



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

**“PLANTA DE SHOTCRETE VÍA HÚMEDA PARA
OPTIMIZAR Y REDUCIR COSTOS EN MINERÍA
SUBTERRÁNEA, LA LIBERTAD, 2020”**

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO DE MINAS

Autor:

Wilson Miler Ruiz Jaime

Asesor:

Ing. Jesús Gabriel Vilca Pérez

Trujillo - Perú

2020

DEDICATORIA

Agradecer a Dios, por acompañarme y ayudarme durante toda mi carrera y permitirme concluir mis estudios y a todos los docentes de la facultad de ingeniería que de una u otra forma me orientaron y apoyaron a lo largo del camino.

A mi familia por estar allí compartiendo mi entusiasmo en los momentos de felicidad y brindarme su soporte y colaboración en los momentos difíciles. Mis padres Bernardino y Alejandrina son mi mayor inspiración y mis pilares incondicionales.

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento al Ing. Jesús Gabriel Vilca Pérez, por su asesoramiento en la ejecución del proyecto de investigación.

A la plana docente de la Universidad Privada del Norte que gracias a sus enseñanzas hicieron posible mi formación profesional.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
ÍNDICE DE ECUACIONES	7
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	20
CAPÍTULO III. RESULTADOS	25
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	39
REFERENCIAS	44
ANEXOS	46

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Características del Shotcrete para un metro cúbico</i>	16
<i>Tabla 2. Costos de los insumos para la preparación de shotcrete</i>	17
<i>Tabla 3: Estudio de tiempo actual de recorrido a veta Lourdes</i>	25
<i>Tabla 4: Estudio de tiempos actual a Rosa</i>	25
<i>Tabla 5: Estudio de tiempos - ubicación nueva planta interior mina a Lourdes</i>	26
<i>Tabla 6: Estudio de tiempos - ubicación nueva planta interior mina a Rosa</i>	26
<i>Tabla 7: Dimensiones del área para la planta de shotcrete</i>	29
<i>Tabla 8: Variación de precios de planta en superficie e interior mina</i>	32
<i>Tabla 9: Cálculo del RMR de cx 2740 ubicación de planta de shotcrete</i>	35
<i>Tabla 10: Indicador Económico</i>	36

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Procedimiento de preparación de insumos para la obtención de shotcrete.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 2: Plano de ubicación de la unida minera.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 3: Plano de distribución planta de shotcrete.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 4: Plano isométrico planta de shotcrete.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 5: Plano de ubicación.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 6: Plano de distribución de planta</i>	<i>32</i>
<i>Figura 7: Plano de distribución de corte.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 8: Plano isométrico de planta de shotcrete interior mina.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 9: Tiempo actual de superficie a veta Lourdes.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 10: Tiempos con la nueva planta a veta Lourdes.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 11: Tiempo actual de Superfice a veta Rosa.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 12: Tiempos con la nueva planta a veta Rosa.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 13: Variación de precios de planta en superficie e interior mina.....</i>	<i>39</i>

ÍNDICE DE ANEXOS

<i>Anexo 1: Matriz de consistencia.....</i>	<i>45</i>
<i>Anexo 2: Plano de ubicación de la unidad minera.....</i>	<i>46</i>
<i>Anexo 3: Ubicación de los túneles de la unidad minera subterránea.....</i>	<i>47</i>
<i>Anexo 4: Vista en corte de la unidad minera subterránea.....</i>	<i>48</i>
<i>Anexo 5: Ubicación de la Planta de Shotcrete.....</i>	<i>49</i>
<i>Anexo 6: Vista en corte de la zona de Rosa.....</i>	<i>50</i>
<i>Anexo 7: Plano de laboreo minero.....</i>	<i>51</i>
<i>Anexo 8: Plano de planta.....</i>	<i>52</i>
<i>Anexo 9: Plano de corte c-c.....</i>	<i>53</i>
<i>Anexo 10: Plano de cortes.....</i>	<i>54</i>
<i>Anexo 11: Plano Isométrico de Shotcrete en Interior Mina.....</i>	<i>55</i>
<i>Anexo 12: Plano Isométrico de Shotcrete en Interior Mina.....</i>	<i>57</i>
<i>Anexo 13: Cálculo de RMR CX. 2740.....</i>	<i>58</i>
<i>Anexo 14: Cálculo de RMR de las chimeneas.....</i>	<i>59</i>
<i>Anexo 15: Cálculo del RMR RP 2855.....</i>	<i>58</i>
<i>Anexo 16: Tablas y figuras para calcular costos de mantenimiento.....</i>	<i>60</i>
<i>Anexo 17: Indicadores de rendimiento de shotcrete.....</i>	<i>63</i>
<i>Anexo 18: Tiempo de auto sostenimiento y diseño de sostenimiento.....</i>	<i>64</i>
<i>Anexo 19: Diseño de sostenimiento labores permanentes y temporales.....</i>	<i>65</i>

RESUMEN

El desarrollo de esta investigación se basó principalmente en determinar cómo influye el diseño y localización de una planta de shotcrete vía húmeda en los costos en minería subterránea, La Libertad 2020, actualmente su planta de shotcrete se encuentra ubicado en superficie siendo su transporte con mixer de 3.00 m³ desde superficie a interior mina en una distancia de 5.00 km por la rampa principal Rp. 940 con una gradiente de 15%, siendo esto una demora en el ciclo del sostenimiento y que incrementa los costos.

Por ello se planteó diseñar una planta de shotcrete en interior mina para evitar el tiempo de recorrido, que sumado es de 10 km entre ida y vuelta más los tiempos de pases de vehículos, y de esta manera se logró optimizar el rendimiento de todo el sistema de sostenimiento con shotcrete como también la reducción del precio del transporte y tiempo por metro cúbico.

La propuesta de esta planta fue para las operaciones de la veta Lourdes y Rosa que consumen la cantidad de 80 m³/día. Las dimensiones del área donde se ubicó la planta de shotcrete, es de 30.00 m de largo por 8.00 m de ancho con una altura de 10.00 m más dos chimeneas de 16.00 m cada una, siendo una de arena y otra de cemento la que será alimentada por 6 viajes de arena de shotcrete por volquetes de 15.00 m³ y cemento a granel en big bag de 1 tonelada transportado por plataforma grúa.

La calidad de la roca donde se realizó dicho proyecto para la planta de shotcrete dio un RMR de 36 a 38, con un diseño de sostenimiento combinado de shotcrete de 2", pernos swellex de 8" más pernos helicoidales de 10" separados de 1.00 m x 1.00 m.

La minera subterránea tenía el sistema de sostenimiento mecanizado con shotcrete vía húmeda el cuál se prestó satisfactoriamente al método de explotación usado en esta mina.

Palabras claves: Planta de shotcrete, transporte, costos, diseño, sostenimiento.

ABSTRACT

The development of this research was based mainly on determining how the design and location of a wet shotcrete plant influences costs in underground mining, La Libertad 2020, currently its shotcrete plant is located on the surface and its transport is with a mixer of 3.00 m³ from surface to inside mine in a distance of 5.00 km along the main ramp Rp. 940 with a gradient of 15%, this being a delay in the sustainability cycle and which increases costs.

For this reason, it was proposed to design a shotcrete plant in the interior of the mine to avoid travel time, which in addition is 10 km between round trips plus vehicle pass times, and in this way it was possible to optimize the performance of the entire system of support with shotcrete as well as the reduction of the transport price and time per cubic meter.

The proposal for this plant was for the Lourdes and Rosa vein operations that consume the amount of 80 m³ / day. The dimensions of the area where the shotcrete plant was located is 30.00 m long by 8.00 m wide with a height of 10.00 m plus two 16.00 m chimneys each one, being one of sand and the other of cement, which will be fed by 6 trips of shotcrete sand by 15.00 m³ dump trucks and bulk cement in a 1-ton big bag transported by platform crane.

The quality of the rock where this project was carried out for the shotcrete plant gave an RMR of 36 to 38, with a combined support design of 2 "shotcrete, 8" swellex bolts plus 10 "helical bolts separated by 1.00 mx 1.00 m.

The underground mine had a mechanized wet shotcrete support system which was satisfactorily lent to the exploitation method used in this mine.

Keywords: Shotcrete plant, transportation, costs, design, sustainability

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El shotcrete mecanizado como método de sostenimiento en minas subterráneas acorta los ciclos de trabajo al instalarse más rápido y seguro. La principal realidad problemática es la logística del shotcrete en minería subterránea consiste en la preparación y el transporte de la mezcla, es decir: ¿cómo se transporta la mezcla hasta el frente de trabajo? El factor determinante es la distancia hasta el frente de trabajo, por lo cual, para recorrer grandes distancias, es necesario emplear aditivos para estabilizar la mezcla del shotcrete. Además, a mayor distancia se necesitan más mixers para mantener el rendimiento de proyección. Por lo tanto, la distancia de transporte repercute mucho en los costes de transporte y del mantenimiento de equipos. Además, debido al aumento de la flota de mixers se congestionan los accesos de la mina, lo cual puede repercutir en el flujo normal de las operaciones. En función de las características de la mina, existen opciones como: instalar la planta de shotcrete en interior mina, y realizar el transporte a través de rampas, con mixer de 3 m³ a los frentes, la cual optimizará el tiempo de transporte del shotcrete y disminución de sus costos en 12.46 US\$/viaje menos del valor actual, en las labores de la profundización de la zona de Lourdes y Rosa en la unidad minera subterránea. Es rentable a partir de cierta profundidad o extensión de la mina, cuando los costos de operación del transporte del shotcrete son superiores debido a las distancias, se debe mover la planta a puntos cercano de sus operaciones para la disminución de tiempos de traslado de mezcla. Menores costos de transporte y aplicación de shotcrete vía húmeda; garantizar la seguridad al personal y equipos que transiten por el área de profundización debido al correcto sostenimiento oportuno de las labores en interior mina. Dentro del ciclo de perforación y voladura para la construcción de túneles o la explotación minera subterránea, el shotcrete ha adquirido un protagonismo indiscutible, inicialmente utilizado como sostenimiento temporal, el shotcrete ahora se utiliza a menudo como sostenimiento final dependiendo de las condiciones del terreno a estabilizar.

Antecedentes

La minería es una de las actividades de más alto riesgo que el hombre realiza. La estadística nos indica que la causa más frecuente de los accidentes en interior mina es por caída de roca. Es por ello que para permitir que el ciclo de minado continúe con su rendimiento ideal se aplica el tipo de sostenimiento apropiado para cada tipo de terreno según la evaluación que determina el área de geomecánica y asegurar así el rendimiento de las operaciones.

Según Barreda (2014), en su tesis "Diseño de planta subterránea para optimizar y reducir costos en mina Chipmo Cía. de minas Buenaventura", planteó como objetivo explicar la correcta aplicación del shotcrete por vía seca en la Unidad Minera, con el diseño y construcción de una planta de shotcrete subterránea para reducir costos y hacer más dinámico el sostenimiento de las labores de exploración, desarrollo y preparación de la mina y concluyó que al implantar una planta de shotcrete en interior mina, se permitirá una mayor versatilidad y dinamismo acorde con el ritmo de sostenimiento de las labores subterráneas.

Según Chura (2016), en su tesis "Caracterización geomecánica del macizo rocoso y su aplicación en el diseño de sostenimiento en labores de desarrollo de la unidad económica administrativa Ana María – La Rinconada", tuvo como objetivo principal analizar la caracterización geomecánica del macizo rocoso para la aplicación en el diseño de sostenimiento en labores de desarrollo de la U.E.A., Ana María – La Rinconada y concluyó que para la selección del anclaje en la etapa de sostenimiento se debe de conocer la calidad de las propiedades físicas-mecánicas del perno pre-instalación y post-instalación a utilizar y cumplir los procedimientos indicados por el fabricante para su instalación, esto con el fin de que cumpla su función de sostener eficientemente, evitar el colapso de rocas colgadas y realizar un monitoreo periódico.

Según Vargas (2017), en su tesis "Optimización del sostenimiento con shotcrete usando desmonte zarandeado como agregado, en la construcción de la rampa principal - MARSÁ", su principal objetivo fue optimizar el sostenimiento de la Rampa Patrick

III – marsa, con la implementación del uso de desmote zarandeado como agregado para el concreto proyectado en un tipo de roca III-B y que pueda ser utilizado en futuras labores que van a utilizar shotcrete como sostenimiento y concluyó que, para tener un avance óptimo en el lanzado de shotcrete vía húmeda es muy importante tener la planta de agregado y cemento cerca de las labores donde se va a shotcretar, optimizando así el rendimiento de los equipos, ya que el robot por ser automatizado tiene un sistema de proyección rápido.

Según Fernández, Valderrama (2018), en su tesis "Parámetros para maximizar la adhesión del shotcrete por proceso húmedo en minería subterránea de Consorcio Minero Horizonte S.A", tuvo como objetivo maximizar la adhesión del shotcrete y minimizar el rebote por proceso húmedo en minería subterránea de Consorcio Minero Horizonte S.A y concluyó que, el Shotcrete de buena calidad y bien ejecutado aumenta eficiencia del sistema de fortificación del sustrato y el Shotcrete de mala calidad y mal ejecutado es carga muerta y un peligro para las operaciones.

Para Camarena (2016), en su tesis "Optimización del sostenimiento con shotcrete vía húmeda con fines de minimizar costos y mejorar la producción de lanzado de la E.E. Robocon S.A.C. en la mina San Cristóbal – Cía. minera Volcan S.A.A.", unos de sus objetivos fue optimizar el sistema de lanzado de shotcrete por vía húmeda controlando el efecto rebote de fibras y diseño de mezcla, para alcanzar un rendimiento estándar en la producción total de lanzado reduciendo costos de operación y concluyó que, el mejoramiento continuo del sistema de sostenimiento con shotcrete vía húmeda es el resultado de trabajar con menores costos de transporte, respetando el tipo de terreno y los estándares de dimensiones de los tajeos, a fin de garantizar la uniformidad y eficiencia de un buen lanzado de shotcrete.

Según Amilcar (2018), en su tesis "Evaluación del soporte preventivo con shotcrete y fibra de acero aplicado en macizos rocosos inestables en la mina Animon – Cía. minera Volcan S.A. Cerro de Pasco – 2016.", tuvo como objetivo determinar y evaluar en qué medida el soporte preventivo con shotcrete y fibra de acero aplicado a macizos rocosos inestables de la Mina Animón permite aumentar la resistencia al cizallamiento de la roca en las proximidades de la superficie de las excavaciones abiertas, propiciando un trabajo seguro al personal y equipos en las distintas labores de la de la Unidad de Producción de la Mina y concluyó que, el tiempo es un factor importante que influye

en el comportamiento de la roca circundante a las excavaciones, las ventajas que se obtiene aplicando el sostenimiento con shotcrete como sostenimiento preventivo, logra evitar inestabilidades locales.

Algunos conceptos básicos relacionados a shotcrete, tipo de roca, diseño de planta y optimización.

Macizo rocoso: Conjunto de matriz rocosa y discontinuidades. Presenta carácter heterogéneo, comportamiento discontinuo y normalmente anisótropo, consecuencia de la naturaleza, frecuencia y orientación de los planos de discontinuidad, que condicionan su comportamiento geo mecánico e hidráulico. (Geología Web. Ingeniería geológica, s.f.)

Caracterización: Es la descripción cuantitativa y cualitativa del macizo rocoso, para determinar sus propiedades físicas y mecánicas.

Discontinuidades: Cualquier rompimiento o pérdida de continuidad de una roca. Genera comportamiento no continuo de la matriz rocosa, y normalmente anisótropo, se clasifican en fallas, diaclasas y fracturas.

Sostenimiento: El término "sostenimiento" es usado para cubrir los diversos aspectos relacionados con el macizo rocoso en esencial es para minimizar las inestabilidades de la roca alrededor de las aberturas mineras con diferentes elementos utilizados.

Clasificaciones geomecánicas: Son sistemas de clasificación que proporciona una evaluación y estimación de la calidad del macizo rocoso a partir de observaciones en el campo y ensayos sencillos, como son R.M.R.

Dominios geotécnicos: Los dominios geotécnicos están relacionados a los mecanismos de falla y/o rotura en una caracterización geomecánica a observarse y analizarse, los cuales pueden inducir a ser planar, circular, cuña y volcamiento.

Labores de desarrollo: Las labores mineras de desarrollo son excavaciones horizontales o poco inclinadas en roca estéril que permite accesar y explotar un yacimiento mineralizado, el ancho de la excavación dependerá del tipo de método a explotar y de los equipos a utilizar en el proceso.

Optimizar: La optimización en sostenimiento de labores mineras subterráneas desempeña un papel clave en la mejora de la productividad en todo el proceso de minería, así como encontrar la mejor alternativa para estabilizar la roca con un bajo costo. Un impulsor fundamental de la sostenibilidad reside en las tecnologías de bajo

impacto que pueden reducir los costos al tiempo que aumentan la productividad.

El Shotcrete en el Ciclo de Perforación y Voladura

Dentro del ciclo de perforación y voladura para la construcción de túneles o la explotación minera subterránea, el shotcrete ha adquirido un protagonismo indiscutible en los últimos años.

La técnica de perforación y voladura, consiste en el taladro de perforaciones en la roca, la colocación de explosivos y su detonación para fragmentar la sección a excavar.

Extendido en obra civil, su empleo está determinado por la homogeneidad del terreno, la longitud del túnel y su viabilidad financiera. Después de la voladura, la aplicación del shotcrete puede en muchos casos sustituir el más costoso y laborioso sistema de sostenimiento final.

Inicialmente utilizado como sostenimiento temporal, el shotcrete ahora se utiliza a menudo como sostenimiento final dependiendo de las condiciones del terreno a estabilizar. El uso de shotcrete con fibra le confiere mayor ductilidad y tenacidad.

(<http://bestsupportunderground.com/que-es-el-shotcrete/>)

Sostenimiento: Shotcrete y Empernados

Dependiendo de las características del terreno, el sostenimiento puede ser ligero o pesado, y combinado, el shotcrete con el uso de pernos y malla.

Un sostenimiento ligero puede incluir capas de shotcrete de menor espesor (entre 5-10 cm) y el uso de pernos con menor frecuencia, mientras que un sostenimiento pesado para terreno de mala calidad puede incluir capas de shotcrete de mayor espesor (entre 30-40 cm), uso de mayor número de pernos y uso de cerchas metálicas.

El hormigón proyectado por vía húmeda es el estándar actual de trabajo, dada su aplicación más fácil y homogénea, el ahorro de tiempo y de mano de obra, y las mejores condiciones de trabajo que crea.

Se aplica con equipos robotizados de shotcrete diseñados específicamente para trabajar en obra subterránea, y que se integran perfectamente con plantas de hormigón para uso bajo tierra y camiones mixers.

El uso de pernos y malla es normalmente dictado por el comportamiento geomecánico del terreno. A menudo, se combina con shotcrete para proporcionar mayor protección contra la corrosión.

El shotcrete se ha convertido en el método de sostenimiento más popular por ser

seguro, versátil, fiable y rápido. Además, el shotcrete permite ejecutar los ciclos de sostenimiento en menos tiempo, consiguiendo aumentar la producción y ahorrar costos.

Desde el nacimiento del shotcrete en 1911 se han modernizado los equipos, se han perfeccionado las técnicas de proyección y, en los últimos años la mayor innovación han sido los aditivos químicos como nuevo superplastificantes, controladores de hidratación y acelerantes.

La Planta de concreto es una instalación utilizada para la fabricación de mezclas a partir de la materia prima que lo compone: árido, cemento, agua, fibras de refuerzo y aditivos. Estos componentes que previamente se encuentran almacenados, son dosificados en las proporciones adecuadas, para ser mezclados en amasadoras o directamente descargados a un camión hormigonera en el caso de dosificadoras.

Aplicación del shotcrete vía húmeda

Proceso de producción de shotcrete en el cual se prepara una mezcla de cemento y agregados dosificados por peso. A la mezcla se le agregan agua y aditivos diferentes a los acelerantes (en caso se requiera). La mezcla es bombeada por mangueras hacia una boquilla, en donde se le inyecta aire comprimido y un acelerante (si es necesario) antes de ser proyectada sin interrupción en forma continua por equipos mecanizados.

En la aplicación con el método húmedo se utiliza un concreto ya mezclado en planta de concreto. El concreto se prepara de la misma forma que el concreto normal. En cualquier momento del proceso es posible inspeccionar y controlar la relación agua/cementante (así como la calidad). La solidez puede ser ajustada por medio de aditivos.

Para poder certificar la calidad de un trabajo de concreto lanzado, se deben considerar los siguientes puntos:

- ✓ Diseño apropiado de la mezcla: Determinar la resistencia a la compresión, con una adecuada proporción de cemento, agregados, agua, aditivos, fibras, etc.
- ✓ Preparación de la superficie sobre la que se va a lanzar: debe estar libre de polvo, aceite, agua y materiales extraños sueltos.
- ✓ Mezclado de materiales de acuerdo con el diseño.
- ✓ Aplicación por intermedio de un boquillero (operador del robot) con experiencia para reducir al mínimo el rebote y las oquedades detrás del acero de refuerzo.
- ✓ Curado como cualquier concreto.

(Revista Seguridad Minera. Método por vía seca o vía húmeda-Shotcrete. S.f.)

Características del shotcrete

El concreto de uso común o convencional, se origina mediante la combinación de tres elementos esenciales, cemento, agua y agregados, a los cuales se agrega un cuarto elemento que genéricamente se otorga como aditivo, en proporciones apropiadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, principalmente la resistencia.

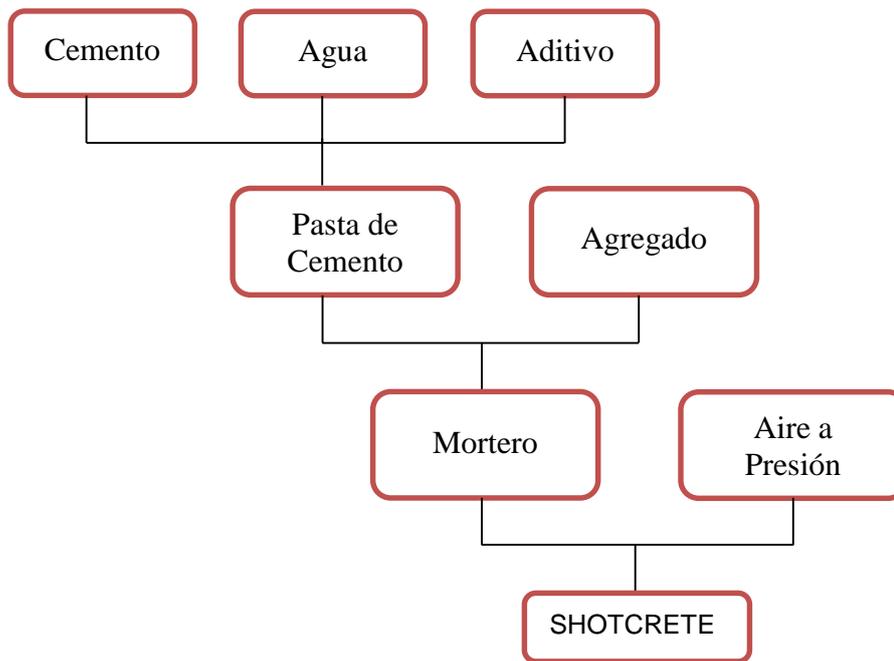


Figura 1. Procedimiento de preparación de insumos para la obtención de shotcrete

Nota: La figura representa los insumos y etapas para la preparación de shotcrete. Área Calidad INPECON SAC.

Tabla 1

Características del Shotcrete para un metro cúbico

MATERIALES	CANTIDADES
Cemento	350 kg
Arena	1800 kg
Aditivo Sigunitl - L22	4 galones/ m ³
Agua	200 L
Fibra De Acero	30 kg/m ³
Fibra Sintética	5 kg
Aditivo Superplastificante	5 L
Aditivo Acelerante De Fragua	25 L
Glenium	2,65 kg
Relación Agua Cemento	0,45

Aire

2 %

Fuente: Área sostenimiento Consorcio Minero Horizonte

Tabla 2

Costos de los insumos para la preparación de shotcrete

	CEMENTO US\$/ kg	FIBRA DE ACERO	PLASTIFICANTE US\$/ kg	SIGUNIT US\$/ kg	ARENA US\$/ kg	SIGUNIT		
		US\$/ kg				L/m3	kg/m3	US\$/m3
M01	0.17	1.51	4.2	0.85	0.02	14.84	21.81	18.47
M02	0.17	1.53	4.2	0.89	0.02	10.71	15.75	13.99
M03	0.18	1.54	4.2	0.89	0.02	11.95	17.57	15.61
M04	0.18	1.52	4.2	0.89	0.02	10.97	16.13	14.34
M05	0.18	1.52	4.2	0.89	0.02	11.64	17.11	15.26
M06	0.18	1.52	4.2	0.89	0.02	11.39	16.75	14.96
M07	0.18	1.52	3.89	0.89	0.02	14.35	21.1	18.86
M08	0.18	1.52	3.79	0.89	0.02	14.3	21.03	18.77

Fuente: Área sostenimiento Minería Subterránea

Método Guerchet

Por este método se calcularán los espacios físicos que se requerirán para establecer la planta. Por lo tanto, se hace necesario identificar el número total de maquinaria y equipo llamados elementos estáticos o fijos (EF) y también el número de operarios y el equipo de acarreo, llamados elementos móviles (EM).

Para cada elemento a distribuir, la superficie total necesaria se calcula como la suma de tres superficies parciales. (Caicedo, Miguel 2019):

$$S_T = (S_S + S_g + S_e)$$

S_T = Superficie total

S_S = Superficie estática

S_g = Superficie gravitacional

S_e = Superficie de evolución

Superficie estática (S_S)

Corresponde al área de terreno que ocupan los muebles, máquinas y equipos. Esta área debe ser evaluada en la posición de uso de la máquina o equipo, esto quiere decir que

debe incluir las bandejas de depósito, palancas, tableros, pedales, etc., necesarios para su funcionamiento.

$$S_S = L \times A = \text{largo} \times \text{ancho}$$

Superficie de gravitación (S_g)

Es la superficie utilizada por el obrero y por el material acopiado para las operaciones en curso alrededor de los puestos de trabajo. Esta superficie se obtiene para cada elemento, multiplicando la superficie estática (S_S) por el número de lados a partir de los cuales el mueble o la máquina deben ser utilizados.

$$S_g = S_S \times N$$

S_S = Superficie estática

N = Número de lados

Superficie de evolución (S_e)

Es la que se reserva entre los puestos de trabajo para los desplazamientos del personal, del equipo, de los medios de transporte y para la salida del producto terminado. Para su cálculo se utiliza un factor “K” denominado coeficiente de evolución, que representa una medida ponderada de la relación entre las alturas de los elementos móviles y los elementos estáticos.

$$S_e = (S_S + S_g)K$$

Siendo

$$K = \frac{h_{EM}}{2 \times h_{EF}} = 0.5 \times \frac{h_{EM}}{h_{EF}}$$

$$h_{EM} = \frac{\sum_{i=1}^r \text{Área}_i \times n \times h}{\sum_{i=1}^r \text{Área}_i \times n}$$

h_{EM} : Altura promedio ponderada de los elementos móviles

r : variedad de elementos móviles

A_i : superficie estática de cada elemento

h : altura del elemento móvil

n : número de elementos móviles de cada tipo

$$h_{EF} = \frac{\sum_{i=1}^t S_s \times n \times h}{\sum_{i=1}^t S_s \times n}$$

h_{EF} : Altura promedio ponderada de los elementos fijos o estáticos

t: variedad de elementos estáticos

S_s : superficie estática de cada elemento

h: altura del elemento estático

n: número de elementos estáticos de cada tipo

Es la superficie requerida para el movimiento alrededor de la máquina. La altura incluida nos da una idea de volumen y visibilidad para el movimiento. Para el cálculo de la superficie que se asigna a los inventarios, bien sea en almacén o en puntos de espera, no se considera la superficie gravitacional, sino únicamente la superficie estática y de evolución.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo influye el diseño y localización de una planta de shotcrete vía húmeda en los costos en minería subterránea, La Libertad 2020?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar cómo influye el diseño y localización de una planta de shotcrete vía húmeda en los costos en minería subterránea, La Libertad 2020.

1.3.2. Objetivos específicos

- ✚ Identificar la situación actual del tiempo de sostenimiento en minería subterránea.
- ✚ Realizar la localización y diseño de la planta de shotcrete vía húmeda para las labores mineras.
- ✚ Determinar la situación después de la localización propuesta del tiempo de sostenimiento en minería subterránea.
- ✚ Realizar el análisis económico y financiero de la propuesta.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

El diseño y localización de una planta de shotcrete vía húmeda reduce los costos en minería subterránea, La Libertad 2020.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Enfoque

Para la siguiente investigación fue aplicada debido a que se debe conocer los estudios, las investigaciones y los trabajos se hayan realizado sobre el tema; entrevistar personas expertas en el asunto, leer lo escrito al respecto. Todo esto permite estructurar de manera formal la idea de investigación. Evita que se investigue sobre algo que ya ha sido investigado a fondo y permite determinar la perspectiva principal desde la cual se abordará la idea (Hernández, 1991).

Al mismo tiempo fue descriptiva por que no hay manipulación de variables, estas se observan y se describen tal como se presentan en su ambiente natural. Su metodología es fundamentalmente descriptiva, aunque puede valerse de algunos elementos cuantitativos y cualitativos (Hernández, 2013)

Diseño

La presente investigación es de diseño no experimental, puesto que Hernández (2005) nos hace mención que este tipo de investigación se desarrolla sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios donde no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para posteriormente analizarlos.

Así mismo esta investigación presenta un corte transversal debido a que se relaciona en base a datos en un solo momento, en un único tiempo. Además, tiene como propósito describir variables y analizar su incidencia. (Hernández, 2010, p 125).

Donde:



X: Planta de shotcrete vía húmeda.

M: Optimización del sostenimiento y reducción de costos.

Esta investigación se enmarca dentro del tipo descriptivo puesto que según Rodríguez (2005), nos mencionan que una investigación descriptiva es la que comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, composición o procesos de los fenómenos.

El diseño de la presente investigación corresponde al tipo descriptivo, pues tiene como objetivo determinar cómo influye el diseño y localización de una planta de shotcrete vía húmeda en los costos en minería subterránea, La Libertad 2020 y operacional en las labores subterráneas de profundización en la unidad minera subterránea.

Variable Independiente: Planta de shotcrete vía húmeda

Variable Dependiente: Optimización del sostenimiento y reducción de costos.

2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

2.2.1. Población

Una vez que se ha definido cuál será la unidad de muestreo/análisis, se procede a delimitar la población que va a ser estudiada y sobre la cual se pretende generalizar los resultados. Así, una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones. (Lepkowski, 2008b).

Las poblaciones deben situarse claramente en torno a sus características de contenido, de lugar y en el tiempo. Baptista (1983).

En la presente investigación se considerará una población a las operaciones del recorrido a veta Lourdes y a Mina Rosa.

2.2.2. Muestra

Según Hernández (2010), menciona que la muestra es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectan datos y que tiene que definirse o determinarse de ante mano con precisión.

La unidad de muestreo es el tipo de caso que se escoge para estudiar. Normalmente es la misma que la unidad de análisis, pero en ocasiones es distinta (Thompson, 2012; Lepkowski, 2008a; y Selltiz et al., 1980).

En tal sentido en la presente investigación la muestra es censal son todas las operaciones del recorrido a veta Lourdes y a Mina Rosa:

Preparación y carguío

Traslado (nv. 2430 a nv. 1750)

Descargue

Lavado de mixer

Retorno (nv. 1750 a nv. 2430)

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1. Métodos

Método Inductivo – Deductivo

Este tipo de método se trata de aquella orientación que va de lo general a lo específico. Es decir, el enfoque parte de un enunciado general del que se van desentrañando partes o elementos específicos. Además, por medio del presente método se obtendrá conocimientos de lo general a lo particular y viceversa; es decir, del análisis de cada variable involucrada en nuestro objetivo de investigación se podrá efectuar generalizaciones con relevancia científica que permitieron sustentar afirmaciones en relación a nuestra hipótesis.

Método descriptivo

Se refiere a aquella orientación que se basa en responder la pregunta acerca de cómo es una determinada parte de la realidad objeto de estudio. El método descriptivo es uno de los métodos cualitativos que se usa en investigaciones que tienen como objetivo la evaluación de algunas características de una población o situación en particular.

Método Hermenéutico

A través de este método específico se buscará interpretar y comprender de manera sistematizada las teorías que fundamenten la presente investigación.

2.3.2. Técnicas

En lo referente a las técnicas de investigación, se puede manifestar que, son las diferentes formas en que una investigación puede llevarse a cabo. En tal sentido, es prudente traer a colación lo expresado por Finol y Nava (1993), quienes señalan que, la fase que comprende la aplicación de las técnicas e instrumentos de investigación, es la más laboriosa dentro de proceso investigativo.

Abril (2008) nos señala que las técnicas constituyen el conjunto de mecanismos, medios o recursos dirigidos a recolectar, conservar, analizar y transmitir los datos de los fenómenos sobre los cuales se investiga. Por consiguiente, las técnicas son procedimientos o recursos fundamentales de recolección de información, de los que se vale el investigador para acercarse a los hechos y acceder a su conocimiento.

Por lo tanto, la técnica que emplearemos para la recolección de datos en esta investigación son las entrevistas y la observación.

2.3.3. Instrumentos

En fenómenos sociales, tal vez el instrumento más utilizado para recolectar los datos es el cuestionario. Un cuestionario consiste en un conjunto de preguntas respecto de una o más variables a medir (Chasteauneuf, 2009). Debe ser congruente con el planteamiento del problema e hipótesis (Brace, 2013).

Hernández, Fernández, & Baptista, (2010) señalan que un instrumento de medición es el recurso que utiliza el investigador para registrar información o datos sobre las variables que tiene en mente. Algunos de los instrumentos para recabar información son, el cuestionario, la guía entrevista, las pruebas objetivas, los test y las escalas de actitudes. Para el recojo de la información en el presente estudio se utilizó cuestionario.

Se utilizó un cronometro Cronómetro Digital Citizen. Modelo CVQ9105

Es un instrumento de medida del tiempo cuya unidad es el segundo (s) SIU, este instrumento nos permite medir segundos con diferentes escalas (centésimas, milésimas) y precisiones para utilizarse en experimentos, también se utilizó una Wincha STANLEY para determinar las dimensiones del área para el diseño.

2.4. Procedimiento

Para el desarrollo de la presente investigación inicialmente se eligió el tema a investigar haciendo una revisión bibliográfica profunda con la posibilidad de incluir a variables de interés de estudio. Por otro lado, se realizó un control de tiempo de los equipos en el transporte de shotcrete de planta ubicado en superficie a interior mina. Es así que se procedió al diseño de una planta de shotcrete en interior mina como tema de estudio considerando y evaluando los tiempos actuales de sostenimiento con los que se proyecta al futuro con la nueva planta en interior mina.

2.4.1. Validez y confiabilidad de información

Para determinar la validez y confiabilidad de los instrumentos, se utilizó un cronómetro [Cronómetro Digital Citizen. Modelo CVQ9105] para medir los tiempos de recorrido y una wincha STANLEY para determinar las dimensiones del área para el diseño.

2.4.2. Para analizar la información

Después de haber aplicado el instrumento, se procedió a organizar la información en Excel, lo cual permitió elaborar las tablas que describen los resultados finales de las variables y dimensiones, para la redacción del informe se utilizó el paquete office 2016, además se utilizó programas de diseño como AutoCAD y Solidworks.

2.4.3. Aspectos éticos de la investigación

Se está citando a todas las fuentes que han sido consultadas y consideradas en esta investigación, también contamos con la autorización de la institución en estudio para recolectar la información necesaria, dicha información será usada solo con fines académicos, basándonos en el método científico y sin dejar de lado valores que un investigador debe observar; todos los resultados se presentan sin alterar datos reales.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

El diseño y construcción de una planta de preparación de shotcrete vía húmeda en interior mina se debe a la necesidad de mejorar o disminuir el tiempo de transporte del shotcrete en las labores subterráneas de profundización zona Lourdes y Rosa. Ante esta necesidad de mejorar los ciclos de sostenimiento aplicando shotcrete se determina que uno de los factores más determinantes es el transporte de la mezcla desde planta de preparación que se encuentra ubicada en superficie (Nv. 2430) hasta la zona de profundización (Nv. 1750 - Lourdes) y (Nv. 1800 – Rosa).

Para verificar lo antes mencionado se realizó un estudio de control de tiempos de la preparación de shotcrete, carguío, transporte y descarga de la mezcla en interior mina. Para realizar el estudio de tiempos se consideró:

- Preparación y carguío de 3 m³ de shotcrete que es la capacidad efectiva del mixer.
- Posibles retrasos por fallas ocurridas en planta de shotcrete (mantenimiento, fallas eléctricas, fallas mecánicas y/o falta de personal).
- Retrasos por el tráfico propio de las actividades de la mina RP940 – Balcón, ocasionada por los vehículos ligeros y pesados que circulan en interior mina.
- Se realizó el estudio en los niveles de profundización (Nv. 1750 y nv. 1800) siendo la distancia más alejada de la mina. La ubicación de la nueva planta (Nv.1960) está a 5 km. de la Rampa 940 a superficie.
- Al terminar el estudio de tiempos se obtuvo en promedio los siguientes datos

Tabla 3

Estudio de tiempo actual de recorrido a veta Lourdes

Actividad	Tiempos (mínimos)
-----------	-------------------

Preparación y carguío	20 min.
Traslado (nv. 2430 a nv. 1750)	75 min.
Descargue	15 min.
Total	110 min.

Actividad	Tiempos (mínimos)
Lavado de mixer	10 min.
Retorno (nv. 1750 a nv. 2430)	90 min.
Total	100 min.

Tabla 4

Estudio de tiempos actual a Mina Rosa

Actividad	Tiempos (mínimos)
Preparación y carguío	20 min.
Traslado (nv. 2430 a nv. 1800)	70 min.
Descargue	15 min.
Total	105 min.

Actividad	Tiempos (mínimos)
Lavado de mixer	10 min.
Retorno (nv. 1800 a nv. 2430)	85 min.
Total	95 min.

Tabla 5

Estudio de tiempos – ubicación de nueva planta en interior mina a veta Lourdes

Actividad	Tiempos (mínimos)
Preparación y carguío	20 min.
Traslado (nv. 1960 a nv. 1800)	25 min.
Descargue	15 min.

Total	60 min.
Actividad	Tiempos (mínimos)
Lavado de mixer	10 min.
Retorno (nv. 1800 a nv. 1960)	30 min.
Total	40 min.

Tabla 6

Estudio de tiempos – ubicación nueva planta interior mina a Rosa

Actividad	Tiempos (mínimos)
Preparación y carguío	20 min.
Traslado (nv. 1960 a nv. 1750)	30 min.
Descargue	15 min.
Total	65 min.

Actividad	Tiempos (mínimos)
Lavado de mixer	10 min.
Retorno (nv. 1750 a nv. 1960)	35 min.
Total	45 min.

Al evaluar el estudio de tiempos realizado observamos que el tiempo promedio de traslado de la mezcla a niveles inferiores de la profundización es de 105 Minutos (1:45 horas) por la que el tiempo máximo del shotcrete en el mixer es de 3 horas quedándonos con 1:15 horas para su descarga.

Ante este problema se define la construcción de una planta de shotcrete vía húmeda en interior mina lo cual mejorara el tiempo de transporte hacia las diversas labores.

Para el diseño de la planta de shotcrete en interior mina consideramos:

- ❖ Ubicar la planta en un lugar estratégico donde este centrada las operaciones.
- ❖ Punto céntrico es en el Nivel. 1960 de ahí se reparte a las labores de Lourdes y Rosa.

- ❖ La zona debe ser ventilada.
- ❖ Infraestructura necesaria para la planta de shotcrete en interior mina, acumulación de agregados, cemento, Agua, fibra, y aditivos de acuerdo al volumen deseado en las operaciones.

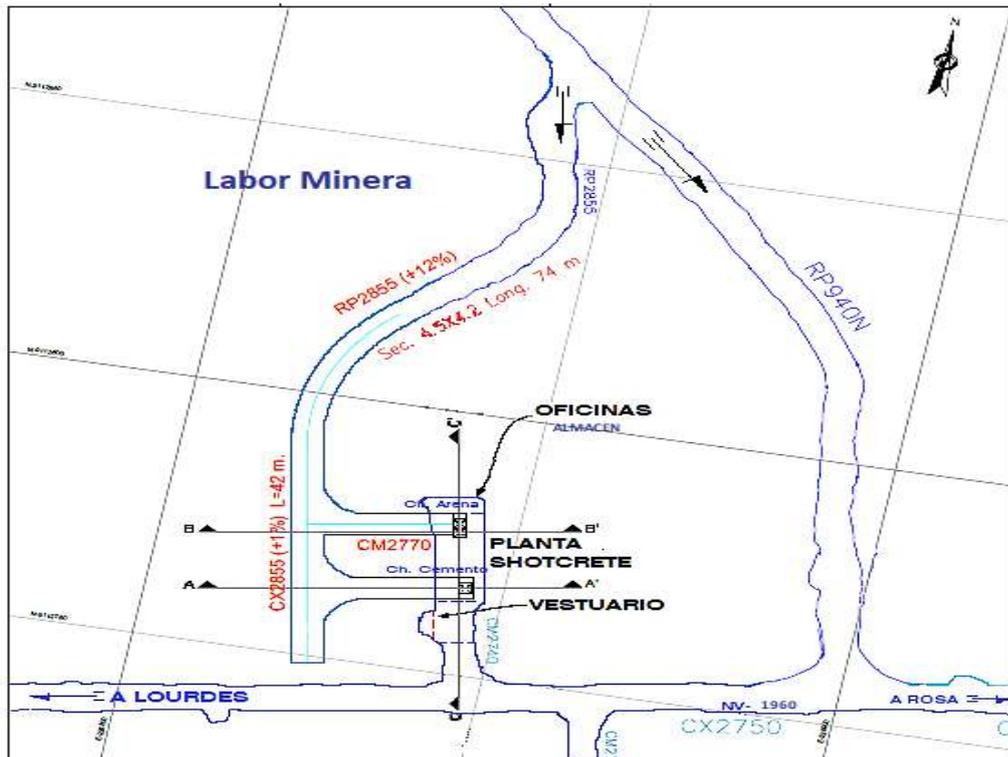


Figura 2. Plano de ubicación del laboreo minero

Teniendo en cuenta la necesidad de una planta de shotcrete en interior mina, presentamos el diseño de dicha planta.

- ❖ La planta de shotcrete estará ubicada en el Nivel. 1960, cx.2740 nivel central de las dos zonas Lourdes y Rosa.
- ❖ El cx 2740 existe, pero con sección de 3.50 m x 3.50 m de L = 60.00 m. la cual se ampliará a una sección de 8.00 m x 10.00 de L = 30.00 m. para la ubicación de la planta, luego para la alimentación de arena para shotcrete y cemento se construirán dos chimeneas de 2.00 m x 2.00 m de L = 15.00 m, y una rampa de 4.00 m x 4.00 m de L = 80.00 m. de acceso a las chimeneas donde será alimentado

por volquetes, el agregado y el cemento con big bag de 2000 kg. transportado en
camión plataforma.

Tabla 7

Dimensiones del área para la planta de shotcrete

TIPOS	Descripción	Cantidad	Unidades en metros			N (lados)	Superficie estática (Ss)	Superficie gravitacional (Sg)	Superficie de evolución (Se)	Área total de sección (At)
			m o (n)	Largo	Ancho					
Estáticos	Chimenea para arena	1	2.00 m	2.00 m	2.40 m	2	3.14 m ²	6.28 m ²	2.60 m ²	12.03 m ²
Estáticos	Faja transportadora Silo - tolva de agregados	1	3.90 m	1.16 m	4.00 m	1	4.52 m ²	4.52 m ²	2.50 m ²	11.55 m ²
Estáticos	Tolva de agregados	1	2.31 m	1.70 m	1.83 m	1	3.93 m ²	3.93 m ²	2.17 m ²	10.02 m ²
Estáticos	Tanque de agua	1	2.00 m	0.60 m	1.33 m	2	1.20 m ²	2.40 m ²	0.99 m ²	4.59 m ²
Estáticos	Faja transportadora tolva- mezclador	1	8.68 m	0.94 m	4.85 m	1	8.16 m ²	8.16 m ²	4.51 m ²	20.83 m ²
Estáticos	Dosificador de fibra	1	1.52 m	1.52 m	2.30 m	1	2.31 m ²	2.31 m ²	1.28 m ²	5.90 m ²
Estáticos	Mezcladora de concreto	1	2.59 m	2.96 m	1.45 m	2	7.67 m ²	15.33 m ²	6.35	29.35 m ²
Estáticos	Bacula de cemento	1	0.70 m	0.70 m	0.90 m	1	0.49 m ²	0.49 m ²	0.14	1.12 m ²
Estáticos	Chimenea de cemento	1	2.00 m	2.00 m	3.20 m	2	3.14 m ²	6.28 m ²	2.60	12.03 m ²
Estáticos	Estructura soporte de mezcladora	1	3.16 m	3.15 m	8.30 m	1	9.95 m ²	9.95 m ²	5.50	25.41 m ²
Estáticos	Estructura tolva de agregados	1	3.16 m	2.08 m	3.07 m	1	6.57 m ²	6.57 m ²	3.63	16.78 m ²
Estáticos	Estructura de puente grua	1	8.35 m	4.45 m	6.45 m	1	37.16 m ²	37.16 m ²	20.53	94.85 m ²
Estáticos	Estructura soporte de chimenea de arena	1	1.74 m	1.55 m	6.85 m	1	2.70 m ²	2.70 m ²	1.49	6.88 m ²
Estáticos	Caseta	1	1.50 m	1.10 m	2.11 m	1	1.65 m ²	1.65 m ²	0.91	4.21 m ²
Estáticos	Escalera	1	5.37 m	0.95 m	1.65 m	2	5.10 m ²	10.20 m ²	4.23	19.53 m ²
Móviles	Camión Mixer	1	6.12 m	2.07 m	2.66 m	1	12.67 m ²	12.67 m ²	7.00 m ²	32.34 m ²
Móviles	Operarios	3			1.60 m	1	0.00 m ²	0.00 m ²	0.00 m ²	0.00 m ²
Total										307.41 m ²
Área de pasillos y corredores			40%	Porcentaje del total estimado						122.97 m ²
Área TOTAL										430.38 m ²

Fuente: Elaboración propia

	Suma (Ss*n*altura)	Suma (Ss*n)	h
H Elementos móviles	33.697944	12.6684	2.66
H Elementos estáticos	478.557726	99.4098	4.81398943
K = 0.5*(hEM/hEF)	0.276278131		

Fuente: Elaboración propia

- ❖ Se contará con un tanque de agua, almacén para la fibra y aditivos.
- ❖ La planta constara de un alimentador de agregado, balanza, alimentador de fibra, alimentador de cemento, un mezclador o dosificador, para satisfacer la demanda de 2,400 m3/mes, que se necesita para las labores en esta zona de Lourdes y Rosa.
- ❖ Con la reducción de tiempo por la ubicación de la nueva planta se cumplirá el sostenimiento adecuado y el cumplimiento de metas en las operaciones que es la finalidad del trabajo de investigación.

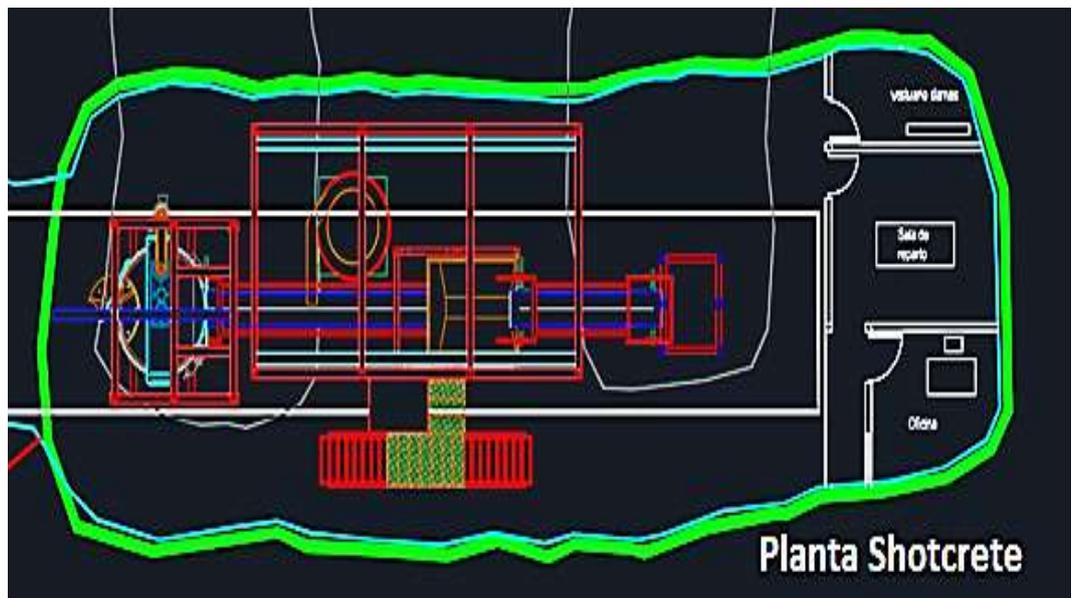


Figura 3. Plano de distribución planta de shotcrete

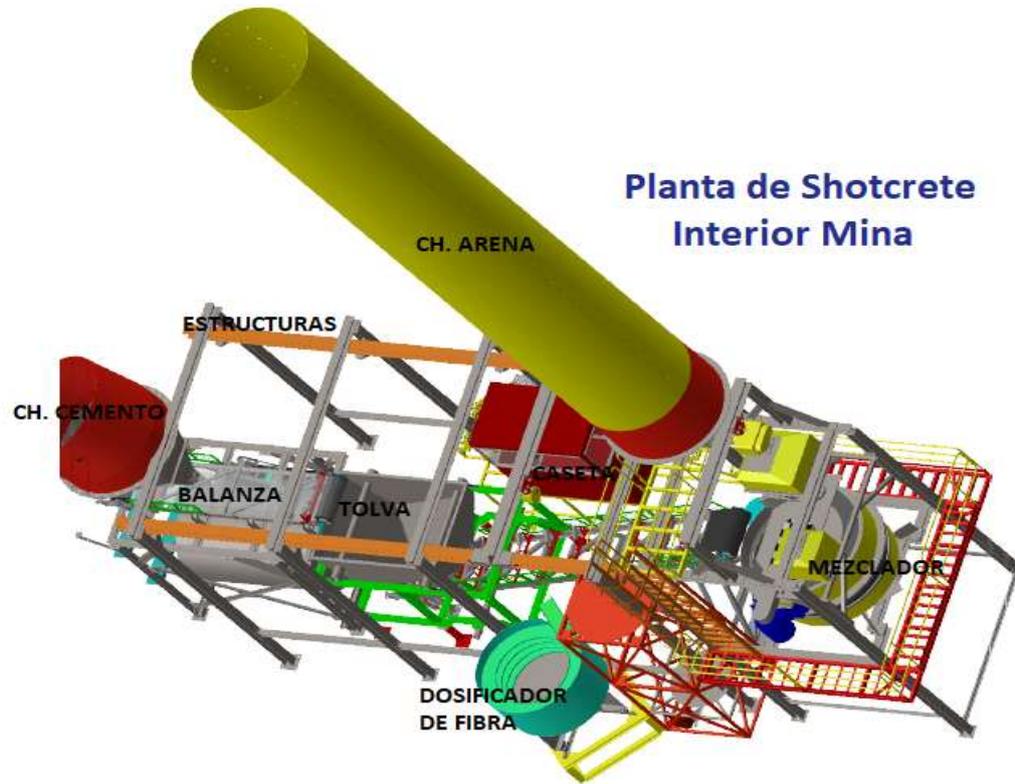


Figura 4. Plano isométrico planta de shotcrete

Caracterización del macizo rocoso para la aplicación del sostenimiento en la labor minera de la planta de shotcrete.

Los resultados obtenidos en la caracterización del macizo rocoso nos dieron un RMR de 36 y según el anexo n° 13 de diseño de sostenimiento nos permitió determinar un sostenimiento por soporte (Concreto lanzado - Shotcrete), y sostenimiento por refuerzo (Anclajes por Adherencia - Barra Helicoidal y Anclajes por Fricción - Split Set), determinándose un sostenimiento combinado.

Según el anexo n° 13 diseño de sostenimiento nos da una roca IV – A que se caracteriza por ser una roca blanda, conocida como roca mala A con un RMR que va de 31 - 40, presenta muchas fracturas, roca muy alterada, fallas significativas con panizo y fuerte goteo de agua.

El sostenimiento propuesto para este tipo de roca es de shotcrete de 2” con refuerzo con fibra de acero grambis en porcentajes de 30, 35 y 40 kg/m³, y pernos sistemáticos espaciados entre 1 m. y 1.5 m. (anclajes de fricción de 8 pies y anclajes por adherencia de 10 pies de 5/8” de diámetro)

La optimización en la aplicación del shotcrete vía húmeda en las labores de profundización de exploración, explotación y preparación en la unidad minera subterránea, nos arroja una mejora en los procesos la cual al tener una planta en interior mina y cerca de las operaciones se logra la obtención de bajos costos por metro cúbico de lanzado.

Tabla 8

Variación de precios de planta en superficie e interior mina.

Actividad	Planta en Superficie P.U. (\$/m³)	Planta Interior Mina P.U. (\$/m³)	Variación P.U. (\$/m³)
Shotcrete V.H. Mixer	50.06	37.6	-12.46
Planilla de Mixer	6.6	6.6	
Shotcrete V.H. Robot	85.7	85.7	
Planilla de Robot	6.63	6.63	
Planilla de dosificación	16.6	16.6	
Mezcla m3	130	134.31	4.31
TOTAL	295.59	287.44	-8.15

En la tabla N° 8 se aprecia los precios unitarios del shotcrete en la planta en superficie y la de interior mina, el cual era de 295.59 \$/m³ a 287.44 \$/m³, dando como resultado un ahorro de 8.15 \$/m³, que representa la disminución de costo en la partida de sostenimiento con shotcrete debido a la construcción de una planta en interior mina.

Con la construcción de la planta de shotcrete produciremos 2,684 m³/mes que es lo planificado para este año.

Contando con una producción de 2,684 m³/mes = 32,208 m³/año x 8.15 \$/m³, representa una disminución de costo de 262,495.2 US\$/año.

Del cuadro económico de inversión tenemos el costo de la planta de shotcrete en interior mina 445,000 US\$ y el ingreso por reducción de costos es de 262,495.2 US\$, lo que nos da un resultado a pagar en 1.7 años.

Determinar cómo influye el diseño y localización de una planta de shotcrete vía húmeda en los costos en minería subterránea.

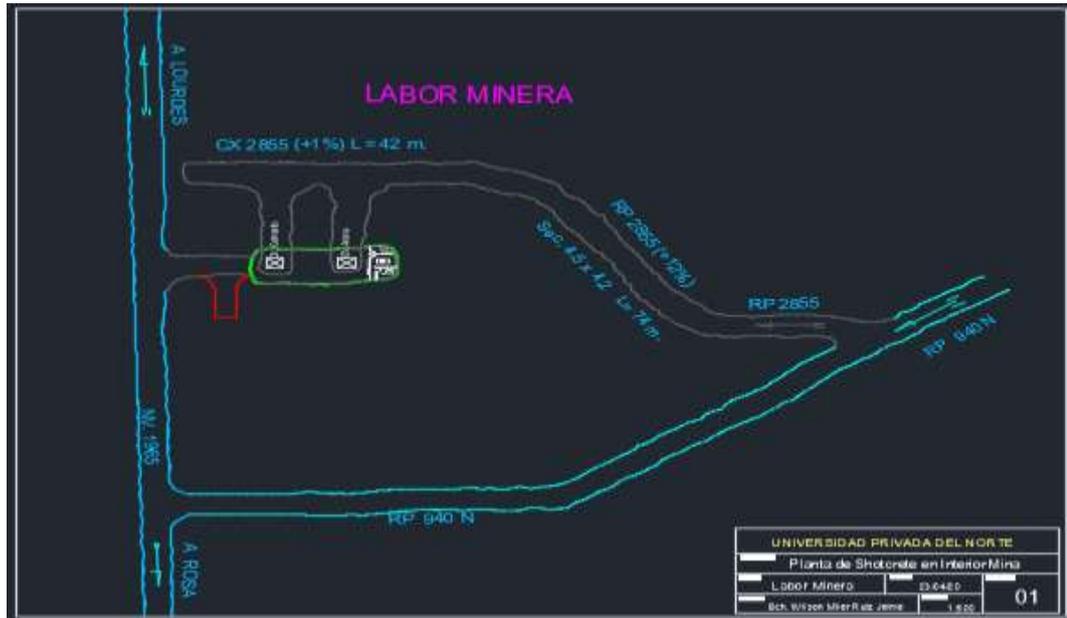


Figura 5. Plano de ubicación

El trabajo es mecanizado idéntico a la perforación de una galería la cual se debe perforar con Jumbo, su acarreo de desmonte se realiza con volquetes, el sostenimiento del macizo rocoso es con shotcrete de 2” y pernos esporádicos de 1.00 x 1.00 m. de longitud de 8’, su RMR es de 36, 38 y 39. Luego con el avance del cx 2740, la rp 2855 y la ch de arena y cemento se procede a instalar el anillado metálico de 2 x 2 x 115 m rellenado los espacios vacíos producto de la voladura con concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

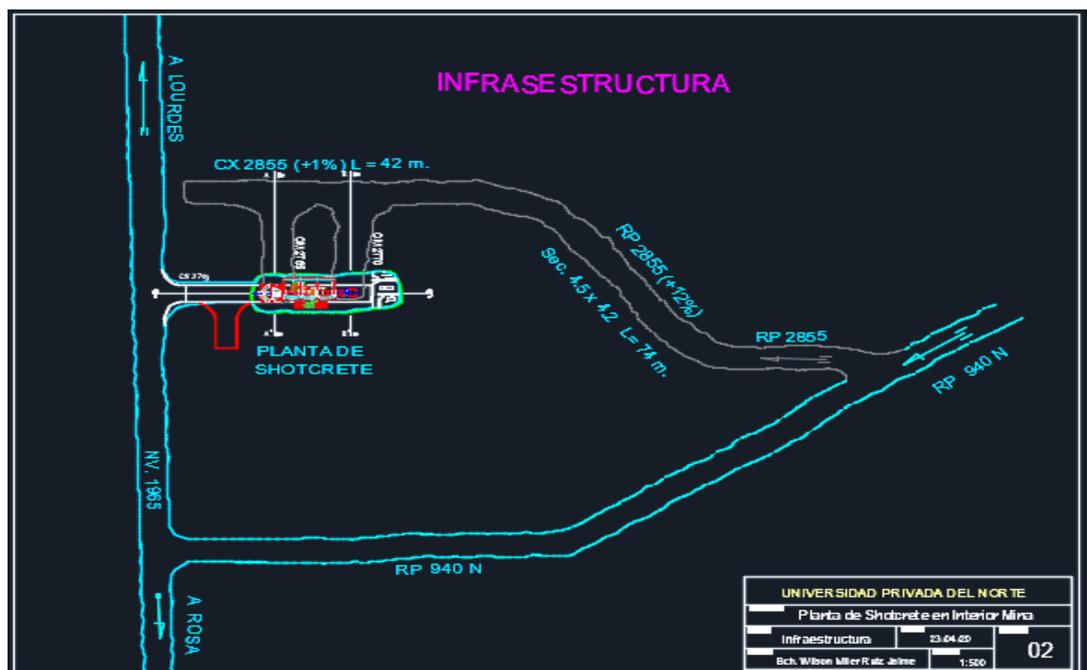


Figura 6. Plano de distribución en planta

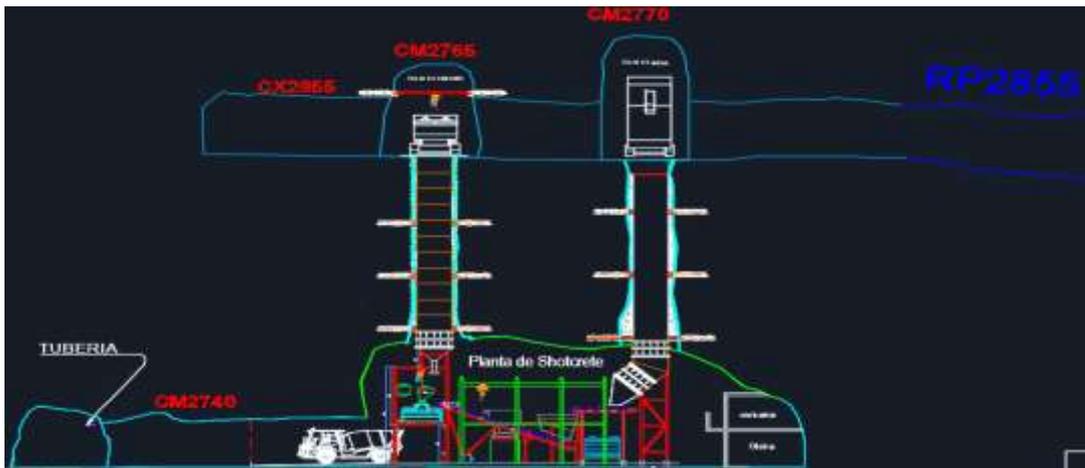


Figura 7. Plano de distribución en corte

En el diseño de la infraestructura debe contar con piso de concreto de espesor de 0.10 cn. $F_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, pedestales para el soporte de las estructuras de concreto armado con un $f_c = 300 \text{ kg/cm}^2$, almacenes y oficina, instalación de energía, etc.

El montaje de la planta se realizará una vez realizado los pedestales. En las chimeneas se debe colocar una parrilla de acero para la tolva de arena y un monorriel para la tolva de cemento.

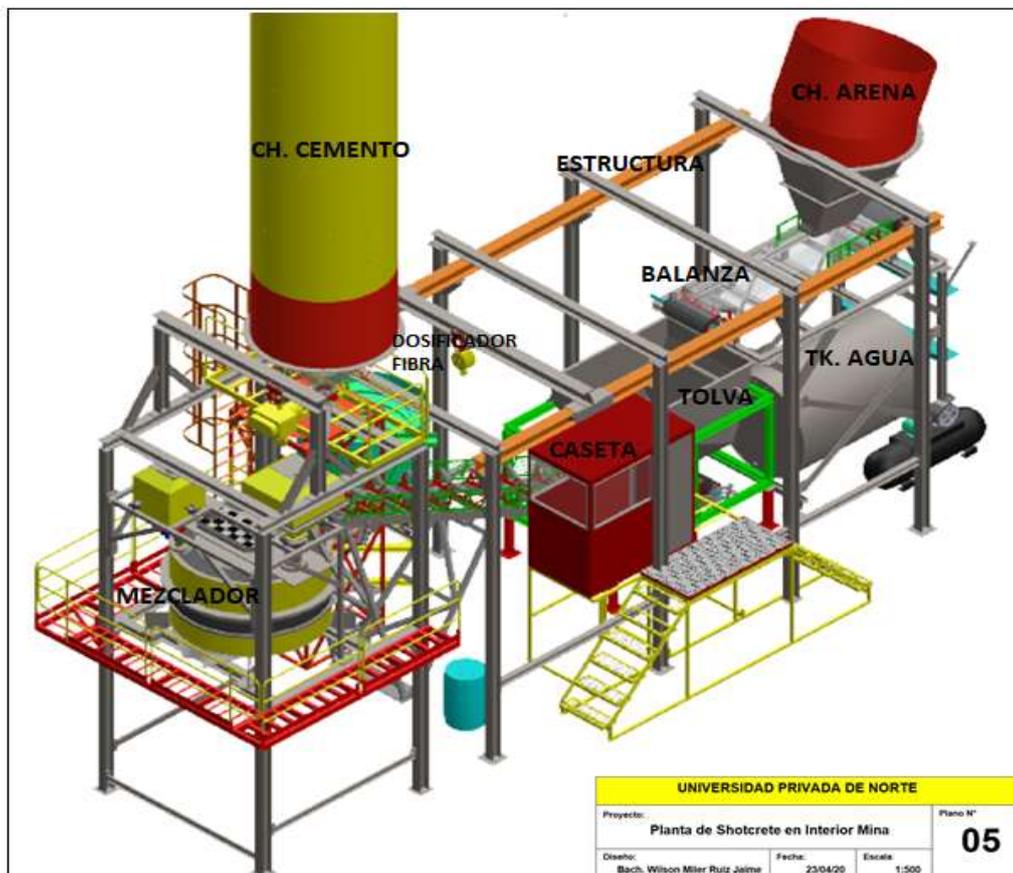


Figura 8. Plano isométrico de planta de shotcrete interior mina

El diseño de la planta de shotcrete tiene una capacidad nominal de 100 m³/guardia.

El montaje consta de infraestructura metálica, tanque agua, balanza, tolva de arena, faja transportadora, chute de hidráulico de arena y un sinfín para la alimentación del cemento, dosificador de fibra, mezclador del concreto y una caseta de control; terminado la instalación se debe hacer pruebas en vacío para dar cierto ajuste y luego ponerlo en marcha.

Análisis de la caracterización del macizo rocoso para la aplicación del sostenimiento en la labor minera de la planta de shotcrete

En el Anexo A17, se muestra Plano Isométrico de Shotcrete en Interior Mina, así como el cálculo *del RMR de cx 2740*

Con respecto al cálculo del RMR, nos arrojó para el cx. 2740 donde se instalará la planta 36, para la ch. 38 y para la Rp. 39, sosteniéndose con shotcrete de 2” pernos Split set de 8’ separado de 1.00 m. x 1.00 m., y pernos helicoidales de 10’ intermediados.

Optimización del sostenimiento con shotcrete en las labores mineras Subterráneas.

La optimización en la aplicación del shotcrete vía húmeda en las labores de profundización (exploración, explotación y preparación) en la unidad minera de Parcoy, nos arroja una mejora en los tiempos de los procesos del sostenimiento la cual al tener una planta en interior mina y cerca de las operaciones se logra reducir de 3.5 horas/viaje entre ida y vuelta a la planta de superficie, con respecto a planta interior mina arrojando 1.45 horas/viaje entre ida y vuelta.

Obtención de bajos costos por metro cubico de lanzado.

Indicadores Económicos

Tabla 9

Flujo de fondos netos económicos.

Flujo de fondos económicos			
Año	0	1	2
Inversión	445000		
Ingreso por reducción de costos (US\$/año)		262495.2	262495.2

El valor actual neto se calcula utilizando la siguiente fórmula matemática:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

V_t : representa los flujos de caja en cada periodo t .

I_0 : valor del desembolso inicial de la inversión

n : es el número de periodo considerado

La tasa interna de retorno se calcula utilizando la siguiente fórmula matemática:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t} - I = 0$$

F_t : es el flujo de caja en el periodo t .

I : valor del desembolso inicial de la inversión

n : número de periodo considerado.

El valor Benéfico/Costo cambiará según la tasa de actualización seleccionada, o sea, que cuando más elevada sea dicha tasa, menor será la relación en el índice resultante.

Su fórmula es:

$$B/C = \frac{\sum_{i=0}^n \frac{V_i}{(1+i)^n}}{\sum_{i=0}^n \frac{C_i}{(1+i)^n}}$$

B/C : Beneficio/Costo

V_i : Valor de la producción (beneficio bruto)

C_i : Egresos ($i = 0, 1, 2, \dots, n$)

i : tasa de descuento (15%)

Se considera como indicadores económicos:

Tabla 10

Indicador Económico.

VANE (US\$)	18334.23
TIRE	67%
B/C	1.84

Periodo de Rec. 1.7 años

Según el indicador económico nos arroja que es rentable el proyecto de una planta de shotcrete en interior mina para el sostenimiento en la profundización de las zonas de Lourdes y Rosa.

Con el nuevo diseño de una planta en interior mina se reduce el costo de un m³ de shotcrete de 295.59 US\$ a un 287.44 US\$/m³, logrando obtener el objetivo planteado.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

Conforme al sustento de cálculos y a la experiencia se ha encontrado una roca RMR 36 y una calidad de roca A 36, lo que nos permitió hacer uso de shotcrete esperando obtener resultados satisfactorios con la planta de shotcrete vía húmeda, especialmente en la veta Lourdes y la veta Rosa. Se obtuvo resultados de sostenimiento adecuado y la conformidad de la gerencia de la planta. Esta investigación corrobora con Barreda (2014) donde concluyó: Que al implantar una planta de shotcrete en interior mina, se permitirá una mayor versatilidad y dinamismo acorde con el ritmo de sostenimiento de las labores subterráneas

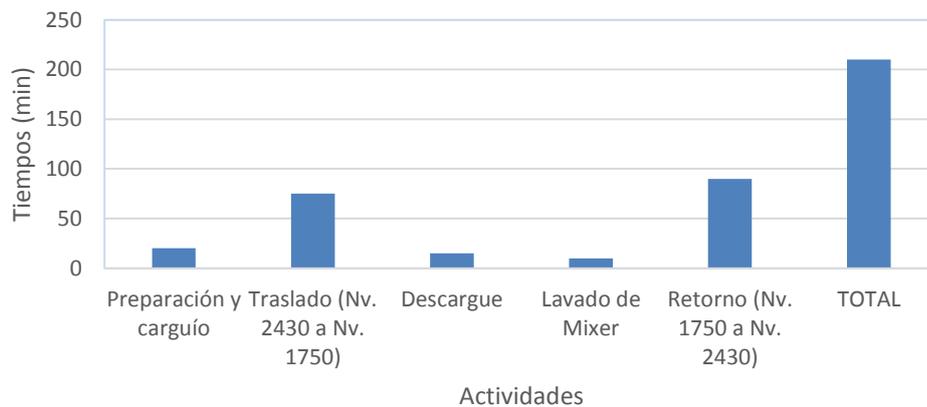


Figura 9. Tiempo actual de superficie a veta Lourdes

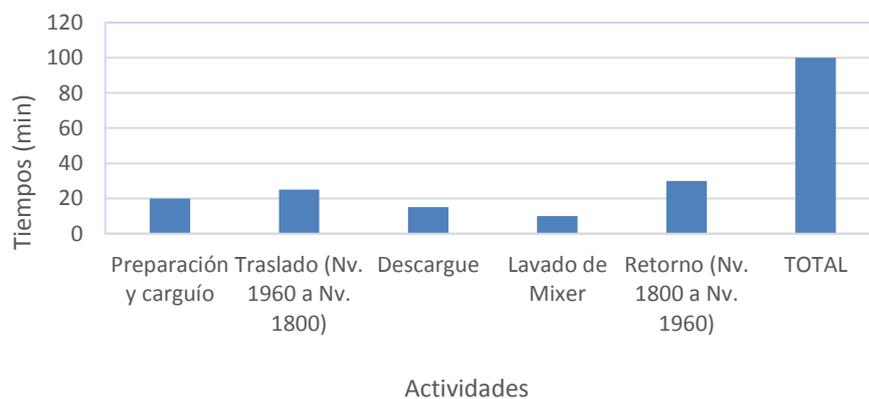


Figura 10. Tiempos con la nueva planta a veta Lourdes

En la figura 9 y 10, se observa una comparación de tiempos entre la planta actual y la nueva planta de shotcrete. En la figura 9 se muestra que el tiempo total de recorrido desde la superficie a la veta Lourdes es de 210 min. Mientras que en la figura 10 nos muestra el tiempo calculado de la nueva planta a la veta Lourdes que sería en un tiempo total de 100 min siendo una diferencia de 110 min.

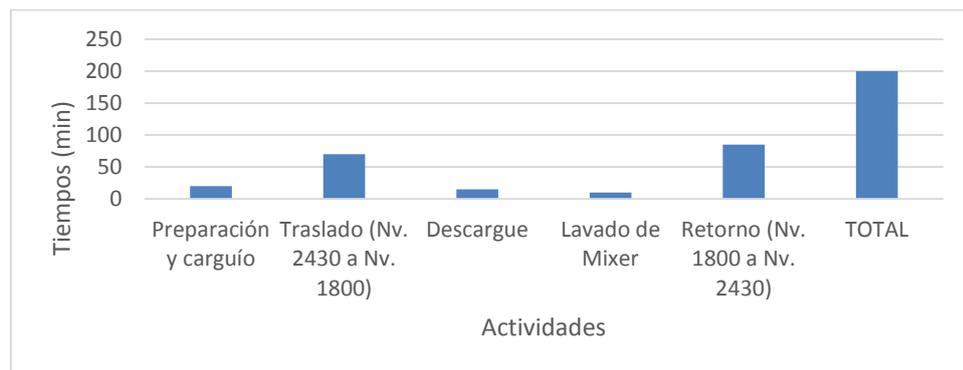


Figura 11. Tiempo actual de Superficie a veta Rosa

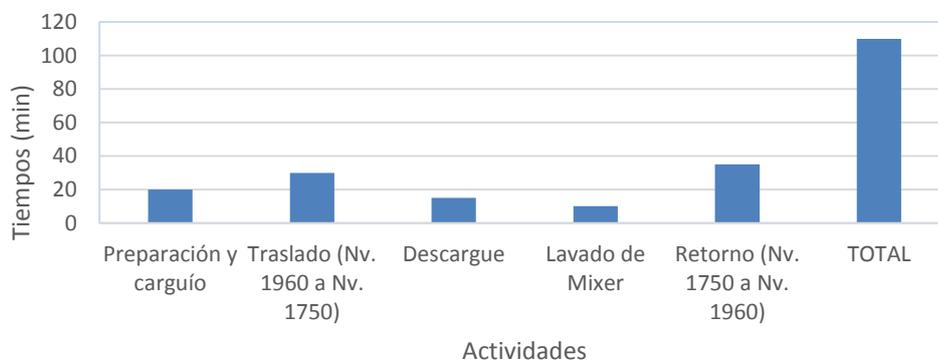


Figura 12. Tiempos con la nueva planta a veta Rosa

En la figura 11 y 12, se logró diferenciar los tiempos entre la planta actual a la mina Rosa en comparación con el diseño de la nueva planta a la mina Rosa. En la figura 11 el tiempo de transporte de superficie a la mina rosa se desarrolló en 200 minutos en comparación de la figura 12 que nos muestra el tiempo de recorrido con la nueva planta a mina rosa con un total 110 min por lo cual tenemos un ahorro de 90 min, en el transporte de sostenimiento.

Para la selección del anclaje en la etapa de sostenimiento se debe de conocer la calidad de las propiedades físicas-mecánicas del perno pre-instalación y post-instalación a utilizar y cumplir los procedimientos indicados por el fabricante para su instalación, esto con el fin de que cumpla su función de sostener eficientemente, y evitar el colapso de rocas colgadas, menciona Chura (2016), conforme a lo planteado, es necesario en ocasiones aplicar al shotcrete de reforzamiento con pernos de anclaje y mallas metálicas, por lo que la utilización del shotcrete se requiere lo más cerca de las labores de operaciones, es conveniente instalar la planta de shotcrete en el NV 1960 m.n.s.m, estando cerca de la zona de operaciones de las dos vetas mencionadas. Sostuvo que, para tener un avance óptimo en el lanzado de shotcrete vía húmeda es muy importante tener la planta de agregado y cemento cerca de las labores donde se va a colocar el shotcrete, optimizando así el rendimiento de los equipos, ya que el robot por ser automatizado tiene un sistema de proyección rápido según mencionó Vargas (2017), la planta diseñada en interior de la mina de Parcoy es de capacidad de 100 m³/guardia, logrando los objetivos requeridos por producción y a la vez reduce los costos operativos considerablemente.

El análisis de la caracterización del macizo rocoso nos arroja un RMR de 36 para el cx2740 por lo cual se eligió un sostenimiento doble de pernos de anclaje Split set y helicoidales más shotcrete de 2", las ch de cemento y arena su RMR de 38 la cual debe ser anillada, y en la rampa con un RMR es de 39 con un sostenimiento con pernos Split set espaciados de 1 x 1 m. y shotcrete de 2". Por otro lado, su optimización con respecto al transporte del shotcrete se determina con la disminución de tiempos de traslado de mezcla; obteniendo 12.46 US\$/viaje menos del valor actual, y de esta manera se garantiza la seguridad al personal y equipos que transiten por el área de profundización debido al correcto sostenimiento oportuno de las labores en interior mina.

Se realizó unos análisis económicos y financiero donde la disminución de tiempos conlleva a una obtención de bajo costos con respecto a la planta en superficie que es de 295.59 US\$/m³ con la de interior mina es de 287.44 US\$/m³, dando como resultado un ahorro de 8.15 US\$/m³, que representa la disminución de costo en la partida de sostenimiento con shotcrete debido a la construcción de una planta en interior mina.

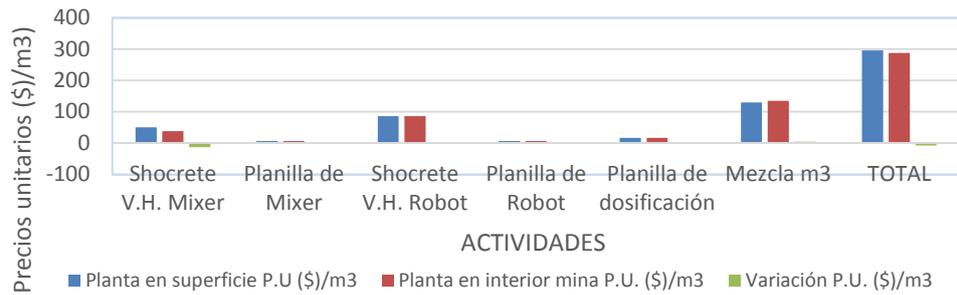


Figura 13. Variación de precios de planta en superficie e interior mina

El tiempo es un factor importante que influye en el comportamiento de la roca circundante a las excavaciones, las ventajas que se obtiene aplicando el sostenimiento con shotcrete como sostenimiento preventivo, logró evitar inestabilidades locales y corrobora con lo mencionado por Camarena (2016), en su tesis de investigación sobre la optimización del sostenimiento con shotcrete vía húmeda con fines de minimizar costos y mejorar la producción de lanzado de la E.E. Robocon S.A.C. en la mina San Cristóbal - CIA minera Volcan S.A.A. indicó que el mejoramiento continuo del sistema de sostenimiento con shotcrete vía húmeda es el resultado de trabajar con menores costos de transporte, respetando el tipo de terreno y los estándares de dimensiones en los tajeos, a fin de garantizar la uniformidad y eficiencia de un buen lanzado de shotcrete.

El diseño y localización de la planta shotcrete vía húmeda en los costos en minería subterránea presentada en este trabajo de investigación, con sus cálculos de ya puestos en interior mina, garantiza la calidad del shotcrete vía humedad, y corrobora con la tesis de investigación realizada por Fernández & Valderrama (2018), donde menciona que los parámetros para maximizar la adhesión del shotcrete por proceso húmedo en minería subterránea de Consorcio Minero Horizonte S.A. sostiene que el shotcrete de buena calidad y bien ejecutado aumenta la eficiencia del sistema de fortificación del sustrato y el shotcrete de mala calidad y mal ejecutado es carga muerta y un peligro para las operaciones.

4.2 Conclusiones

El diseño y localización de una planta de shotcrete vía húmeda en los costos en minería subterránea sostienen que el shotcrete de buena calidad y bien ejecutado aumenta la eficiencia del sistema de fortificación del sustrato y el shotcrete de mala calidad y mal ejecutado es carga muerta y un peligro para las operaciones.

Se logró identificar la situación actual del tiempo de sostenimiento en minería subterránea en la operación minera subterránea de la Libertad.

Se realizó el diseño de una planta de shotcrete en interior mina que logrará reducir el tiempo en el transporte y reducir costos, como también el cumplimiento de las operaciones.

Se diseñó una planta de shotcrete vía húmeda para optimizar y reducir costos de sostenimiento en las labores mineras, y que permitirá una disminución de 110 minutos entre la planta actual y la nueva planta de shotcrete hasta la veta Lourdes así mismo entre la planta actual y la nueva planta de shotcrete hasta la mina Rosa permite una disminución de 90 minutos.

Se hizo un análisis técnico económico sobre la viabilidad del proyecto en función al VAN, TIR. Los precios unitarios de transporte del concreto lanzado serán de 12.46 US\$/viaje menos del actual.

En el análisis de los fondos netos económicos, encontramos los indicadores económicos (VAN, TIR, B/C y periodo de recuperación); indicándonos la rentabilidad del proyecto.

REFERENCIAS

- Amilcar, M. (2018). Evaluación del soporte preventivo con shotcrete y fibra de acero aplicado en macizos rocosos inestables en la mina Animon - CIA minera Volcan S.A. Cerro de Pasco – 2016. [tesis de pregrado, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. Perú]. Repositorio Institucional URI
Disponible en:
<http://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/619>
- Barrera, R. (2014). Diseño de planta subterránea para optimizar y reducir costos en mina Chipmo CHIA. de minas buenaventura. [tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Perú]. Repositorio Institucional URI
Disponible en:
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4037>
- Chura, W. (2016). Caracterización geomecánica del macizo rocoso y su aplicación en el diseño de sostenimiento en labores de desarrollo de la unidad económica administrativa Ana María – La Rinconada. [tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano. Puno. Perú]. Repositorio Institucional URI
Disponible en:
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4489>
- Caicedo, M. (2019). Análisis de los procesos operativos y distribución de planta en la Empresa Cimetcorp S.A. [Universidad de Guayaquil. Ecuador].
Disponible en:
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/46040/1/TESIS%20MIGUEL%20CAICEDO.pdf>
- Camarena, F. (2016). Optimización del sostenimiento con shotcrete vía húmeda con fines de minimizar costos y mejorar la producción de lanzado de la E.E. Robocon S.A.C. en la mina San Cristóbal - CIA minera Volcan S.A.A. [Universidad Nacional del Centro del Perú. Junín. Perú]. Repositorio Institucional URI
Disponible en:
<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3860>
- Fernández, C., Valderrama, E. (2018). Parámetros para Maximizar la Adhesión del Shotcrete por Proceso Húmedo en Minería Subterránea de Consorcio Minero Horizonte S.A. [tesis de pregrado, Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI. Perú]. Repositorio Institucional URI

Disponible en:

<https://repositorio.uct.edu.pe/handle/123456789/517>

Vargas, E. (2017). Optimización del sostenimiento con shotcrete usando desmonte zarandeado como agregado, en la construcción de la rampa principal - MARSÁ. [tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo. Perú.]. Repositorio Institucional URI

Disponible en:

<http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/9406>.

Geología Web (s.f). Ingeniería geológica. Consultado el 18 de noviembre de 2020.

Disponible en:

<https://geologiaweb.com/ingenieria-geologica/macizo-rocoso/>

Revista Seguridad Minera (s.f). Método por vía seca o vía húmeda - shotcrete. Consultado el 18 de noviembre de 2020.

Disponible en:

<https://revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/metodo-por-via-seca-o-via-humeda/>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

Tabla A1: Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
<p>¿Cómo influye el diseño y localización de una planta de shotcrete vía húmeda en los costos en minería subterránea, La Libertad 2020?</p>	<p>Objetivo general: Determinar cómo influye el diseño y localización de una planta de shotcrete vía húmeda en los costos en minería subterránea, La Libertad 2020.</p> <p>Objetivos específicos: Identificar la situación actual del tiempo de sostenimiento en minería subterránea. Realizar la localización y diseño de la planta de shotcrete vía húmeda para las labores mineras. Determinar la situación después de la localización propuesta del tiempo de sostenimiento en minería subterránea. Realizar el análisis económico y financiero de la propuesta.</p>	<p>Hipótesis general: El diseño y localización de una planta de shotcrete vía húmeda reduce los costos en minería subterránea, La Libertad 2020.</p>	<p>Variable Independiente: Diseño de una planta de shotcrete vía húmeda,</p> <p>Variable Dependiente: Optimización del sostenimiento y reducción de costos.</p>	<p>Tipo de Investigación: Aplicada</p> <p>Método: Cuantitativo</p> <p>Diseño: Descriptivo</p>

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2: Plano de ubicación de la unidad minera



Figura A2: Plano de ubicación de la unidad minera.

Anexo 3: Ubicación de los túneles de la unidad minera



Figura A3: Ubicación de sus túneles de la unidad minera

Anexo 4: Vista en corte de la unidad minera de Parcoy

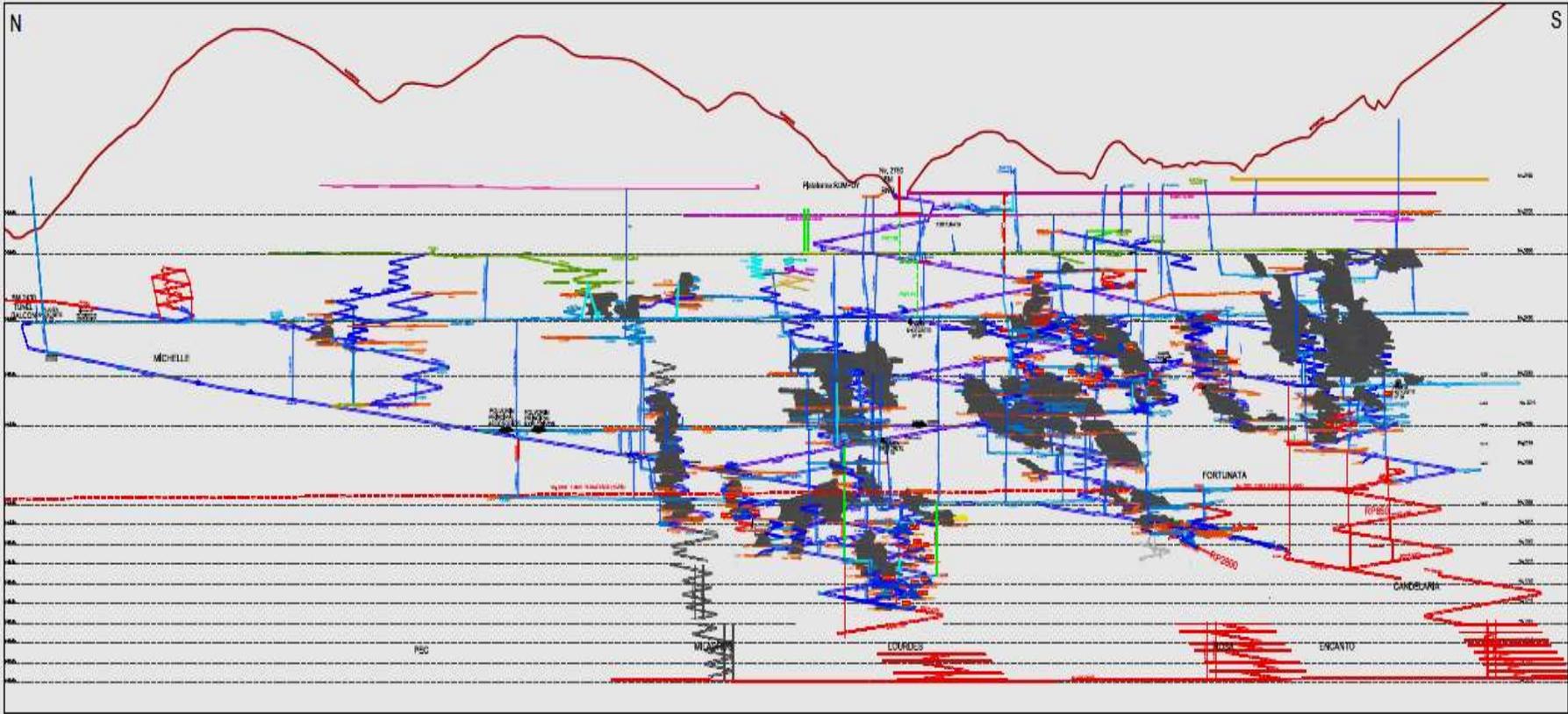


Figura A7: Vista en corte de la unidad minera

Anexo 5: Ubicación de la Planta de Shotcrete

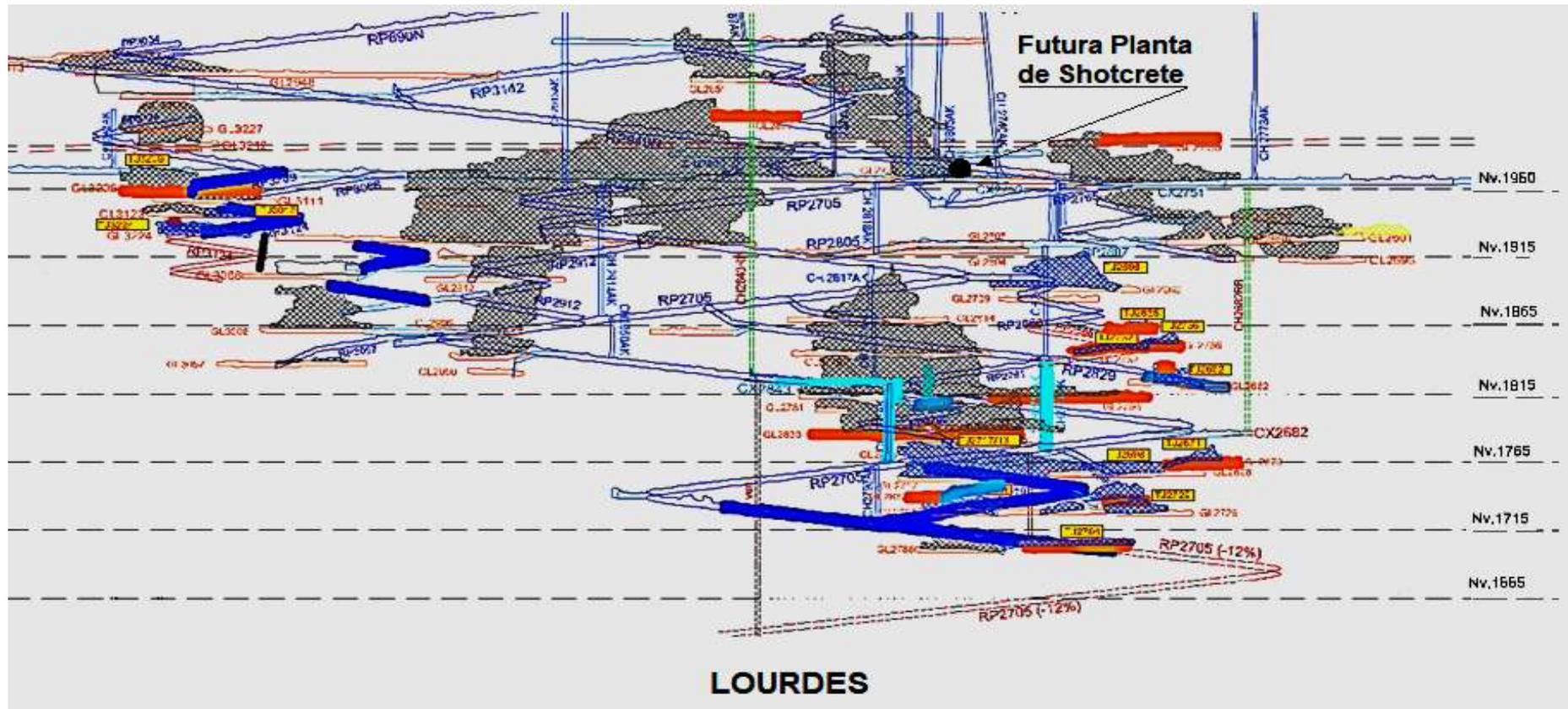


Figura A8: Vista en corte donde será la planta de shotcrete

Anexo 6: Vista en corte de la zona de Rosa

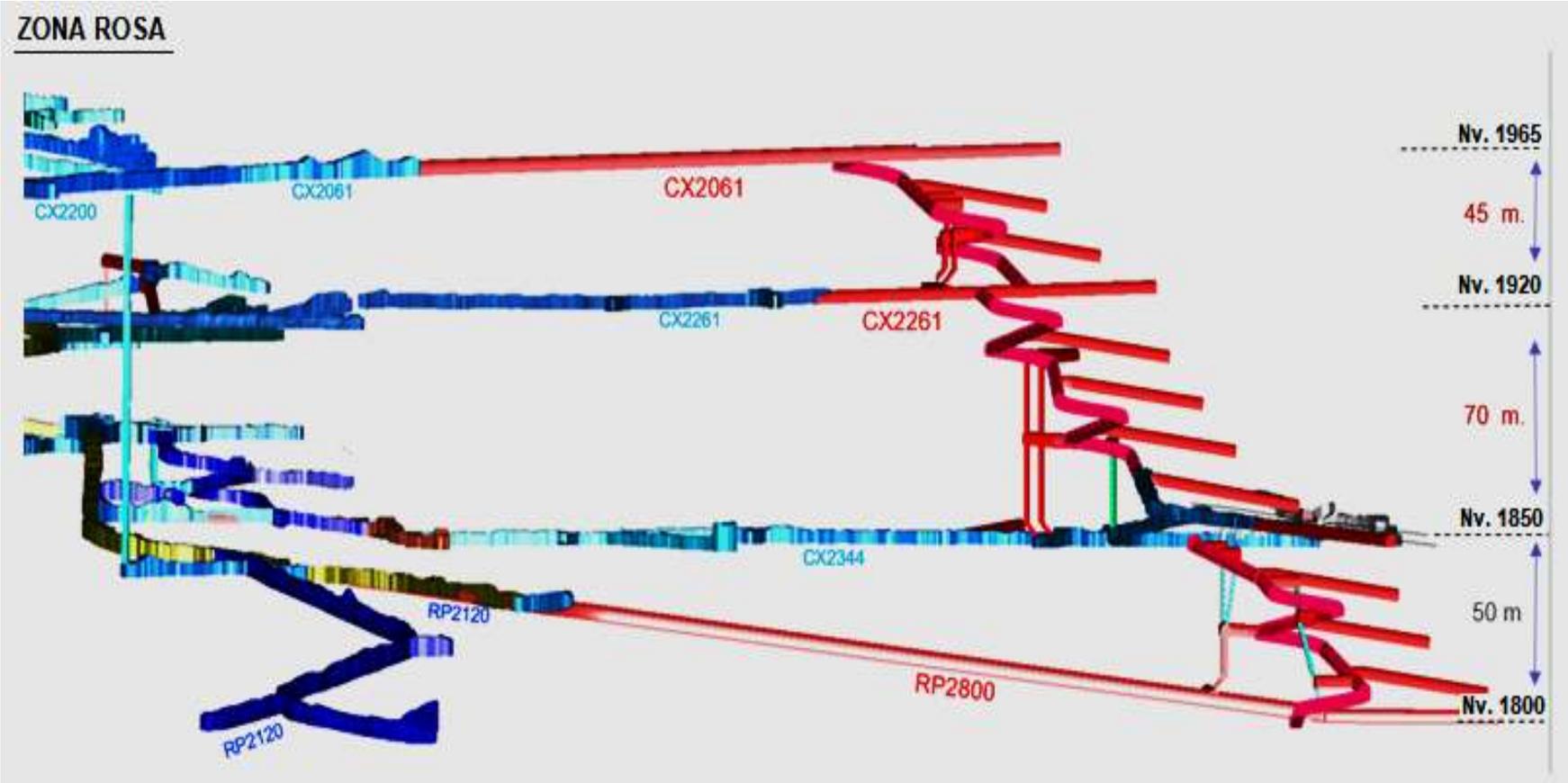


Figura A9: Vista en corte de la zona de Rosa

Anexo 7: Plano de laboreo minero

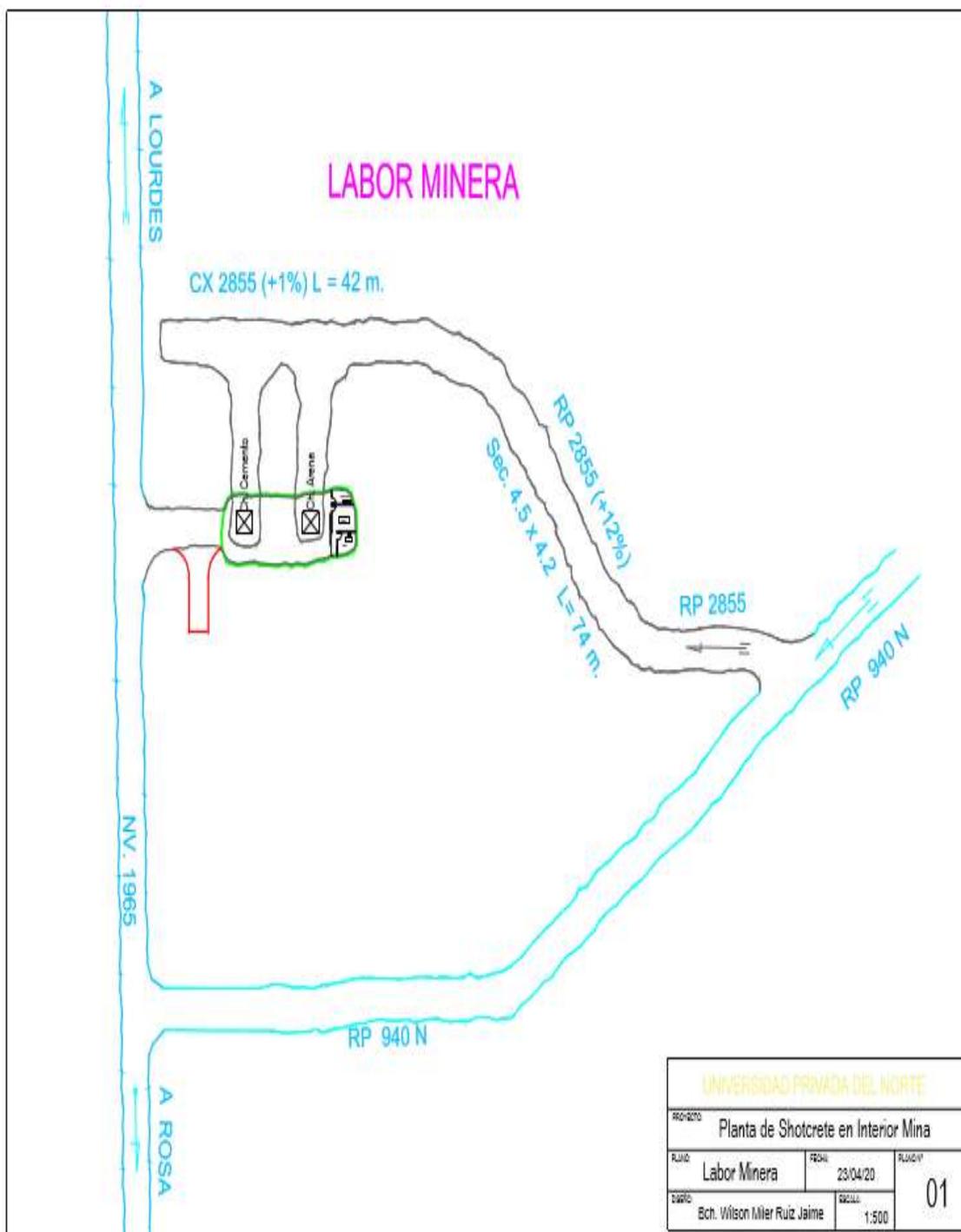


Figura A10: Plano laboreo minero

Anexo 8: Plano de planta

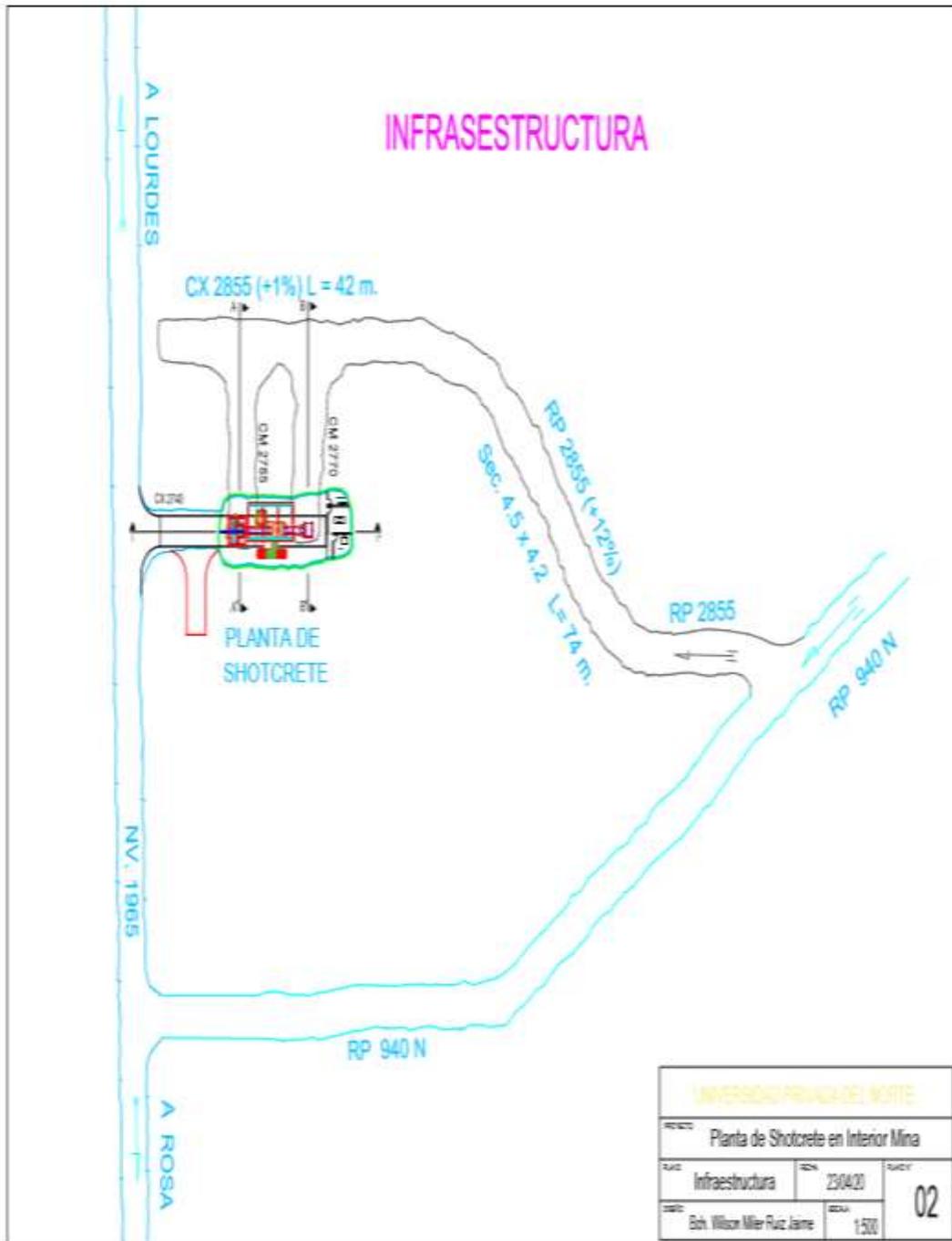


Figura A11: Plano en planta

Anexo 9: Plano de corte c-c

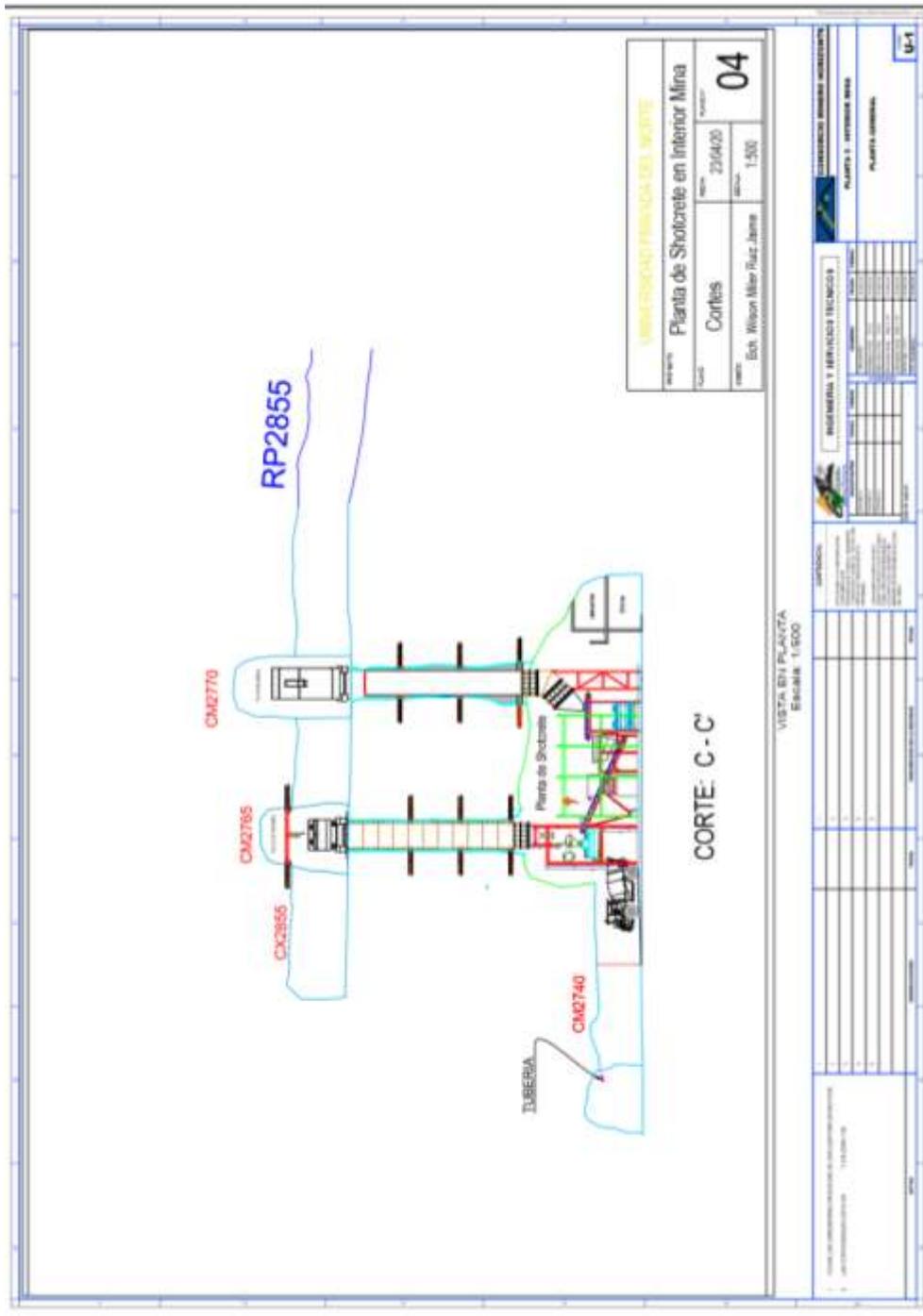


Figura A12: Plano de corte c- c

Anexo 10: Plano de cortes

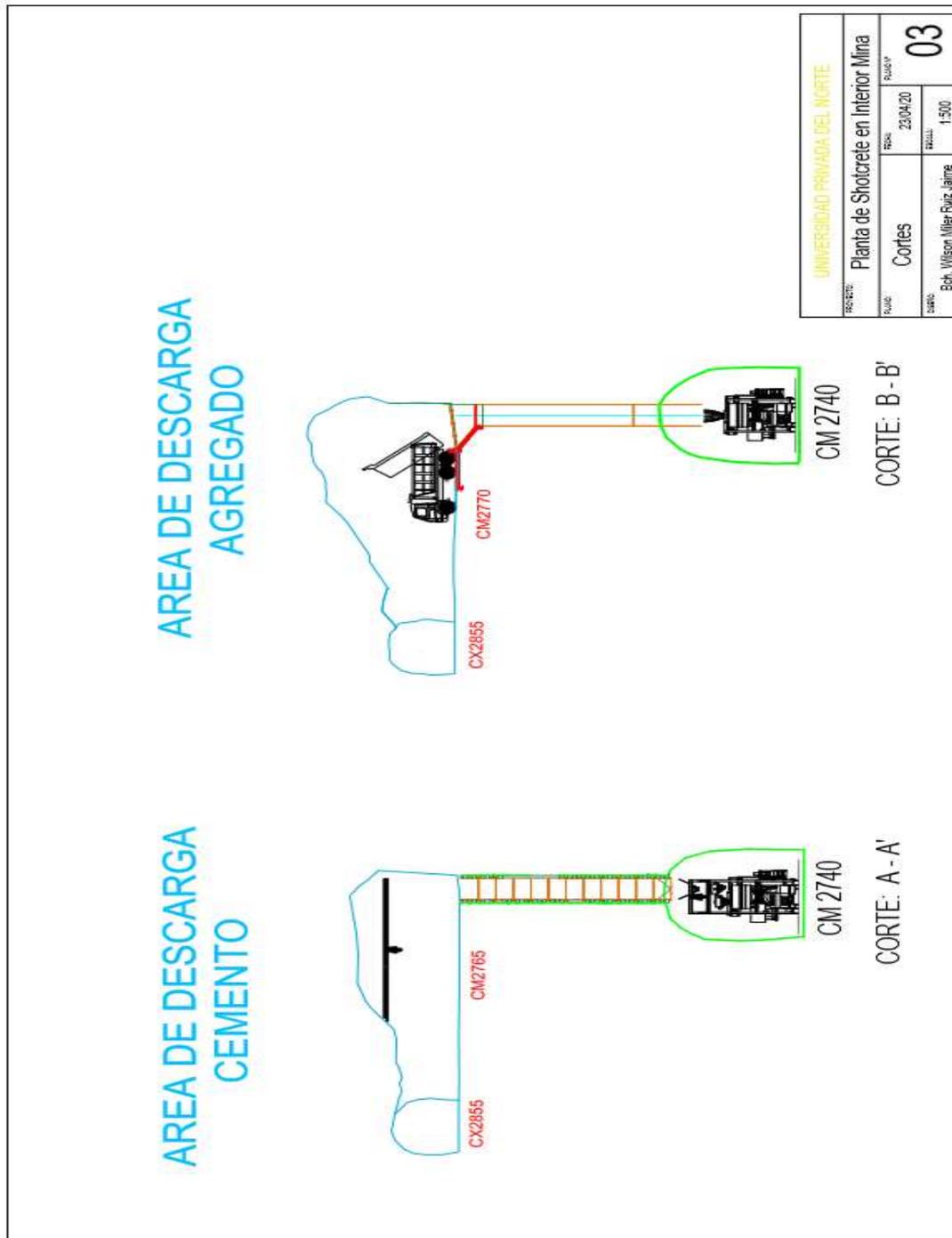


Figura A13: Plano de cortes

Anexo 11: Plano Isométrico de Shotcrete en Interior Mina

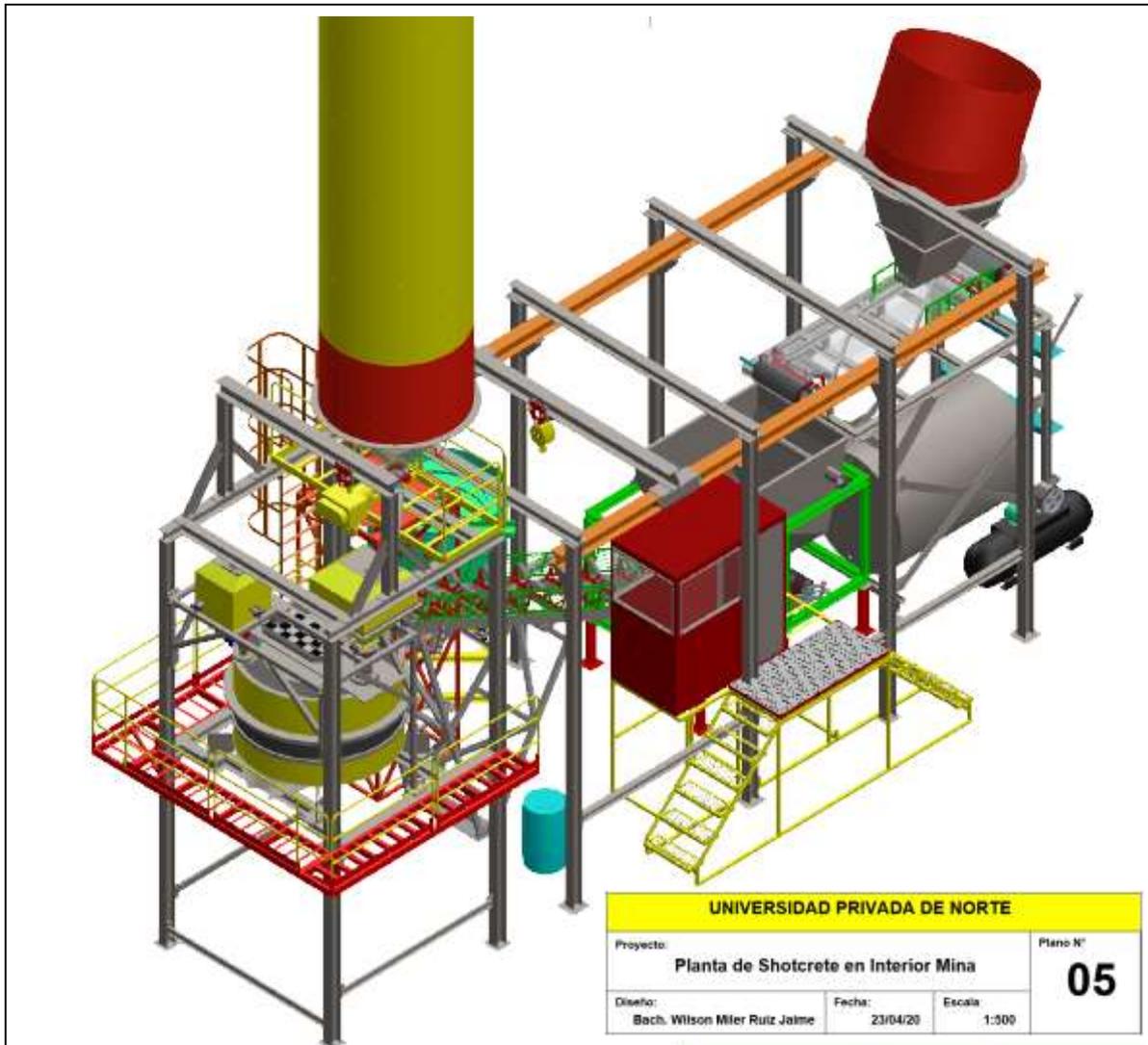


Figura A14: Plano Isométrico de Shotcrete en Interior Mina

Anexo 12: Plano Isométrico de Shotcrete en Interior Mina

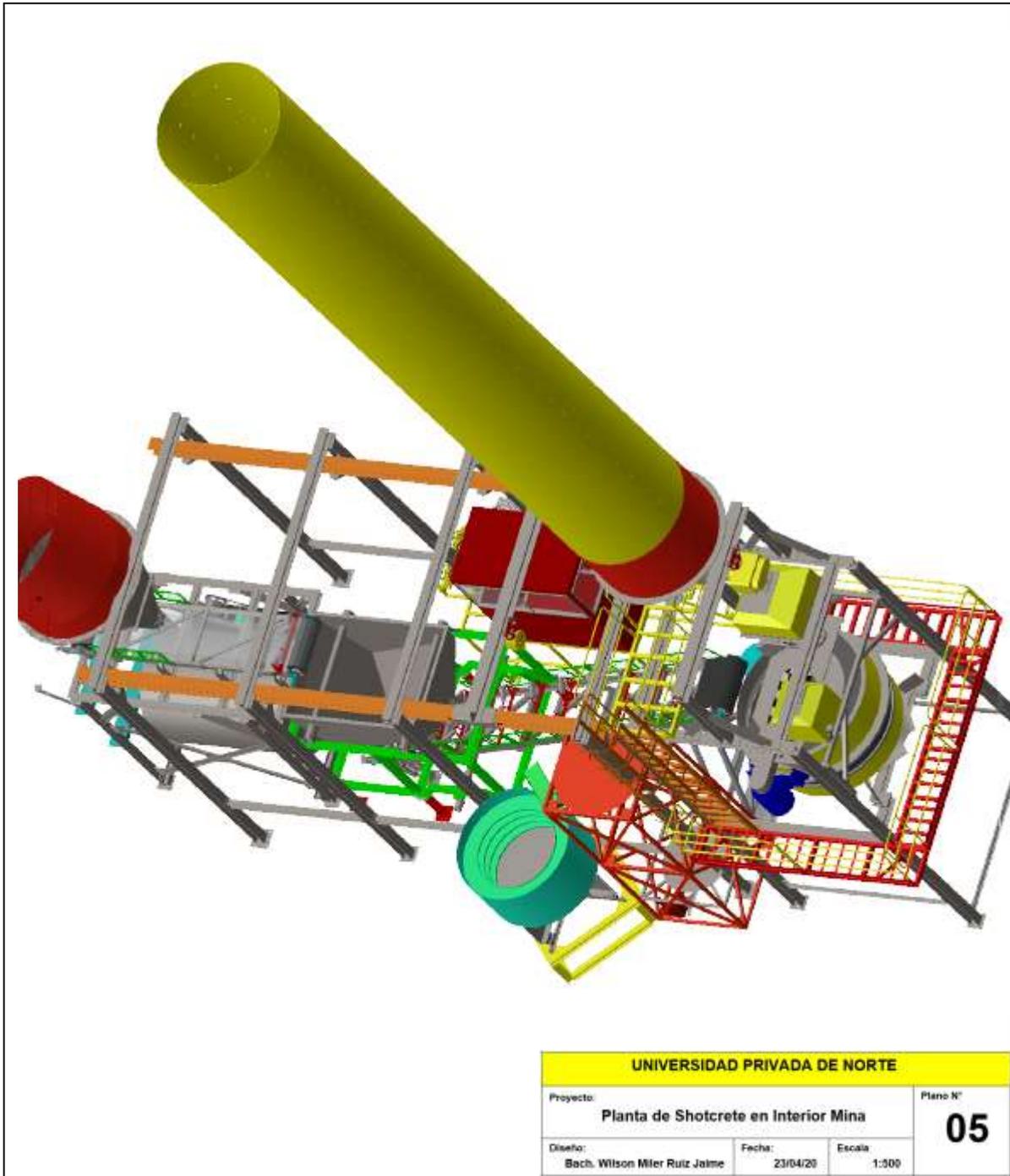


Figura A15: Plano Isométrico de Shotcrete en Interior Mina



Figura A3: Vista de la planta de shotcrete en superficie

Anexo A13: Cálculo de RMR CX. 2740

CÁLCULO DEL RMR (Bieniaswki, 1989)									
Proyecto	: PLANTA DE SHOTCRETE EN INTERIOR MINA								
Cliente	: CONSORCIO MINERO HORIZONTE SA								
Tipo de Roca	: GRANODIORITA								
Ubicación	: PROFUNDIZACION NV. 1960 - ZONA LOURDES Y ROSA								
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE									
MATRIZ ROCOSA	Valor de resistencia a la compresión simple	: 50 Mpa		VALOR Y/O RESISTENCIA ADOPTADO				PUNTAJE	
				RESISTENCIA	CALIDAD	PUNTAJE		7	
	Este valor se ha determinado usando:			> 250 Mpa	Muy alta			15	
	Ensayo de laboratorio (compresión simple)			250 - 100	Alta			12	
	Ensayo de laboratorio (carga puntual)	X		100 - 50	Media	X		7	
	Martillo Schmidt sobre testigo			50 - 25	Baja			4	
	Martillo Schmidt sobre afloramiento rocoso			25 - 5	Muy baja			2	
	Tablas (*)			5 - 1				1	
			< 1 Mpa					0	
VALORIZACIÓN DE PARÁMETROS Q (según Barton, Lien y Lunden)									
ROD	DESCRIPCIÓN	VALOR	PUNTAJE		35	Observación Cuando RQD se reporta o es medido como menor a 10, se le otorga un valor nominal de 10	PUNTAJE		
	Muy mala	0 a 25					6		
	Mala	25 a 50	X				6		
	Regular	50 a 75					13		
	Buena	75 a 90					17		
	Excelente	90 a 100					20		
VALORIZACIÓN DE PARAMETROS (LF)									
SEPARACIÓN DE DIACLASAS	DESCRIPCIÓN	VALOR (m)	PUNTAJE		PUNTAJE				
	Muy separadas	> 2.00			20				
	Separadas	2.00 - 0.60			15				
	Medianamente separadas	0.60 - 0.20			10				
	Próximas	0.20 - 0.06			8				
	Muy próximas	< 0.06	X		5				
VALORIZACIÓN DE PARAMETROS									
ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	Longitud de la discontinuidad	Abertura (mm)	Rugosidad	Relleno	Alteración	PUNTAJE			
	< 1 m	6 Nada	6 Muy rugosa	6 Ninguno	6 Inalterada	6			
	1 - 3 m	4 < 0.10	5 Rugosa	5 Duro (< 5 mm)	4 Ligeramente alterada	5			
	3 - 10 m	2 0.10 - 1	3 Ligeramente rugosa	X 3 Duro (> 5 mm)	2 Moderadamente alterada	X 3			
	10 - 20 m	X 1 1 - 5	X 1 Ondulada	1 Blando (< 5mm)	X 2 Muy alterada	1			
	> 20 m	0 > 5	0 Suave	0 Blando (> 5mm)	0 Descompuesta	0			
		1	1	3	2	3			
						10			
VALORIZACIÓN DE PARAMETROS									
FLUJO DE AGUA	DESCRIPCIÓN	RELACIÓN: PRESIÓN DE AGUA/TENSIÓN PRINCIPAL MAYOR	CAUDAL POR 10 m DE TÚNEL	ESTADO GENERAL	PUNTAJE				
	SECO	0	Nulo	SECO	15				
	LIGERAMENTE HÚMEDO	0 - 0.1	< 10 lt/min	LIGERAMENTE HÚMEDO	X 10				
	HÚMEDO	0.1 - 0.2	10-25 lt/min	HÚMEDO	7				
	GOTEANDO	0.2 - 0.5	25-125lt/min	GOTEANDO	4				
	FLUYENDO	> 0.5	>125 lt/min	AGUA FLUYENDO	0				
CORRECCIÓN POR LA ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES (F)									
	DIRECCIÓN Y BUZAMIENTO	<input type="checkbox"/> TúnelesCa	<input type="checkbox"/> Cimentaciones	<input type="checkbox"/> Taludes	PUNTAJE				
		VERDADERO	FALSO	FALSO	-2				
	Muy favorables	0	0	0					
	Favorables	X -2	-2	-2					
	Medias	-5	-7	-25					
	Desfavorables	-10	-15	-50					
	Muy desfavorables	-12	-25	-60					
		-2	#ND	#ND					
CLASIFICACIÓN RMR OBTENIDA EN CAMPO									
CLASE	I	II	III	IV	V	Valor del RMR	36		
CALIDAD	MUY BUENA	BUENA	MEDIA	MALA	MUY MALA	Correlaciones del RMR			
PUNTUACIÓN	100-81	80-61	60-41	X 40-21	< 20	Cohesión (C)	0.00	Kg/cm ²	
COHESIÓN (Kg/cm ²)	> 4	3 - 4	2 - 3	1 - 2	< 1	Ángulo de fricción	0.00	°	
FRICCIÓN (φ)	> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15	(Valores propuestos por Bieniaswki)			

Figura A17: Cálculo de RMR CX. 2740

Anexo 14: Cálculo de RMR de las chimeneas

CÁLCULO DEL RMR (Bieniaswki, 1989)										
Proyecto	: PLANTA DE SHOTCRETE EN INTERIOR MINA									
Cliente	: CONSORCIO MINERO HORIZONTE SA.									
Tipo de Roca	: GRANODIORITA									
Ubicación	: PROFUNDIZACION NV. 1960 - ZONA LOURDES Y ROSA									
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE										
MATRIZ ROCOSA	Valor de resistencia a la compresión simple	: 34.06 Mpa								
	Este valor se ha determinado usando:							VALOR Y/O RESISTENCIA ADOPTADO		PUNTAJE
	Ensayo de laboratorio (compresión simple)			<input checked="" type="checkbox"/>		RESISTENCIA	CALIDAD	PUNTAJE	4	
	Ensayo de laboratorio (carga puntual)					> 250 Mpa	Muy alta		15	
	Martillo Schmidt sobre testigo					250 - 100	Alta		12	
Martillo Schmidt sobre afloramiento rocoso					100 - 50	Media		7		
Tablas (*)					50 - 25	Baja	<input checked="" type="checkbox"/>	4		
					25 - 5	Muy baja		2		
					5 - 1			1		
					< 1 Mpa			0		
VALORIZACIÓN DE PARÁMETROS Q (según Barton, Lien y Lunden)										
ROD	DESCRIPCIÓN	VALOR	PUNTAJE	Observación					PUNTAJE	
	Muy mala	0 a 25		3	Cuando ROD se reporta o es medido					6
	Mala	25 a 50	<input checked="" type="checkbox"/>	6	como menor a 0, se le otorga un valor					
	Regular	50 a 75		13	nominal de 10					
	Buena	75 a 90		17						
Excelente	90 a 100		20							
VALORIZACIÓN DE PARÁMETROS (LF)										
SEPARACIÓN DE DIACLASAS	DESCRIPCIÓN	VALOR (m)	PUNTAJE						PUNTAJE	
	Muy separadas	> 2.00		20						8
	Separadas	2.00 - 0.60		15						
	Medianamente separadas	0.60 - 0.20		10						
	Próximas	0.20 - 0.06	<input checked="" type="checkbox"/>	8						
Muy próximas	< 0.06		5							
VALORIZACIÓN DE PARÁMETROS										
ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	Longitud de la discontinuidad	Abertura (mm)	Rugosidad	Relleno	Alteración	PUNTAJE				
	< 1 m	<input checked="" type="checkbox"/>	6 Nada	6	Muy rugosa	6 Ninguno	6	Inalterada	6	15
	1 - 3 m		4 < 0.10	5	Rugosa	5 Duro (< 5 mm)	4	Ligeramente alterada	5	
	3 - 10 m		2 0.10 - 1	3	Ligeramente rugosa	3 Duro (> 5 mm)	2	Moderadamente alterada	3	
	10 - 20 m		1 1 - 5	<input checked="" type="checkbox"/>	1 Ondulada	1 Blando (<5mm)	<input checked="" type="checkbox"/>	2	Muy alterada	1
	> 20 m		0 > 5	0	Suave	0 Blando (>5mm)	0	Descompuesta	0	
			6	1		3	2		3	
VALORIZACIÓN DE PARÁMETROS										
FLUJO DE AGUA	DESCRIPCIÓN	RELACIÓN: PRESIÓN DE AGUA/TENSIÓN PRINCIPAL MAYOR	CAUDAL POR 10 m DE TÚNEL	ESTADO GENERAL	PUNTAJE					
	SECO	0	Nulo	SECO				15		
	LIGERAMENTE HÚMEDO	0 - 0.1	< 10 lt/min	LIGERAMENTE HÚMEDO	<input checked="" type="checkbox"/>			10		
	HÚMEDO	0.1 - 0.2	10-25 lt/min	HÚMEDO				7		
	GOTEANDO	0.2 - 0.5	25-125lt/min	GOTEANDO				4		
FLUYENDO	> 0.5	>125 lt/min	AGUA FLUYENDO				0			
CORRECCIÓN POR LA ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES (F)										
	DIRECCIÓN Y BUZAMIENTO	<input type="checkbox"/> TúnelesCa	<input type="checkbox"/> Cimentaciones	<input type="checkbox"/> Taludes	PUNTAJE					
		VERDADERO	FALSO	FALSO	-5					
	Muy favorables	0	0	0						
	Favorables	-2	-2	-2						
	Medias	<input checked="" type="checkbox"/>	-5	-7	-25					
	Desfavorables	-10	-15	-50						
Muy desfavorables	-12	-25	-60							
	-5	#N/D	#N/D							
CLASIFICACIÓN RMR OBTENIDA EN CAMPO										
CLASE	I	II	III	IV	V	Valor del RMR	38			
CALIDAD	MUY BUENA	BUENA	MEDIA	MALA	MUY MALA					
PUNTAJACIÓN	100-81	80-61	60-41	40-21	< 20					
COHESIÓN (Kg/cm²)	> 4	3 - 4	2 - 3	1 - 2	< 1					
FRICCIÓN (φ)	> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15					
						Correcciones del RMR				
						Cohesión (C)	0.00	Kg/cm ²		
						Ángulo de fricción	0.00	°		
(Valores propuestos por Bieniaswki)										

Figura A18: Calculo de RMR de las chimeneas

Anexo 15: Cálculo del RMR RP 2855

CÁLCULO DEL RMR (Bieniaswski, 1989)										
Proyecto		: PLANTA DE SHOTCRETE EN INTERIOR MINA								
Cliente		: CONSORCIO MINERO HORIZONTE SA.								
Tipo de Roca		: GRANODIORITA								
Ubicación		: PROFUNDIZACION RP 2855 - ZONA LOURDES Y ROSA								
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE										
MATRIZ ROCOSA	Valor de resistencia a la compresión simple		: 50 Mpa		VALOR Y/O RESISTENCIA ADOPTADO				PUNTAJE	
	Este valor se ha determinado usando:				RESISTENCIA	CALIDAD	PUNTAJE	4		
	Ensayo de laboratorio (compresión simple)			x	> 250 Mpa	Muy alta		15		
	Ensayo de laboratorio (carga puntual)				250 - 100	Alta		12		
	Martillo Schmidt sobre testigo				100 - 50	Media		7		
	Martillo Schmidt sobre afloramiento rocoso				50 - 25	Baja	x	4		
	Tablas (*)				25 - 5	Muy baja		2		
				5 - 1			1			
				< 1 Mpa			0			
VALORIZACIÓN DE PARÁMETROS Q (según Barton, Lien y Lunden)										
ROD	DESCRIPCIÓN	VALOR	PUNTAJE	Observación				PUNTAJE		
	Muy mala	0 a 25		3	Cuando RQD se reporta o es medido como menor a 10, se le otorga un valor nominal de 10				6	
	Mala	25 a 50	x	6						
	Regular	50 a 75		13						
	Buena	75 a 90		17						
Excelente	90 a 100		20							
VALORIZACIÓN DE PARÁMETROS (LF)										
SEPARACIÓN DE DIACLASAS	DESCRIPCIÓN	VALOR (m)	PUNTAJE					PUNTAJE		
	Muy separadas	> 2.00		20					8	
	Separadas	2.00 - 0.60		15						
	Medianamente separadas	0.60 - 0.20		10						
	Próximas	0.20 - 0.06	x	8						
Muy próximas	< 0.06		5							
VALORIZACIÓN DE PARÁMETROS										
ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	Longitud de la discontinuidad	Abertura (mm)	Rugosidad	Relleno	Alteración	PUNTAJE				
	< 1 m	6 Nada	6 Muy rugosa	6 Ninguno	6 Inalterada	16				
	1 - 3 m	4 < 0.10	x 5 Rugosa	5 Duro (< 5 mm)	x 4 Ligeramente alterada	5				
	3 - 10 m	2 0.10 - 1	3 Ligeramente rugosa	x 3 Duro (> 5 mm)	2 Moderadamente alterada	x 3	3			
	10 - 20 m	x 1 1 - 5	1 Ondulada	1 Blando (<5mm)	2 Muy alterada	1				
	> 20 m	0 > 5	0 Suave	0 Blando (>5mm)	0 Descompuesta	0				
		1	5	3	4	3				
VALORIZACIÓN DE PARÁMETROS										
FLUJO DE AGUA	DESCRIPCIÓN	RELACIÓN: PRESIÓN DE AGUA/TENSIÓN PRINCIPAL MAYOR	CAUDAL POR 10 m DE TÚNEL	ESTADO GENERAL	PUNTAJE					
	SECO	0	Nulo	SECO	15					
	LIGERAMENTE HÚMEDO	0 - 0.1	< 10 lt/min	LIGERAMENTE HÚMEDO	x	10				
	HÚMEDO	0.1 - 0.2	10-25 lt/min	HÚMEDO	7					
	GOTEANDO	0.2 - 0.5	25-125lt/min	GOTEANDO	4					
FLUYENDO	> 0.5	>125 lt/min	AGUA FLUYENDO	0						
CORRECCIÓN POR LA ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES (F)										
DIRECCIÓN Y BUZAMIENTO	<input type="checkbox"/> TúnelesCa	<input type="checkbox"/> Cimentaciones	<input type="checkbox"/> Taludes					PUNTAJE		
	VERDADERO			FALSO	FALSO	-5				
	Muy favorables	0	0	0	0					
	Favorables	-2	-2	-2	-2					
	Medias	x -5	-7	-25	-25					
	Desfavorables	-10	-15	-50	-50					
	Muy desfavorables	-12	-25	-60	-60					
	-5	#N/D	#N/D							
CLASIFICACIÓN RMR OBTENIDA EN CAMPO										
CLASE	I	II	III	IV	V	Valor del RMR				
CALIDAD	MUY BUENA	BUENA	MEDIA	MALA	MUY MALA	39				
PUNTAJE	100-81	80-61	60-41	x 40-21	< 20					
COHESIÓN (Kg/cm ²)	> 4	3 - 4	2 - 3	1 - 2	< 1	Correlaciones del RMR				
FRICCIÓN (φ)	> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15	Cohesión (C) 0.00 Kg/cm ²				
						Ángulo de fricción 0.00 °				
(Valores propuestos por Bieniaswski)										

Figura A19: Cálculo del RMR RP 2855

Tabla A20-3: Costo de planta de shotcrete en interior mina

Actividad	Unidad	Cant.	Planta Interior Mina P.U. (\$)	Total (\$)
Laboreo Minero	Global.	1	80,000	
- (Cx., rampa y chimeneas)				
Planta de Shotcrete				
- (balanza, fajas transportadoras, alimentador de cemento, dosificador de fibra, dosificador de concreto, cabina de control, tanque de agua)				
	Global.	1	250,000	
Construcción e infraestructuras				
(anillado de ch., sistema de descarga, chutes hidráulicos, pisos, estructuras metálicas, almacenes, oficina, lavadero de mixer.)				
	Global.	1	115,000	
TOTAL =				445,000

Tabla A20-4: Factores de producción en minería subterránea

FACTORES DE PRODUCCIÓN	Und	PROM-19 (SET-DIC)	ENE-20	Var.	Var (%)
Finos Recuperados	Oz	8,918	9,398	480	5%
Toneladas Tratadas por Planta Parcoy	TM	48,528	48,269	-259	-1%
Toneladas Rotas	TM	43,194	43,216	22	0%
Avance	m	1,864	1,407	-457	-25%
Exploración	m	670	523	-147	-22%
Desarrollo	m	334	359	26	8%
Preparación	m	769	525	-244	-32%
Alimak	m	91	0	-91	0%
Desmote transportado en Sup.	TM	92,741	84,711	-8,029	-9%
Shotcrete	m3	2,684	2,479	-205	-8%
Energía	MWh	7,584,878	7,520,212	-64,666	-1%
Energía Generada	MWh	6,253,160	7,335,039	1,081,879	17%
Energía Comprada	MWh	1,331,718	185,173	-1,146,545	-86%
Perforación Diamantina	m	3,045	2,174	-871	-29%
Equipos Mina	Hrs	3,090	2,706	-384	-12%
Dumpers	Hrs	274	286	11	4%
Scooptrams	Hrs	360	258	-102	-28%
Equipos de sostenimiento	Hrs	1,390	1,494	105	8%
Lanzadores de concreto	Hrs	360	229	-131	-36%
Equipos diversos Mina	Hrs	706	439	-267	-38%
Equipos Superficie	Hrs	2,879	3,006	127	4%
Cargadores Frontales	Hrs	1,669	1,657	-12	-1%
Excavadoras	Hrs	131	165	34	26%
Mantenimiento de vías	Hrs	416	524	108	26%
Tractores	Hrs	408	365	-44	-11%
Equipos diversos Superficie	Hrs	255	296	41	16%
Petróleo consumido	gal	30,806	30,333	-473	-2%
Serv. Auxiliares	\$/mes	416,352	446,094	29,742	7%

Anexo 16: Indicadores de rendimiento de shotcrete

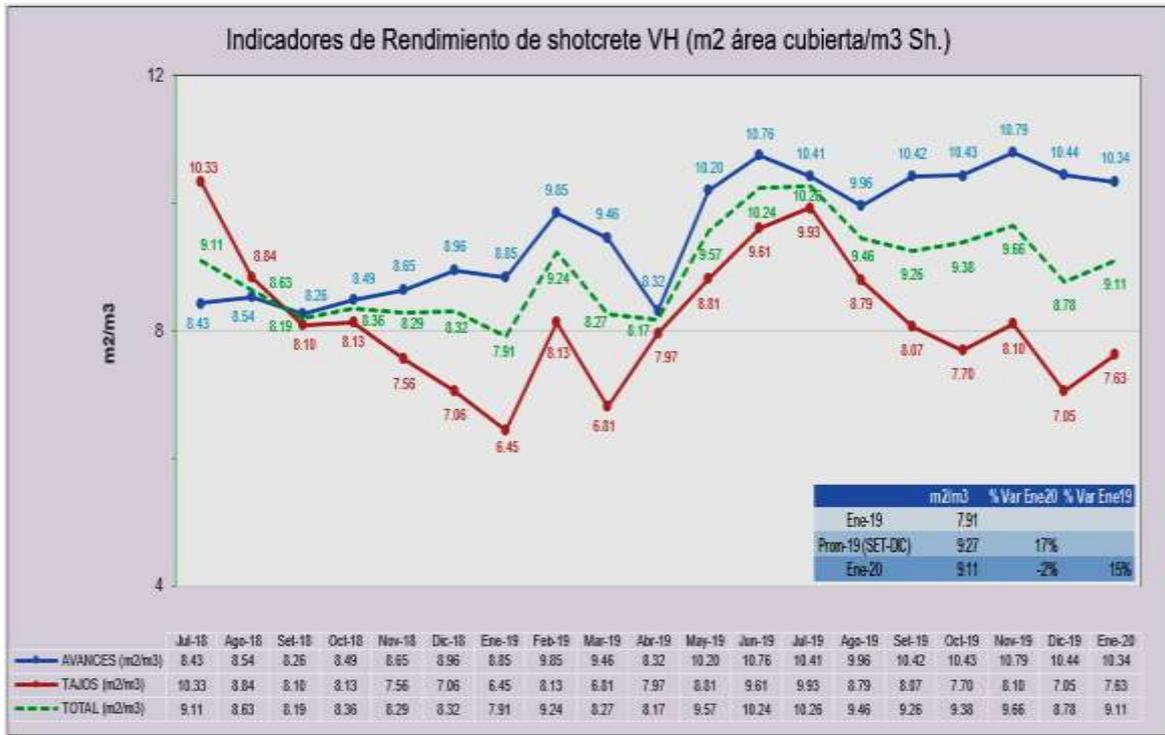


Figura A21-1: Indicadores de rendimiento del shotcrete

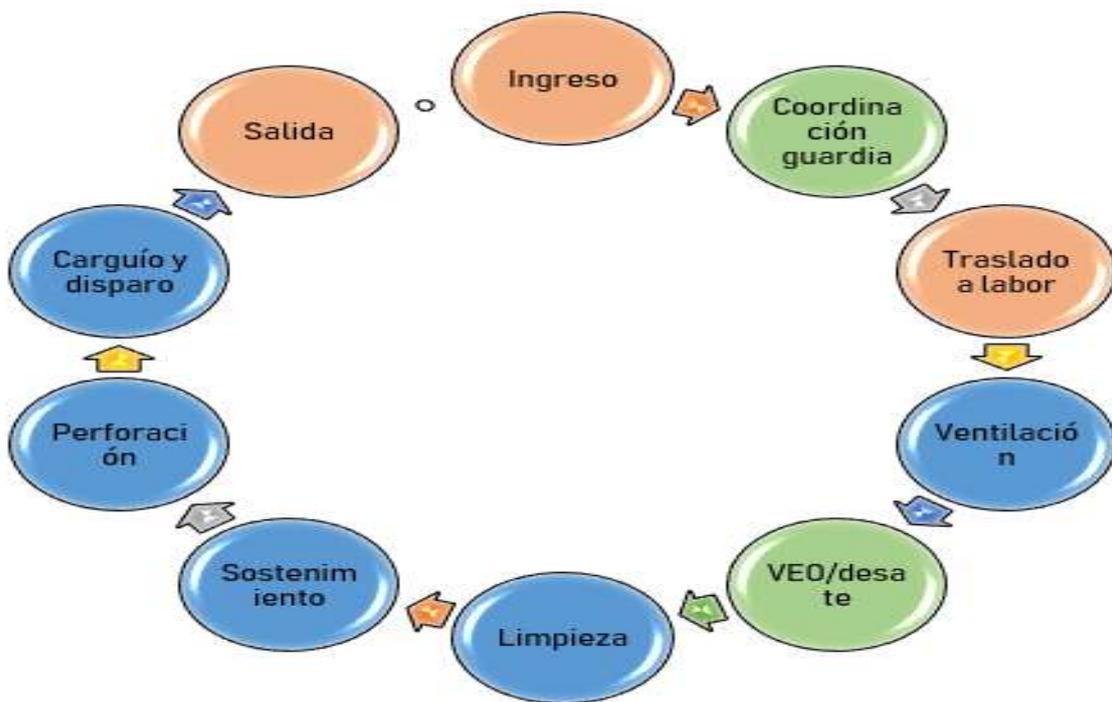


Figura A21-5: Ciclo de minado

Anexo 17: Tiempo de auto soporte o de colocación oportuna del sostenimiento adecuado.

Tabla A22: Tiempo de auto sostenimiento y diseño de sostenimiento

TIPO DE ROCA	R.M.R.	TIEMPO DE AUTOSOSTENIMIENTO
I	81 – 100	> 2 años
II	61 – 80	2 años
III – A	51 – 60	3 meses
III – B	41 – 50	1,5 semanas
IV – A	31 – 40	1 día
IV – B	21 – 30	8 horas
V	0 – 20	Colapso inmediato

Fuente: Excavaciones subterráneas (Hoek & Brown – 1980)

Anexo 18: Diseño de sostenimiento

Tabla A23: Diseño de sostenimiento – labores permanentes y temporales.

Excavaciones					
Tipo de Roca	R.M.R.	Calidad	Descripción	LABOR TEMPORAL	LABOR PERMANENTE
I 	81 – 100	Muy Buena	* Roca dura con muy pocas fracturas. * Muy leve alteración en algunos casos. * Terreno seco.	* No se requiere sostenimiento.	* Generalmente ningún tipo de sostenimiento es requerido. * Si requiere algún pemo esporádico.
II 	61 – 80	Buena	* Roca dura con regular cantidad de fracturas. * Leve alteración. * Húmedo en algunos casos.	* No se requiere sostenimiento.	* Pemos Helicoidales de 7" (con resina o cemento), espaciados de 1,80 metros, si lo quiere.
	51 – 60	Regular "A"	* Roca de regular dureza, con regular o mayor cantidad de fracturas. * Ligeramente a moderadamente alterada. * Pequeñas fallas de panizo. * Terreno ligeramente humedecido.	* No se requiere sostenimiento. * Si requiere, algún pemo esporádico (Swellex o Split Set).	* Pemos Helicoidales (con resina o cemento) de 7", espaciados a 1,80 x 1,50 metros, más Malla Electrosoldada. * Alternativa: Shotcrete sin fibras 2" de espesor donde se requiera para bloques pequeños.
III B 	41 – 50	Regular "B"	* Roca poco blanda con regular o mayor cantidad de fracturas. * Ligeramente a moderadamente alterada. * Pequeñas fallas de panizo. * Terreno con ligero goteo (fuerte en algunos casos).	* Pemos Split Set o Swellex de 7", espaciados de 1,20 a 1,50 metros + Malla electrosoldada. * Alternativa Shotcrete sin fibra 2" donde se requiera para bloques pequeños.	* Pemos Helicoidales de 7", espaciados a 1,20 x 1,20 metros, mas Malla Electrosoldada. * Alternativa: Shotcrete sin fibras 2" de espesor donde se requiera para bloques pequeños.
IV A 	31 – 40	Mala "A"	* Roca blanda que presenta muchas fracturas. * Roca muy alterada. * Fallas significativas con panizo. * Goteo de agua.	* Cuadros de Madera espaciados a 1,20 metros. * Alternativa Sostenimiento sistemático con Split Set o Swellex de 7" de longitud, espaciados a 1,00 metros más Malla Electrosoldada mas Shotcrete sin fibra 3". * Avanzar el frente con fierro corrugado de 1".	* Cerchas "H" o equivalente, espaciadas a 1,20 metros, previamente sostenimiento con Malla y pemos de 7". * Alternativa: Shotcrete con fibra 2" mínimo; pemos de 7", Malla de 1,30 x 1,30 metros, después del shotcrete. * Avanzar el frente con fierro corrugado de 1".
IV B 	21 – 30	Mala "B"	* Roca blanda que presenta muchas fracturas. * Roca muy alterada. * Fallas significativas con panizo. * Goteo o flujo constante de agua.	* Cuadros de Madera espaciados a 1,00 metros. * Alternativa: Shotcrete con fibras, 3" mínimo; pemos de 5", espaciados 1,00 x 1,00 metros, después del shotcrete. * Avanzar el frente con fierro corrugado de 1".	* Cerchas "H" o equivalente, espaciadas a 1,20 metros, previamente sostenimiento con Malla y pemos de 7". * Alternativa: Shotcrete con fibra 3" mínimo; pemos de 7", Malla de 1,00 x 1,00 metros, después del shotcrete. * Avanzar el frente con fierro corrugado de 1".
V 	0 – 20	Muy Mala	* Roca muy blanda, intensamente deleznable con muchas fracturas. * Roca intensamente alterada. * Fallas significativas con mucho Panizo. * Flujo continuo de agua en fracturas.	* Cuadros de Madera espaciados de 0,80 a 1,00 metro. * Alternativa Shotcrete con fibras, 75 mm mínimo; pemos de 5", espaciados 1,00 x 1,00 metros, después del shotcrete. * Avanzar el frente con fierro corrugado de 1".	* Cerchas "H" o equivalente, espaciadas A 0,80 metros, utilizar Marchavantes. * Alternativa: Shotcrete con fibra 4" mínimo; pemos de 7", Malla de 1,00 x 1,00 metros, después del shotcrete. * Avanzar el frente con fierro corrugado de 1".