TRACCION	N/mm	PROMEDIO (N/mm)	Resistencia shotcrete (MPa)
9:40am	04:00	10	80	11	69	1955	28 3	28 22	4 019
				14	66	1950	29 5		
				11	69	1943	28 2		
				10	70	1950	27 9		
				10	70	1943	27 8		
				11	69	1950	28 3		
				12	68	1948	28 6		
				9	71	1952	27 5		
				11	69	1955	28 3		
				10	70	1947	27 8		

HORA LANZADO (h:min.)	EDAD ENSAYO (h:min.)	T. AMBIENTE	PERNO/ LONGITUD TOTAL (mm)	SALIENTE/ PERNO (mm)	PENETRACIÓN DEL PERNO (mm)	LECTURA DE CARGA A LA TRACCION	N/mm	PROMEDIO (N/mm)	Resistencia shotcrete (MPa)
9:40am	04:00	10 1	80	11	68	1950	28 3	28 22	4 020
				12	67	1943	28 6		
				9	67	1950	27 5		
				11	67	1945	28 2		
				11	65	1950	28 3		
				14	66	1948	29 5		
				11	68	1943	28 2		
				10	65	1950	27 9		
				10	66	1949	27 6		
				11	66	1940	28 1		

DESARROLLO DE RESISTENCIAS TEMPRANAS EN EL SHOTCRETE NORMA EN14488-2 (MÉTODO B)



Anexo 5. Resultados de resistencias iniciales después de las modificaciones

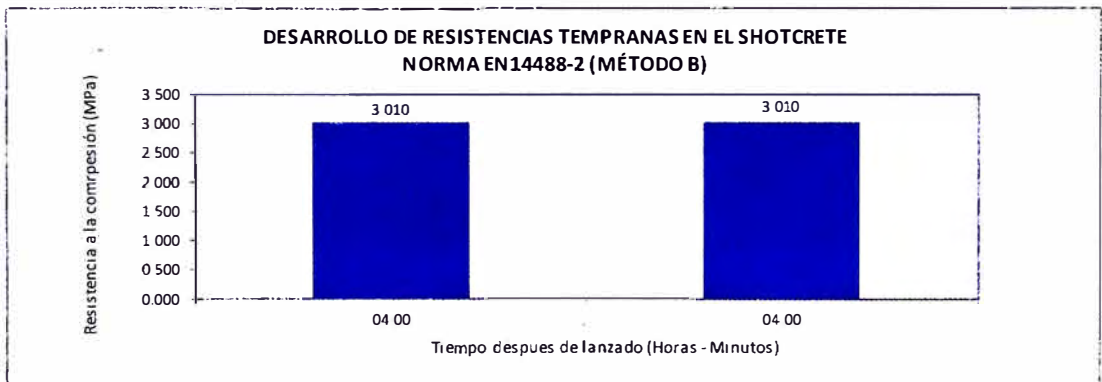
MÉTODO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN PROYECTADO - RESISTENCIAS INICIALES - EN14488 (MÉTODO B - PISTOLA HILTI)

CLIENTE	Los Quenuales S A	Mina:	Lirpe Centro
UNIDAD	Iscaycruz		
TIPO DE MUESTRA	Concreto Lanzado		
ZONA DE MUESTREO	Nivel -18 Crucero 442	FECHA	12/12/2013

Diseño Shotcrete: 3MPa a 4 horas			Observaciones:	
Materiales	Unidad	Peso/secos	* Diseño de shotcrete elaborado en planta de concreto - Iscaycruz	
Cemento	kg	390		
Arena	kg	1610	*Pruebas realizadas en interior mina, para las pruebas se empleo la pistola Hilti DX450	
Agua	Lt	165	*Para la interpretacion de resultados se tomo como referencia la Norma EN_1488-2 MÉTODO-B	
Plastificante Glenium TC 13	Lt	4 00		
Estabilizador Delvo	Lt	2 00		
Fibra Enduro	kg	5 00		

HORA LANZADO (h:min)	EDAD ENSAYO (h:min.)	T AMBIENTE	PERNO / LONGUITUD TOTAL (mm)	SALIENTE / PERNO (mm)	PENETRACIÓN DEL PERNO (mm)	LECTURA DE CARGA A LA TRACCION	N/mm	PROMEDIO (N/mm)	Resistencia shotcrete (MPa)
11 30pm	04 00	13 8	80	15	65	1334	20 5	20 51	3 010
				12	68	1245	18 3		
				15	65	1334	20 5		
				12	68	1422	20 9		
				15	65	1334	20 5		
				12	68	1334	19 6		
				18	62	1556	25 1		
				12	68	1334	19 6		
				12	68	1334	19 6		
				15	65	1334	20 5		

HORA LANZADO (h:min)	EDAD ENSAYO (h:min)	T AMBIENTE	PERNO / LONGUITUD TOTAL (mm)	SALIENTE / PERNO (mm)	PENETRACIÓN DEL PERNO (mm)	LECTURA DE CARGA A LA TRACCION	N/mm	PROMEDIO (N/mm)	Resistencia shotcrete (MPa)
11 30pm	04 00	10 8	80	12	68	1422	20 9	20 46	3 010
				12	67	1334	19 6		
				15	67	1334	20 5		
				12	67	1427	21 0		
				12	65	1422	20 9		
				15	66	1334	20 5		
				12	68	1245	18 3		
				18	65	1334	21 5		
				12	66	1422	20 9		
				15	66	1334	20 5		



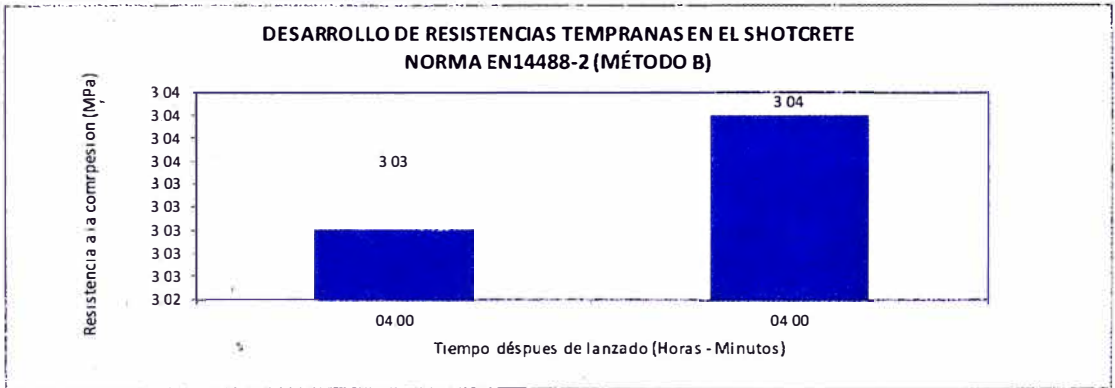
MÉTODO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN PROYECTADO - RESISTENCIAS INICIALES - EN14488 (MÉTODO B - PISTOLA HILTI)

CLIENTE	Los Quenuales S A	Mina:	Limpe Centro
UNIDAD	Iscaycruz		
TIPO DE MUESTRA	Concreto Lanzado		
ZONA DE MUESTREO	Nivel -29 5 Crucero 118W	FECHA	12/12/2013

Diseño Shotcrete: 3MPa a 4 horas			Observaciones:						
Materiales	Unidad	Peso/secos	* Diseño de shotcrete elaborado en planta de concreto - Iscaycruz						
Cemento	kg	390	*Pruebas realizadas en interior mina, para las pruebas se empleo la pistola Hilti DX450						
Arena	kg	1610	*Para la interpretacion de resultados se tomo como referencia la Norma EN_1488-2 METODO-B						
Agua	Lt	165							
Plastificante - Glenium TC-13	Lt	4.00							
Estabilizador Delvo	Lt	2.00							
Fibra Enduro	kg	5.00							

HORA LANZADO (h.min.)	EDAD ENSAYO (h.min.)	T. AMBIENTE	PERNO / LONGUITUD TOTAL (mm)	SALIENTE / PERNO (mm)	PENETRACIÓN DEL PERNO (mm)	LECTURA DE CARGA A LA TRACCION	N/mm	PROMEDIO (N/mm)	Resistencia shotcrete (MPa)
11 20am	04 00	9.5	80	10	70	1428	20.4	20.57	3.03
				10	70	1427	20.4		
				11	69	1421	20.6		
				12	68	1431	21.0		
				10	70	1421	20.3		
				10	70	1421	20.3		
				10	70	1425	20.4		
				13	67	1427	21.3		
				11	69	1421	20.6		
				10	70	1431	20.4		

HORA LANZADO (h.min.)	EDAD ENSAYO (h.min.)	T. AMBIENTE	PERNO / LONGUITUD TOTAL (mm)	SALIENTE / PERNO (mm)	PENETRACION DEL PERNO (mm)	LECTURA DE CARGA A LA TRACCION	N/mm	PROMEDIO (N/mm)	Resistencia shotcrete (MPa)
11 20am	04 00	9.8	80	12	68	1421	20.9	20.66	3.04
				10	67	1425	20.4		
				10	67	1427	20.4		
				10	67	1421	20.3		
				13	65	1431	21.4		
				12	66	1421	20.9		
				12	68	1421	20.9		
				10	65	1421	20.3		
				10	66	1428	20.4		
				11	66	1428	20.7		



MÉTODO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN PROYECTADO - RESISTENCIAS INICIALES - EN14488 (MÉTODO B - PISTOLA HILTI)

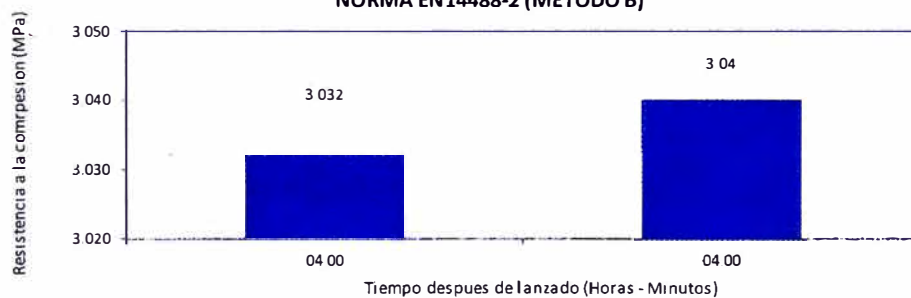
CLIENTE	Los Quenuales S A	Mina:	Chupa
UNIDAD	Iscaycruz		
TIPO DE MUESTRA,	Concreto Lanzado		
ZONA DE MUESTREO	Nivel -9 Crucero 270	FECHA	13/12/2013

Diseño Shotcrete: 3MPa a 4 horas			Observaciones:																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Materiales</th> <th>Unidad</th> <th>Peso/secos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cemento</td> <td>kg</td> <td>390</td> </tr> <tr> <td>Arena</td> <td>kg</td> <td>1610</td> </tr> <tr> <td>Agua</td> <td>Lt</td> <td>165</td> </tr> <tr> <td>Plastificante Glenium TC 13</td> <td>Lt</td> <td>4 00</td> </tr> <tr> <td>Estabilizador Delvo</td> <td>Lt</td> <td>2 00</td> </tr> <tr> <td>Fibra Enduro</td> <td>kg</td> <td>5 00</td> </tr> </tbody> </table>			Materiales	Unidad	Peso/secos	Cemento	kg	390	Arena	kg	1610	Agua	Lt	165	Plastificante Glenium TC 13	Lt	4 00	Estabilizador Delvo	Lt	2 00	Fibra Enduro	kg	5 00	* Diseño de shotcrete elaborado en planta de concreto - Iscaycruz * Pruebas realizadas en interior mina, para las pruebas se empleo la pistola Hilti DX450 * Para la interpretacion de resultados se tomo como referencia la Norma EN_1488-2 MÉTODO-B						
Materiales	Unidad	Peso/secos																												
Cemento	kg	390																												
Arena	kg	1610																												
Agua	Lt	165																												
Plastificante Glenium TC 13	Lt	4 00																												
Estabilizador Delvo	Lt	2 00																												
Fibra Enduro	kg	5 00																												

HORA LANZADO (h:min.)	EDAD ENSAYO (h:min.)	T. AMBIENTE	PERNO / LONGUITUD TOTAL (mm)	SALIENTE / PERNO (mm)	PENETRACIÓN DEL PERNO (mm)	LECTURA DE CARGA A LA TRACCION	N/mm	PROMEDIO (N/mm)	Resistencia shotcrete (MPa)
3 10pm	04 00	10 4	80	13	67	1425	21 9	20 68	3 032
				10	70	1428	20 4		
				10	70	1422	20 3		
				12	68	1431	21 0		
				10	70	1421	20 3		
				10	70	1421	20 3		
				10	70	1430	20 4		
				10	70	1427	20 4		
				13	67	1421	21 2		
				11	69	1421	20 6		

HORA LANZADO (h:min.)	EDAD ENSAYO (h:min.)	T. AMBIENTE	PERNO / LONGUITUD TOTAL (mm)	SALIENTE / PERNO (mm)	PENETRACIÓN DEL PERNO (mm)	LECTURA DE CARGA A LA TRACCION	N/mm	PROMEDIO (N/mm)	Resistencia shotcrete (MPa)
3 10pm	04 00	10 4	80	11	68	1425	20 7	20 66	3 04
				10	67	1431	20 4		
				10	67	1421	20 3		
				11	67	1421	20 6		
				13	65	1430	21 3		
				12	66	1431	21 0		
				10	68	1421	20 3		
				10	65	1421	20 3		
				10	66	1420	20 3		
				13	66	1431	21 4		

DESARROLLO DE RESISTENCIAS TEMPRANAS EN EL SHOTCRETE NORMA EN14488-2 (MÉTODO B)



Anexo 6: Procedimiento para obtener las resistencias iniciales

Procedimiento para la obtención de las resistencias iniciales basado en la norma
EN 14488

La norma Europea EN 14488-2:2006 refiere el procedimiento para obtener la resistencia de compresión a edades tempranas.

Objeto y campo de aplicación

Esta norma especifica dos métodos a partir de los cuales puede realizarse una estimación de la resistencia a compresión in-situ del hormigón proyectado endurecido a corta edad.

Generalidades

El desarrollo de la resistencia del hormigón proyectado a corta edad se evalúa en los intervalos de 0.2MPa a 1.2 MPa y de 3.0 MPa a 16.0 MPa respectivamente con el método A y el método B.

Método A: Penetración de aguja

El método se utiliza para medir la fuerza requerida para empujar una aguja de dimensiones específicas para que penetre en el hormigón proyectado hasta una profundidad de $15 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$. El penetrómetro indica la fuerza realizada, por compresión de un resorte calibrado, de la cual puede deducirse la resistencia a compresión estimada a partir de una curva de conversión, que es suministrada por el fabricante del equipo de ensayo.

Método B: Hincado del clavo

Se inserta un clavo dentro del hormigón proyectado y se determina la profundidad de la penetración de este, a continuación, se extrae el clavo y se mide la fuerza de extracción. La relación de la fuerza de extracción y la profundidad de penetración, puede utilizarse para obtener una resistencia a compresión estimada a partir de la curva de conversión, que es suministrada por el fabricante del equipo de ensayo.

Equipos

Penetrómetro

Es capaz de introducir la aguja dentro de la superficie y registrar la fuerza requerida para con una exactitud de 10 N. El penetrómetro debe proporcionarse con una curva de calibración certificada capaz de correlacionar lecturas con la resistencia a la compresión estimada.

- Aguja con un diámetro de $3 \text{ mm} \pm 0.1 \text{ mm}$ y una punta con un ángulo de filo de 60 ± 5 .
- Formulario del protocolo de ensayo, para registrar todos los datos de ensayo.

Hincado de clavo

El equipo de hincado de clavos, para insertar el clavo en el hormigón proyectado. La pistola para clavos será capaz de lanzar mediante golpes repetidos el clavo dentro del hormigón hasta una profundidad de al menos 20 mm utilizando un equipo patentado que ha sido calibrado para leer la resistencia a compresión.

Equipo de extracción, capaz de aplicar una fuerza de tracción al clavo transmitiendo la reacción a la superficie del hormigón a través de un anillo de sujeción.

El sistema de carga debe asegurar que el anillo de sujeción sea concéntrico con el clavo y que la carga se aplica perpendicularmente al plano de este.

- El sistema de carga debe incluir en medio para indicar la fuerza máxima aplicada con una precisión del 5%. El dial, escala o visualizador, debe tener un dispositivo que debe permitir el registro de la máxima fuerza aplicada.
- Formulario del protocolo de ensayo, para registrar todos los datos del ensayo.

NOTA: se permiten otros aparatos siempre que proporcionen el comportamiento requerido, o sea posible correlacionar su comportamiento con el requerido en esta norma.

Probetas de ensayo

No se requieren probetas especiales. El procedimiento de ensayo puede utilizarse para la medición en cualquier locación sin preparación previa.

Para el ensayo se requiere una capa de hormigón proyectado no menor a 100 mm de espesor.

Procedimiento de ensayo

Penetración de aguja

Se anota el tiempo y lugar en el que se completa la proyección y se comienza el ensayo. Se asegura que el indicador de fuerza este a cero. Se aplica el dispositivo perpendicularmente a la superficie de la capa de hormigón proyectado y se presiona regularmente en la aguja hasta la profundidad de 15 mm en un único movimiento continuo. Si eso se impide, por ejemplo, debido a una partícula de árido grande o a un refuerzo, entonces se suspende el ensayo y se repite en una posición adyacente.

Se lee la fuerza necesaria para la penetración en la escala, se anota el valor en el formulario del protocolo y se devuelve el indicador a su posición original.

Se limpia la aguja si es necesario.

Se repite el ensayo diez veces lo más rápido posible (y dentro de 1 min para resistencias por debajo de 0.5 MPa) en un área representativa de la región proyectada.

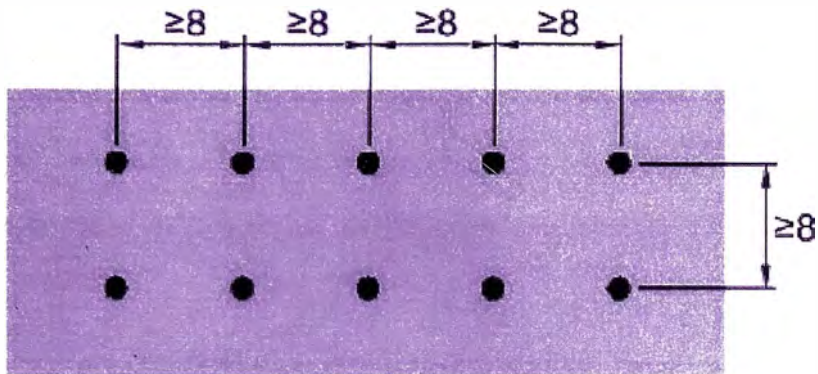
Se anota el tiempo de determinación del ensayo (en el formulario del protocolo).

Hincado del clavo

Se carga el equipo de hincado del clavo de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Se aplica el equipo a la superficie del hormigón proyectado y se inserta el clavo. Si el clavo más largo penetra completamente, se espera algo de tiempo y se repite cuando el hormigón este endurecido no se clava completamente la rosca dentro del hormigón proyectado. Si lo que sobresale del clavo es demasiado largo (profundidad de penetración < 20 mm), se utiliza un clavo más corto. Se repite hasta insertar un total de 10 clavos, manteniendo suficiente distancia (> 80 mm) entre ellos.

La siguiente figura muestra la distancia entre clavos referida al panel de ensayo.



Se asegura que los clavos no penetran el sustrato mediante la selección de una combinación apropiada de longitud del clavo y/o del cartucho.

Se mide la longitud que sobresale del clavo y se anota en el formulario del protocolo de ensayo.

Se determina la profundidad de penetración de los clavos en el formulario del protocolo del ensayo.

Se sujeta el equipo de extracción al extremo de la rosca de los clavos y se extraen en el mismo orden que durante la inserción.

Se anota la fuerza de extracción de cada clavo y el tiempo del comienzo y final del ensayo de los 10 clavos en el formulario del protocolo de ensayo.

Se corrige cada fuerza de extracción utilizando la curva de calibración suministrada por el equipo. Se determina la relación de la fuerza de extracción (P) con la longitud de penetración de cada clavo.

Expresión de los resultados

Penetración de aguja

Se calcula la fuerza media necesaria para la penetración a partir de 10 mediciones. Si se requiere, se determina la resistencia a compresión estimada a partir de la curva de conversión del fabricante. No está permitida la extrapolación.

Hincado de clavo

Se calcula la fuerza de extracción media corregida (utilizando la curva suministrada por el equipo) a partir de las 10 mediciones. Si se requiere, se estima la resistencia a la compresión en base a la media P/l (Fuerza de extracción/Longitud de penetración) utilizando la curva de conversión del fabricante. No está permitida la extrapolación.

Anexo 7: Fotografías del Método B (penetrómetro)

(01)



(02)



(03)



(04)



(05)



(06)



(07)



Anexo 8: Fotografía del Método A (penetrómetro)

(01)



ACTA DE LA SUSTENTACIÓN POR TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS

En la ciudad de Lima siendo las 12:00 horas a los 22 días del mes de diciembre del 2023, en la Sala de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica de la Universidad Nacional de Ingeniería se reunieron los miembros del Jurado Calificador integrado por:

PRESIDENTE: MSc. Ing. JOSE ANTONIO CORIMANYA MAURICIO

ASESOR: MBA. Ing. VICTOR MANUEL HERNANDEZ DIAZ

ESPECIALISTA: MSc. Ing. ADOLFO JESUS CHAVEZ VALDIVIA

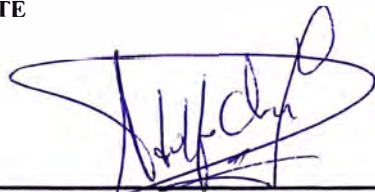
Y en cumplimiento del Art. 45° de la Ley Universitaria N° 30220, del Art. 118° del Estatuto de la Asamblea Estatutaria de la Universidad Nacional de Ingeniería y el Reglamento con Resolución Rectoral N° 371 – 2016 para el otorgamiento de Grados Académicos y Títulos Profesionales, acordaron:

Aprobar el Expediente para obtener el Título Profesional de Ingeniero de Minas del Bachelier **Don JOSE MIGUEL PAREDES JACINTO** mediante modalidad por Trabajo de Suficiencia Profesional titulada: **"MEJORAMIENTO DEL DISEÑO DEL SHOTCRETE UTILIZANDO ADITIVO HIPERPLASTIFICANTE GLENIUM TC-1300 PARA REDUCIR LA CANTIDAD DE SHOTCRETE UTILIZADA EN REHABILITACION DE LABORES MINERAS SUBTERRANEAS"** Sometido a la evaluación de la sustentación por Trabajo de Suficiencia Profesional en Ingeniería de Minas, ante el jurado calificador y en acto público **Don JOSE MIGUEL PAREDES JACINTO** ha obtenido la calificación de:

(16) Dieciséis . Aprobado con distinción


MSc. Ing. JOSE ANTONIO CORIMANYA MAURICIO
PRESIDENTE


MBA. Ing. VICTOR MANUEL HERNANDEZ DIAZ
ASESOR


MSc. Ing. ADOLFO JESUS CHAVEZ VALDIVIA
ESPECIALISTA

Anexo 2

Autorización para la publicación en Acceso Abierto en el Repositorio institucional de la UNI

Datos del autor

Nombre y Apellidos: José Miguel Paredes Jacinto

DNI / Carné de extranjería / Pasaporte No: 43075298

Correo electrónico: jparedesj@uni.pe

Teléfono: 944248637

Datos del documento:

Modalidad de sustentación:

- Tesis
- Trabajo de suficiencia profesional
- Tesina

X

Nombre del grado o título:

Para obtener el título profesional de Ingeniero de Minas

Ejm: para obtener el grado de bachiller en ciencias con mención en física

Nombre del documento:

“Mejoramiento del diseño del Shotcrete utilizando aditivo hiperplastificante Glenium TC-1300 para reducir la cantidad de Shotcrete utilizada en rehabilitación de labores Mineras Subterráneas”

Asesor(es):

MBA. Victor Manuel Hernández Diaz

Facultad:

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Declaración:

Con la presentación de este documento, el (la) autor (a) confirman la originalidad de la obra y que el contenido redactado es producto de su trabajo. Asimismo, garantiza ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual. También, acepta que los contenidos entregados se pueden leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna para su posterior registro en el Repositorio Institucional -UNI.

Por lo tanto, Autorizo a la Universidad Nacional de Ingeniería a publicar la obra en el Repositorio Institucional de la UNI avalado por la Ley N° 30035 que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, su Reglamento (DS N° 006-2015-PCM), así como sus modificatorias, sustitutorias y conexas con el propósito de conservar, preservar y dar acceso abierto a estos recursos.

En consecuencia, la Universidad Nacional de Ingeniería tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna en los medios, canales y plataformas que la Universidad, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los contenidos, e incluirlos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover la investigación y el trabajo colaborativo.

Autorizo que el documento sea puesto a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Firma:


Nombre: José Miguel Paredes Jacinto

DNI / Carné de extranjería / Pasaporte N°: 43075298

Domicilio: MZC LT24 Jaime Zubieta Calderón San Juan de Lurigancho

____ 22 ____ / ____ 12 ____ / ____ 2023 ____

Fecha

Anexo 3

Hoja de Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y Apellidos	José Miguel Paredes Jacinto
DNI o Pasaporte	43075298
ORCID	0009-0002-1299-7269
Datos de asesor	
Nombres y Apellidos	MBA. Victor Manuel Hernández Díaz
DNI o Pasaporte	25511194
ORCID	0000-0002-6505-0733
Presidente del jurado 1	
Nombres y Apellidos	MSc. José Antonio Corimanya Mauricio
DNI	08079590
Miembro del Jurado 2	
Nombres y Apellidos	MBA. Victor Manuel Hernández Díaz
DNI	25511194
Miembro del Jurado 3	
Nombres y Apellidos	MSc. Adolfo Jesús Chávez Valdivia
DNI	07414011

Datos de investigación	
Línea de investigación	Mina Iscaycruz
Grupo de investigación	“No“
Agencia financiadora	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	Se ubica en el distrito de Pachangara, Provincia de Oyón, departamento de Lima
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2011-2015
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería de Minas https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.05



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Comisión de Grados y Títulos

CONSTANCIA DE REVISION DE PLAN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL POR EL SISTEMA DE BUSQUEDA Y SIMILITUD DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA-URKUND

El Presidente de la Comisión de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica:

Hace constar que:

El tema de Trabajo de Suficiencia Profesional titulado: **“MEJORAMIENTO DEL DISEÑO DEL SHOTCRETE UTILIZANDO ADITIVO HIPERPLASTIFICANTE GLENIUM TC-1300 PARA REDUCIR LA CANTIDAD DE SHOTCRETE UTILIZADA EN REHABILITACIÓN DE LABORES MINERAS SUBTERRÁNEAS”** del bachiller **JOSE MIGUEL PAREDES JACINTO** de la especialidad de Ingeniería de Minas, paso satisfactoriamente la revisión por el sistema de búsqueda y similitud - URKUND-UNI, con el porcentaje de autenticidad del 96% y una similitud del 4%.

Se expide la presente Constancia a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

UNI, 15 de diciembre del 2023




M.Sc. Ing. Antonio Corimanya Mauricio
PRESIDENTE
Comisión de Grados y Títulos

NOMBRE DEL TRABAJO

PAREDES_JMPJ.pdf

AUTOR

**JOSÉ MIGUEL PAREDES JACINTO JOSÉ
MIGUEL PAREDES JACINTO**

RECuento DE PALABRAS

10776 Words

RECuento DE CARACTERES

58516 Characters

RECuento DE PÁGINAS

68 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

7.8MB

FECHA DE ENTREGA

Dec 15, 2023 11:08 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Dec 15, 2023 11:09 AM GMT-5

● **4% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base c

- 4% Base de datos de Internet
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossr
- 2% Base de datos de trabajos entregados

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Fuentes excluidas manualmente
- Bloques de texto excluidos manualmente



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

N° 0200- 2023-S.ACA-FIGMM

CONSTANCIA

EL SECRETARIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA, que suscribe,

CERTIFICA:

Que, **PAREDES JACINTO JOSE MIGUEL** con código **UNI 20030222F BACHILLER** de la Escuela Profesional de **INGENIERÍA DE MINAS**, no está sometido a Medida Disciplinaria alguna.

Se expide la presente a solicitud del interesado para los fines que hubiere lugar.

Lima, 21 de diciembre del 2023



M.SC. ING. MANUEL N. CRUZ TORRES
SECRETARIO - FIGMM