



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA DE MINAS

“DISEÑO DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN MEDIANTE UN PIQUE INCLINADO DEL PROYECTO DE PROFUNDIZACIÓN 073 EN LA UNIDAD MINERA LOS PIRCOS – SANTA CRUZ – PERU 2018”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autores:

Bach. Díaz Campos Rosa Jamaly
Bach. Portal Sandoval Wilfredo Guillermo

Asesor:

Ing. Elmer Ovidio Luque Luque

Cajamarca - Perú
2018

APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por los bachilleres **Díaz Campos Rosa Jamaly** y **Portal Sandoval Wilfredo Guillermo**, denominada:

**"DISEÑO DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN MEDIANTE UN PIQUE INCLINADO DEL
PROYECTO DE PROFUNDIZACIÓN 073 EN LA UNIDAD MINERA LOS PIRCOS – SANTA
CRUZ – PERU 2018"**

Ing. Elmer Ovidio Luque Luque
ASESOR

Ing. Víctor Eduardo Álvarez León
**JURADO
PRESIDENTE**

Ing. Daniel Alejandro Alva Huamán
JURADO

Ing. Oscar Vásquez Mendoza
JURADO

DEDICATORIA

La presente tesis la dedico a mi familia que gracias a su apoyo incondicional logre concluir mi carrera. A mis padres y hermanos, por su apoyo y confianza en todo lo necesario para cumplir mi objetivo como profesional. A mis padres por brindarme los recursos necesarios y estar a mi lado apoyándome siempre. A todo el resto de mi familia y amigos que de una u otra manera me han llenado de sabiduría para terminar nuestra tesis. A todos en general por darse el tiempo para realizarme profesionalmente.

Portal Sandoval Wilfredo Guillermo

La presente tesis la dedico a mi Padre, mi Madre a mis hermanos que siempre me apoyaron incondicionalmente en la parte económica y moral para poder llegar hacer profesional. A mi familia en general por el apoyo que siempre me brindaron día a día en el transcurso de cada año de mi carrera Universitaria. A mis compañeros y amigos, quienes sin esperar nada a cambio compartieron sus conocimientos y a todas aquellas personas que durante esos cinco años estuvieron a mi lado apoyándome y lograron que este sueño se haga realidad.

Gracias a todos

Díaz Campos Rosa Jamaly

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por permitirnos tener y disfrutar a nuestras familias, gracias a nuestras familias por apoyarnos en cada decisión y proyecto, gracias a la vida porque cada día nos demuestra lo hermoso que es y lo justo que puede llegar a ser. Gracias a nuestras familias por permitirnos cumplir con el desarrollo de esta tesis.

No ha sido fácil el camino hasta ahora, pero gracias a sus aportes, a su amor y apoyo, lo complicado de lograr esta meta se ha notado menos. Les agradecemos y hacemos presente nuestro efecto hacia ustedes.

ÍNDICE DE CONTENIDO

APROBACIÓN DE LA TESIS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN.....	11
1.1 Realidad problemática.....	11
1.2 Formulación del problema	11
1.3 Justificación	11
1.4 Limitaciones.....	11
1.5 Objetivos.....	12
1.5.1 <i>Objetivo general</i>	12
1.5.2 <i>Objetivos específicos</i>	12
CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO.....	13
2.1 Antecedentes.....	13
2.2 Bases teóricas	17
2.2.1 <i>Generalidades</i>	17
2.2.1.1 <i>Ubicación y acceso</i>	17
2.2.2 <i>Extracción por pique en mina</i>	18
2.2.3 <i>Winche</i>	19
2.2.4 <i>Winche de Izaje:</i>	19
2.2.5 <i>Sistema de Izaje</i>	20
2.2.6 <i>Izaje</i>	20
2.2.7 <i>Tipos de Izaje:</i>	20
2.2.8 <i>Pique:</i>	21
2.2.9 <i>Estructura de un pique inclinado:</i>	21
2.2.10 <i>Cable de acero:</i>	22
2.3 Factores de diseño de un pique inclinado.....	22
2.3.1 <i>Factores económicos</i>	23
2.3.2 <i>Factores operacionales</i>	23
2.3.3 <i>Factores geológicos</i>	24
2.4 Definición de términos básicos.....	24
2.5 Hipótesis	25

CAPÍTULO 3	METODOLOGÍA.....	26
3.1	Operacionalización de variables.....	26
3.2	Diseño de investigación.....	26
3.3	Población.....	26
3.4	Muestra.....	26
3.5	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	27
3.6	Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos.....	27
CAPÍTULO 4	RESULTADOS.....	28
	Características geomecánicas de la unidad minera Los Pircos.....	28
4.1	Caracterización Geomecánica del Pique Inclinado.....	30
	4.1.1 <i>La competencia de la roca</i>	30
	4.1.2 <i>Cálculo Del Índice RQD (Rock Quality Designation)</i>	31
	4.1.4 <i>Clasificación RMR (Bieniawski, 1973 y 1979)</i>	33
4.2	DISEÑO DEL PIQUE INCLINADO.....	34
4.2.1	Cálculo de equipos y materiales.....	35
4.2.2	Cálculo del cable óptimo y su peso.....	36
4.2.3	Capacidad del motor del winche eléctrico.....	49
4.2.4	Diseño de malla de Perforación en el pique inclinado.....	50
4.2.5	Sistema de voladura.....	51
4.2.6	Diseño de Transporte por medio de Rieles.....	52
4.3	Evaluación económica de la ejecución del pique inclinado 073 en la unidad minera los pircos.....	52
	4.3.1 <i>Costos</i>	52
	4.3.2 <i>Evaluación Económica Del Pique</i>	56
	4.3.3 <i>CALCULO DEL VAN Y TIR</i>	58
	DISCUSIÓN.....	59
	CONCLUSIONES.....	60
	RECOMENDACIONES.....	61
	REFERENCIAS.....	62
	ANEXOS.....	63

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1</i>	<i>Coordenadas UTM de los vértices del CIRATO 3</i>	17
<i>Tabla 2</i>	<i>Coordenadas UTM de los vértices del CIRATO 4</i>	18
<i>Tabla 3</i>	<i>Coordenadas UTM de los vértices del CIRATO 5</i>	18
<i>Tabla 4</i>	<i>Operacionalización de variables</i>	26
<i>Tabla 5</i>	<i>Clasificación de calidad de roca en el nivel 2050</i>	29
<i>Tabla 6</i>	<i>Clasificación de calidad de roca en el nivel 2000</i>	29
<i>Tabla 7</i>	<i>Clasificación de la calidad de roca según RQD (%)</i>	30
<i>Tabla 8</i>	<i>RMR Rock Mass Rating (Bieniawski – 1976). Parámetros de Clasificación</i>	31
<i>Tabla 9</i>	<i>Orientación de las Discontinuidades respecto a la excavación</i>	31
<i>Tabla 10</i>	<i>Índice de Calidad RMR</i>	32
<i>Tabla 11</i>	<i>Constantes de masa y esfuerzos de cables de alambre</i>	35
<i>Tabla 12</i>	<i>Datos de cable de alambre para minería del catálogo Wire & Rope Strand de A. Noble & Son LTD. pág. 27</i>	39
<i>Tabla 13</i>	<i>Resumen de características de cable óptimo para izaje</i>	39
<i>Tabla 14</i>	<i>Fórmulas para calcular diagramas de carguío en izajes con winches de tambor cilíndricos para piques verticales o inclinados (Gen Elec Co) – Cuadro modificado para unidades internacionales</i>	42
<i>Tabla 15</i>	<i>Componentes de fricción</i>	43
<i>Tabla 16</i>	<i>nomenclaturas y descripciones de las variables de las fórmulas de la tabla</i>	43
<i>Tabla 17</i>	<i>Asignación y cálculo de valores de los componentes de la tabla 17</i>	45
<i>Tabla 18</i>	<i>Cálculo de las potencias por periodos de la tabla 15</i>	45
<i>Tabla 19</i>	<i>Cálculo de los valores finales de potencias para cada punto en el diagrama de izaje</i>	46
<i>Tabla 20</i>	<i>Características técnicas del winche eléctrico requeridas para el sistema de izaje</i>	48
<i>Tabla 21</i>	<i>Parámetros del proyecto</i>	51
<i>Tabla 22</i>	<i>Costo de mano de obra</i>	51
<i>Tabla 23</i>	<i>Equipo de protección personal</i>	51
<i>Tabla 24</i>	<i>Equipo de perforación</i>	52
<i>Tabla 25</i>	<i>Herramienta, materiales y accesorios de perforación</i>	52
<i>Tabla 26</i>	<i>Consumo de Agua</i>	53
<i>Tabla 27</i>	<i>Enmaderado, limpieza, acarreo y transporte</i>	53
<i>Tabla 28</i>	<i>Material para voladura</i>	54
<i>Tabla 29</i>	<i>Total Costo</i>	54
<i>Tabla 30</i>	<i>datos del pique inclinado</i>	55
<i>Tabla 31</i>	<i>datos del pique inclinado</i>	56
<i>Tabla 32</i>	<i>inversión del proyecto</i>	56
<i>Tabla 33</i>	<i>inversión del proyecto</i>	56

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1 Ubicación del Proyecto.</i>	16
<i>Figura 2. Diferencia entre Mineral y Desmonte.</i>	28
<i>Figura 3. Diseño de Pique Inclinado</i>	32
<i>Figura 4. 6 x 10/12/Flattened Strand</i>	34
<i>Figura 5 Left-Hand ordinary Lay</i>	35
<i>Figura 6 Fuerzas inclinadas de un tren acarreado por cable</i>	36
<i>Figura 7 Masas y coeficientes inclinados del acarreo de un tren con cable</i>	37
<i>Figura 8 Diagrama de potencia para un sistema no balanceado de extracción (Transporte y extracción en minas y a cielo abierto, Novitzky, 1965)</i>	42
<i>Figura 9 Diagrama de potencia para el sistema de extracción del proyecto de profundización.</i> 47	
<i>Figura 10 Diseño de Malla de Perforación.</i>	49
<i>Figura 11 Estándar de Instalación de Riel</i>	50
<i>Figura 12. Cubicación de Reservas</i>	55

RESUMEN

El objetivo del presente estudio es diseñar la profundización de un pique inclinado el cual servirá para la extracción de mineral y desmonte de Unidad Minera "Los Pircos". El material será extraído desde el nivel inferior que tiene como cota Nv. 1950 hacia el Nv. 2000.

En primer lugar, determinaremos las características y propiedades del macizo rocoso, el cual nos servirá para analizar si la roca soporta los parámetros de la sección para el desarrollo del proyecto.

En segundo lugar, nos enfocaremos en el diseño del sistema de extracción, que comprende: el carro minero U35 a utilizar para el transporte, diseño del pique inclinado (parámetros), el diseño de la estación, el ciclo de trabajo del izaje y el cálculo de la capacidad del motor del winche eléctrico que se va a requerir.

Finalmente presentaremos una evaluación económica general del proyecto de profundización, en donde se consideran costos estimados de la operación, valor del mineral probado.

ABSTRACT

The objective of the present study is to present the design of the deepening through a sloping shaft to which to serve for the extraction of the ore and dismantle the mining unit "Los Pircos". The material was extracted from the lower level that has as dimension Nv. 1950 towards the Nv. 2000, once the material is at the upper level, a turning system will be designed for which the transport will be faster and less important for the curves, the material will be taken to a surface by a locomotive and U35 mining cars.

In the first place, the characteristics and properties of the rock mass will be presented, which will not be used to determine if the rock supports the parameters of the section for the development of the project.

Secondly, we focus on the design of the extraction system, which includes: the mining car U35 to be used for transport, inclined picket design (parameters), the design of the station, the work cycle of the lift and the calculation of the motor capacity of the electric winch that is going to be needed.

The third stage consists in the operational planning of the extraction system, where the necessary resources were determined and detailed, as well as the sequences of the work cycles for the different activities are described.

Finally, we will present a general economic evaluation of the deepening project, which considers the estimated costs of the operation, the value of the mineral tested.

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

La Unidad Minera los Pircos, está ubicada en el distrito de Sexy, provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca. En la fase preparatoria para la explotación de un yacimiento minero, se requiere tomar decisiones oportunas: ¿Cómo? ¿Cuándo? y ¿Dónde? iniciar el acceso al cuerpo mineralizado. Una de las formas de acceso es por medio de piques inclinados, labores que nos permitirán la profundización en los niveles de explotación; para el izaje del mineral, desmonte y circulación del recurso humano. En la actualidad la Unidad Minera los Pircos busca profundizar niveles para incrementar la producción de mineral, por lo tanto, proponemos realizar el diseño de un pique inclinado como sistema de extracción en dicha mina que va a estar entre los niveles 2000 y 1950 m.s.n.m., este diseño cumplirá con todos los estándares, requisitos operativos y de seguridad estudiados y exigidos por el decreto supremo 024-2016-EM y su modificatoria 023-2017-EM.

1.2 Formulación del problema

¿El diseño de pique inclinado nos permitirá incrementar la producción de la Unidad Minera los Pircos?

1.3 Justificación

En la Unidad Minera "Los Pircos" encontramos los niveles 2050 y 2000 los cuales cuentan con un circuito de rieles para transportar mineral y desmonte. Para extraer el mineral que se encuentra por debajo del Nv. 2000 se propone un sólo pique vertical para la extracción, debido a que hay reservas probadas distanciadas a este pique se presenta este planeamiento y diseño de un pique inclinado ubicado en una zona estratégica para realizar la extracción de estas reservas.

Considerar la profundización de la mina mediante el pique inclinado por que nos es factible el ingreso desde la superficie hacia el Nv. 1950.

1.4 Limitaciones

- La ventilación, conforme se vaya avanzado la construcción del pique se tendrá que instalar sistemas de ventilación artificiales.
- Para retirar el material conforme se vaya avanzando el pique se tendrá que instalar un winche provisional neumático de 10 hp.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

- Diseñar el sistema de extracción mediante el pique-inclinado 073 de la Unidad Minera los Pircos.

1.5.2 Objetivos específicos

- Determinar las características geomecánicas del macizo rocoso del área donde se ejecutará el pique inclinado.
- Diseñar el pique inclinado 073 de la Unidad Minera los Pircos.
- Evaluar la factibilidad económica de la ejecución del pique inclinado 073 en la Unidad Minera Los Pircos

CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

En la tesis titulada: “Estudio técnico económico de la profundización mediante el pique inclinado 043 niveles 18 al 20 veta esperanza – mina Casapalca”, realizada en la universidad nacional de San Agustín de Arequipa, llego a las siguientes conclusiones para JAUREGUI (2015).

A raíz del agotamiento de las reservas actuales de la mina, de la veta Carmen, encima del nivel 18 y con el objetivo de extraer en el menor tiempo posible el mineral de los bloques generados entre el Nv. 18 y el Nv. 20, de la veta Esperanza, es que surge la necesidad de realizar un pique inclinado 043, entre estos niveles para la extracción de las reservas. De acuerdo al plan anual de minado, la meta de producción será de 10 000 TM/año (400 TMD), durante 3 años. (JAUREGUI MERCADO, 2015)

Respecto al diseño del sistema de izaje, se concluye que éste será no balanceado y que se requerirá un winche con potencia de 261 kW (350hp) para realizar el izaje de tres carros mineros U35, de 4,95 T M de masa total, que ascenderán por un pique inclinado 016, de sección 2,4 m x 2,4 m, con un ángulo de inclinación de 30°, de longitud 367,8 m total, a una velocidad de cuerda de 5,4 m/s. Asimismo, el winche debe tener un tambor cilíndrico, con un diámetro de 0,96 m como mínimo.

Como accesorio del winche de izaje, se determinó que el diámetro óptimo del cable de acero a utilizar es de 20 mm, del tipo "flattened strand (triangular)", el cual será sometido a una tensión máxima de 220,0 kN considerando un factor de seguridad de valor 5, de acuerdo al Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería. Se corroboró la información con un catálogo de una proveedora de cables de acero y se verificó que la fuerza de ruptura mínima es de 255 kN, la cual es mayor a la requerida.

Respecto al sistema de transporte en el izaje, se determinó de acuerdo a los requerimientos de producción, que se requerirá dos locomotoras de 2 t, que transportarán el material a una velocidad de 6 km/h en los niveles 18 y 20.

Respecto al planeamiento de la ejecución de la infraestructura necesaria para el sistema de extracción del proyecto de profundización, se estimó un tiempo de 225 días para realizar todas las obras, pique inclinado 043, los desquiches y cuadrados de las estaciones de pique en los niveles 18 al 20, el tendido de los rieles en estas estaciones y a lo largo del pique, y por último, el armado de la plataforma e instalación del winche. (JAUREGUI MERCADO, 2015)

Se determinó que el monto de la inversión total de la infraestructura necesaria para el sistema de extracción de la profundización asciende a US\$ 1 388 425. Producto de la evaluación económica, se concluyó que el valor actual neto (VAN) del proyecto de profundización de mina es de US\$ 1 652 903,78 y una tasa interna de retorno de 79,29 %, para una tasa anual de descuento de 15%. (JAUREGUI MERCADO, 2015)

Según la tesis titulada: "Planeamiento y diseño del sistema de extracción del proyecto de profundización de la U.O San Braulio UNO", realizada en la universidad Pontificia Católica del Perú, llega a las siguientes conclusiones (Arias Calla, 2013):

A raíz del agotamiento de las reservas actuales de la mina y con el objetivo de extraer en el menor tiempo posible el mineral de los bloques generados entre el Nv. 3880 y 3950 de las cuatro vetas principales, es decir, Magaly, Verónica, Daniela y Carol, sumado a la imposibilidad de poder ejecutar laboreos subterráneos desde el mismo Nv. 3880 debido a las demoras en acuerdos con la comunidad, surge la necesidad de realizar un pique inclinado desde el nivel 3950 hacia el nivel 3880. (Arias Calla, 2013)

De acuerdo al plan anual de minado, la meta de producción mensual solamente para el nivel 3880 será de 3000 t/mes (120 tpd), lo cual da como ratio 27.6 t/h, incluyendo un factor de contingencia de 15%. Asumiendo 5 horas efectivas de izaje, esto es 138 TMPD de mineral. Además, se sabe que las reservas en el nivel 3880 llegan a una suma total de 31,800 toneladas, de acuerdo a los estudios geológicos de las cuatro vetas principales. (Arias Calla, 2013)

Respecto al diseño del sistema de izaje, se concluye que éste será no balanceado y que se requerirá un winche con potencia de 45 kW (60 hp) para realizar el izaje de dos carros mineros U35, de 5.20 t de masa total, que ascenderán por un pique de sección 1.5m x 1.8m, con un ángulo de inclinación de 30°, de longitud 135m total, a una velocidad de cuerda de 1.14 m/s. Asimismo, el winche debe tener un tambor cilíndrico, con un diámetro de 0.86m como mínimo de acuerdo a la relación que estipula el reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería. (Arias Calla, 2013)

Como accesorio del winche de izaje, se determinó que el diámetro óptimo del cable de acero a utilizar es de 18mm, del tipo "flattened strand (triangular)", el cual será sometido a una tensión máxima de 178.2 kN considerando un factor de seguridad de valor 5, de acuerdo al reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería. Se corroboró la información con un catálogo de una proveedora de cables de acero y se verificó que la fuerza de ruptura mínima es de 208 kN, la cual es mayor a la requerida.

Respecto al sistema de transporte en el izaje, se determinó de acuerdo a los requerimientos de producción, que se requerirá dos locomotoras de 2 t, que transportarán el material a una velocidad de 6km/h en los niveles 3950 y 3880. Para el nivel 3950, este cálculo consideró no solo la extracción proveniente del pique inclinado, sino también el tonelaje producto de las labores de desarrollo y preparación que se contempla en el plan anual de trabajo. En el caso del nivel 3880, el cálculo consideró principalmente las tareas de acarreo de acuerdo a las labores programadas. En ambos casos, para determinar las características del motor de las locomotoras, se consideró la trayectoria crítica, es decir, la tarea que tiene mayor distancia de recorrido. (Arias Calla, 2013)

En cuanto al planeamiento del ciclo de izaje, se estimó que el tiempo del ciclo de izaje en total será de 5'30" (5 minutos con 30 segundos), el cual está compuesto por el izaje de material, la recepción de los carros, el manipuleo de carros vacíos y su descenso por el pique inclinado y finalmente, la recepción de los carros vacíos y el manipuleo de los carros mineros para su ascenso.

Respecto al planeamiento de la ejecución de la infraestructura necesaria para el sistema de extracción del proyecto de profundización, se estimó un tiempo de 90 días para realizar todas las obras, que incluye el alcance al nivel 3880 mediante una rampa negativa, el pique inclinado, los desquiches y cuadrados de las estaciones de pique en los dos niveles, el tendido de los rieles en estas estaciones y a lo largo del pique, y, por último, el armado de la plataforma e instalación del winche. Finalmente, se presenta las duraciones de dichas actividades, así como la ruta crítica del desarrollo del sistema de extracción. (Arias Calla, 2013)

Según la tesis titulada: "Sistema de extracción de mineral del pique 718 con winche de izaje e incremento de producción en la mina Calpa - Arequipa", realizada en la Universidad Nacional del Antiplano, llega a las siguientes conclusiones (Medina Ayque, 2014):

Con la implementación del sistema de extracción de mineral mecanizada con winche de izaje en el pique 718 en la Mina Calpa se logró una producción de 37.608 TM/guardia en comparación al sistema de izaje manual que producía solamente 7.1918 TM/guardia, que nos muestra un incremento de producción de 30.4162 TM/guardia, la misma que demuestra la hipótesis planteada es acertada.

El acondicionamiento del pique 718 ha permitido la instalación, implementación y el funcionamiento del sistema de extracción de mineral mecanizada con winche de izaje llegando a los resultados de incremento de extracción vertical en la Mina Calpa.

Se logró incrementar la producción en menor tiempo con winche de izaje a través del pique 718 en la Mina Calpa reduciendo el tiempo extracción.

La instalación del winche de Izaje permitió minimizar el desgaste físico, así como también se redujo el personal empleado en esta operación unitaria. (Medina Ayque, 2014)

2.2 Bases teóricas

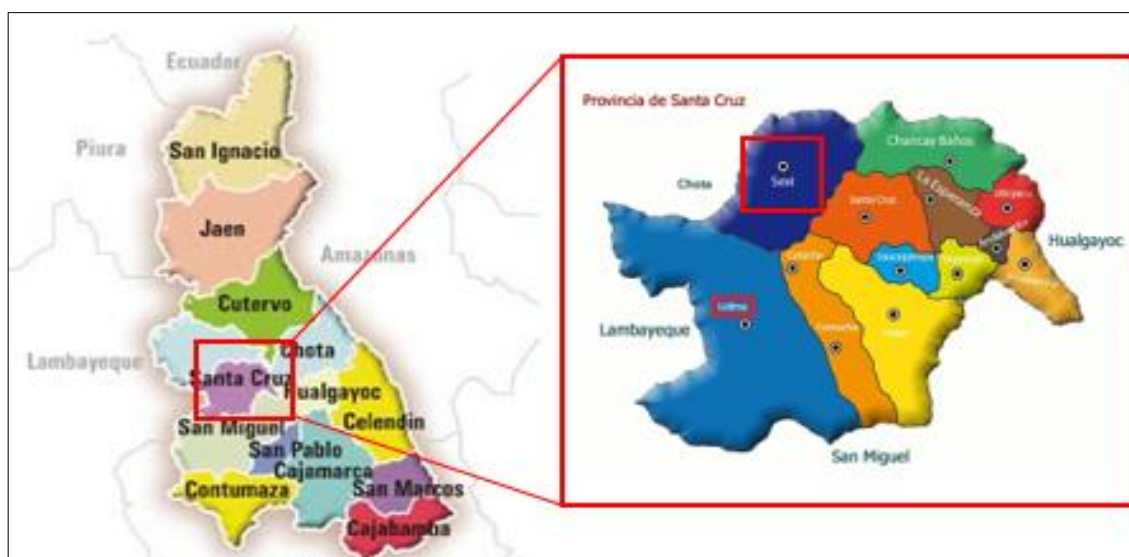
2.2.1 Generalidades

2.2.1.1 Ubicación y acceso

Geográficamente, el Proyecto Los Pircos se encuentra ubicado en la vertiente oeste de la Cordillera Occidental de los Andes y a una distancia, en línea recta, de 78 Km. al N 75° E de la Ciudad de Chiclayo; en un área comprendida entre la margen derecha del Río Chancay y margen izquierda de la quebrada Cirato. Las coordenadas UTM representativas son: 713 980 E y 9 267 500 N, altitud promedio de 2,250 m.s.n.m.

Políticamente, se encuentra en el caserío Corral Viejo, Distrito de Sexi, Provincia de Santa Cruz y Departamento de Cajamarca. Plano de Ubicación General del Proyecto.

Figura N° 1: Ubicación del Proyecto.



Fuente: Pircos - área de Geología

El proyecto minero Los Pircos se encuentra ubicado dentro de los CIRATOS 3, 4 Y 5.

Tabla N° 1: Coordenadas UTM de los vértices del CIRATO 3

COORDENADAS UTM (M) CIRATO 3 – WGS 84		
VERTICE	NORTE	ESTE
1	9 269 636.53	713 744.65
2	9 267 636.54	713 744.65
3	9 267 636.48	709 744.70
4	9 269 636.47	709 744.70

Fuente: Pircos - área de geología

Tabla N° 2: Coordenadas UTM de los vértices del CIRATO 4.

COORDENADAS UTM (M) CIRATO 4 – WGS 84		
VERTICE	NORTE	ESTE
1	9 267 636.52	712 744.66
2	9 265 636.53	712 744.66
3	9 265 636.49	709 744.70
4	9 267 636.48	709 744.70

Fuente: Pircos - área de geología

Tabla N° 3: Coordenadas UTM de los vértices del CIRATO 5

COORDENADAS UTM (M) CIRATO 5 – WGS 84		
VERTICE	NORTE	ESTE
1	9 267 636.56	715 744.62
2	9 265 636.57	715 744.62
3	9 265 636. 53	712 744.66
4	9 267 636.52	712 744.66

Fuente: Pircos - área de geología

2.2.2 Extracción por pique en mina.

Si el acceso a un yacimiento ha sido practicado por medio de un pozo vertical o inclinado, esos pozos son equipados con instalaciones de extracción destinadas al descenso y subida del personal, equipos, materiales, como asimismo a la extracción del mineral y ganga. Esas instalaciones se dividen en las de extracción por jaulas y por skips (vasijas de extracción). Las instalaciones con jaulas pueden cumplir todas las funciones de extracción mencionadas, en tanto que las de skips sirven solo para la extracción de mineral o de ganga. La máquina de extracción es equipada con un indicador de profundidad que señala al maquinista la posición de las vasijas de extracción en el pozo; con un tacografo, es decir, un indicador autoregistrador de la velocidad de movimiento de aquella y con otros dispositivos que garantice que garantizan la seguridad de la extracción. Los tambores de las máquinas de extracción suelen ser cilindros o cónicos. El diámetro del tambor debe ser, cuanto menos, 80 veces mayor que el de cable enrollado.

Es un método de extracción que iza el mineral a través de un pique, la carga se deposita en los skips y este es izado por medio de un winche eléctrico. En la parte superior, tiene un sistema de descarga hacia una tolva de almacenamiento de mineral. (Gilberto & Mirton, 2009)

2.2.3 Winche

Los winches son aquellos dispositivos mecánicos que son impulsados por un motor eléctrico. Están diseñados para levantar y desplazar grandes cargas. Consiste en un rodillo giratorio, alrededor del cual se enrolla un cable o una maroma, lo cual provoca el movimiento en la carga sujeta al otro lado del mismo. Como, por ejemplo, las anclas o cadenas en embarcaciones, barcos, plataformas petroleras, barcasas, entre otras.

Recuerda que, si es la primera vez que vas a utilizar uno, es importante que sepas que los cabos se giran alrededor del winche dando vueltas siempre hacia la derecha, NUNCA hacia la izquierda.

Cabe resaltar que debido al riesgo potencial que representan estos elementos para las personas que los manipulan, es necesario aplicar un mantenimiento constante. Dicho mantenimiento debe ser realizado por un profesional y siguiendo las indicaciones otorgadas por la fábrica. (Compumet, 2006)

2.2.4 Winche de izaje:

El Winche de izaje, es una maquinaria utilizada para levantar, bajar, empujar o tirar la carga; el Winche de izaje, es utilizado también para bajar e izar personal del interior de la mina; siempre que cumpla con exigencias mínimas de seguridad.

Componentes del winche de izaje

Dependiendo de las dimensiones y necesidades, un winche de izaje tiene los siguientes componentes:

- Tambor: Son cilindros metálicos donde se enrolla el cable. Podríamos hablar del enrollado activo que es el cable que verdaderamente trabaja y el enrollado de reserva para los cortes reglamentarios que dispone la ley de seguridad y para reducir el esfuerzo ejercido por el cable, a la unión con el tambor.
- Motor: Es el propulsor de la acción mecánica, es el que realiza el trabajo de izaje. La característica del motor se elige de acuerdo al requerimiento y la capacidad de la carga que se quiere izar, y a las dimensiones y modelo del pique inclinado.
- Sistemas preventivos de control (Lilly control, frenos, etc): Es el dispositivo encargado de regular la velocidad, este actúa en caso de una súbita aceleración o desaceleración de la velocidad, ocasionado por una posible falla mecánica, el Lilly control, acciona el dispositivo de emergencia del sistema de izaje.
- Palancas de control: Son los dispositivos de control y manejo del winche. Estos deben ser manipulados sólo por el operador o maquinista autorizado.
- Cables de izaje: Dependiendo del tipo de izaje en los winches; ya sea por fricción o enrollamiento; los cables de izaje pueden ser fabricados de aluminio

o de alambre de acero; los mismos que, son colocados ordenadamente para desempeñar el trabajo de izar los carros mineros. (Compumet, 2006)

2.2.5 Sistema de Izaje

Tiene como objetivo realizar el cálculo del cable y del winche eléctrico de izaje óptimo a utilizar, todo esto de acuerdo con el requerimiento de producción. Todos estos parámetros tienen como objetivo final establecer el ciclo de trabajo del sistema de izaje de forma global.

El diseño del sistema de izaje y transporte está supeditado a los requerimientos de producción y trabajos de preparación y desarrollo de labores establecidos en las metas físicas de acuerdo al plan anual de trabajo.

En tanto continúe la tendencia de la explotación de minas profundas, los sistemas de izaje y sus equipos asociados se irán haciendo cada vez más sofisticado, complejos, grandes y caros. Sistema de izaje a través de los piques de una mina, tiene semejanza a los ascensores de los edificios, en las minas importantes del Perú, se utiliza el winche como maquina principal de transporte vertical. (Compumet, 2006).

2.2.6 Izaje

El izaje minero consiste en el transporte de mineral, relleno, materiales, maquinarias personales, etc. Por una chimenea, inclinado, pique o pozo; para lo cual es necesario usar recipientes, estructuras, instalaciones maquinarias energía, cable, personal normas de seguridad. La extracción de material, sea desmonte o mineral se realiza con skips de carga y descarga automático, hay tres factores importantes son considerados para emplear el transporte por el sistema de izaje. (Compumet, 2006)

- Tasas de producción a ser izado por unidad de tiempo.
- Profundidad del pique o inclinado.
- Numero de niveles de producción.

2.2.7 Tipos de Izaje:

Hoy en día hay dos tipos básicos de izaje disponibles en cualquier parte del mundo; el izaje con winche de tambora, el cual enrolla el cable a la tambora, y el sistema koepe o de fricción en donde simplemente el cable pasa sobre la rueda durante el proceso de izaje. El izaje por tambor y fricción son dos términos genéricos que describen las dos categorías básicas, pudiendo haber variaciones dentro de cada categoría. Las aplicaciones en sistema de izaje con winche de tambora, fricción o koepe se resumen en las partes principales del sistema de izaje. En las cuales son: winche, cable de izaje, polea, tornapunta, castillo de izaje, skip o jaula, pique, tolva de carga de material. Existen dos sistemas básicos de izaje: el de Izaje con winches de tambora, en el cual el

cable es enrollado o desenrollado en la tambora durante el izaje, y el de izaje con winches de fricción ("Koepe"), en el cual el cable pasa sobre la polea o tambora de fricción durante el izaje. Winche de Tambora Varios winches de tamboras son disponibles para diferentes necesidades. El más simple de los sistemas de este tipo es del winche de una sola tambora. Como un winche de servicio o producción, con jaula o skip en balancín con un contrapeso; un winche de una sola tambora puede servir eficientemente en uno o más niveles. Winche de doble tambora con una tambora embragada, puede usarse como un winche de servicio con jaula y contrapeso para servir varios niveles eficientemente. Para el diseño del sistema de izaje se ha seleccionado, un winche de doble tambora para cubrir con las necesidades de producción requeridas.

Los sistemas de izaje se dividen principalmente en dos tipos:

- Izaje no balanceado: Es aquel que se realiza a través de un pique de un solo compartimiento, donde no hay un peso descendiente producto de un carro minero, skip o jaula que ayude a izar a los carros o jaulas ascendentes.
- Izaje balanceado: Se realiza en un pique de dos compartimientos, donde el peso ascendente del carro minero, skip o jaula es compensado por otro de éstos que desciende, pero vacío por el otro compartimiento. (Arias Calla, 2013).

2.2.8 Pique:

Los piques son labores verticales que sirven de comunicación entre la mina subterránea y la superficie exterior con la finalidad de subir o bajar al personal, material, equipos y el mineral. (Compumet, 2006).

a. Factores para su construcción:

- Necesidades de extracción de mineral.
- Reducción de los costos de producción.
- Profundización de los niveles de extracción.

b. Formas de la sección transversal de un pique:

Los piques de mina, por lo general son de forma rectangular y circular, son menos frecuentes y muy raramente los de sección elíptica o curvilínea.

2.2.9 Estructura de un pique inclinado:

La estructura de un pique inclinado, puede ser de madera o de acero. En otros casos, si se contara con un nivel inferior, la construcción del pique se puede realizar de manera convencional o mecanizada, para el cual se perfora primero el hueco piloto y

luego del nivel inferior se empieza a rimar (ensanchar) con una broca de mayor diámetro y finalmente se completa a la sección diseñada.

En todos los casos el terreno debe ser competente y debe ser una zona donde no exista agua de filtración. Las dimensiones de la sección de los piques se pueden determinar a partir de la capacidad de la carga y de la profundización de los trabajos de extracción también es factor importante la productividad de la mina. (Arias Calla, 2013).

2.2.10 Cable de acero:

El cable de acero es un conjunto de elementos que transmiten fuerzas, movimientos y energía entre dos puntos, de una manera predeterminada para lograr un fin deseado. El conocimiento pleno del potencial de uso de un cable de acero, es esencial para elegir el más adecuado para una faena o equipo, tomando en cuenta la gran cantidad de tipos de cables disponibles.

Cable de Acero y sus Elementos:

- Alambre: Es el componente básico del cable de acero, el cual es fabricado en diversas calidades, Según el uso al que se destine el cable final.
- Torón: Está formado por un número de alambres de acuerdo a su construcción, que son enrollados helicoidalmente alrededor de un centro, en una o varias capas.
- Alma: Es el eje central del cable donde se enrollan los torones. Esta alma puede ser de acero, fibras naturales o de polipropileno.
- Cable: Es el producto final que está formado por varios torones, que son enrollados helicoidalmente alrededor de un alma.

Aplicaciones y Usos:

- Equipos y operaciones.
- Cables en minas.
- Tambores de izaje en piques verticales.
- Tambores de izaje en piques inclinados.
- Palas mecánicas - excavadoras.
- Winches de arrastre.

2.3 Factores de diseño de un pique inclinado

Para evitar riesgos es que se toman en consideración estos factores, también imprevistos y así poder controlar la mayor cantidad posible de variables involucrados en la construcción del pique inclinado.

Los factores más importantes para el diseño de un pique inclinado son los económicos, operacionales y geológicos.

El conjunto y cada uno por si solo inciden en forma importante en el diseño del pique inclinado y están relacionados entre sí de una forma u otra.

2.3.1 Factores económicos

Uno de los principales es el factor económico y su incidencia se aprecia en los costos que tenga el desarrollo del pique, determinando, además la variante de diseño a aplicar. Los costos están influidos por la sección del pique inclinado y el tipo del terreno donde se profundizará.

Los costos que se deben tener en cuenta en la comparación según las diferentes variaciones que se pueden estudiar son:

- Costo de materiales: explosivos y accesorios de voladura
- Costo de mano de obra: por perforación, carguío, transporte y supervisión.
- Costo de maquinaria: amortización, valor residual, costo de adquisición y costo de mantenimiento.
- Costo de energía: depende del tipo de energía más económica y disponible
- Costo por flujo de ventilación.
- Costo de materiales accesorios de perforación: afilado de brocas y costo por longitud perforada.
- Costo por traslado de personal.
- Costo por transporte de mineral y/o estéril.
- Costo de conservación de las labores principales.

2.3.2 Factores operacionales

Las variables que deben considerarse en el diseño y ejecución de un pique inclinado deben ser:

- Método de profundización: de acuerdo al terreno a atravesar, existencia de agua, medios económicos disponibles y tiempo de plazo para terminar de profundizar el pique inclinado.
- Elección de equipos y materiales: en función del método aplicado en la profundización, tipo de terreno a atravesar, plazo para profundizar el pique inclinado, medios económicos disponibles, avances tecnológicos etc.
- Elección del personal de acuerdo a la naturaleza y tipo de trabajo a realizar.
- Abastecimiento: depende el lugar de ubicación, maquinaria empleada, materiales, etc.
- Mantenimiento: depende del personal a emplear, maquinaria a utilizar, abastecimiento, etc.
- Otros: factores operacionales condicionantes en el diseño y ejecución de un pique son:
 - Profundidad
 - Diámetro del pique
 - Presión hidrostática de las paredes
 - Características geológicas de la zona perforada
 - Características de la maquinaria utilizada
 - Pericia y experiencia de los trabajadores
 - Imprevistos propios de la faena

2.3.3 Factores geológicos

Para construir un pique inclinado es necesario primero tener un marco general y completo de la geología del sector a profundizar.

Es necesario conocer los accidentes geológicos y para ello se hace uso de prospecciones por medio de sondajes, perfiles sísmicos, observaciones geológicas de superficie, perfiles geomecánicos, etc.

También la litología de las rocas circundantes, su fracturamiento, nivel de diaclasas presentes, tanto en rumbo como en buzamiento que podrían modificar las condiciones del pique inclinado.

2.4 Definición de términos básicos

- **Cubicación**

Determinar la capacidad o el volumen de un cuerpo conociendo sus dimensiones. Esto es de gran utilidad para el cálculo total del material que se necesitará para realizar un trabajo.

- **Diseño**

Proceso previo de configuración mental, en la búsqueda de una solución en cualquier campo. Durante el proceso se debe tener en cuenta además la funcionalidad, la operatividad, la eficiencia y la vida útil.

- **Extracción**

Es la obtención selectiva de algunos minerales y otros materiales de la corteza terrestre.

- **Geomecánica**

Es la disciplina que estudia las características mecánicas de los materiales geológicos que conforman las rocas de formación.

- **Macizo rocoso**

Complejo natural considerado in situ, de determinada composición litológica, con una estructura definida y en un cierto estado de conservación.

- **Pique**

Es una perforación en forma vertical en el cual se puede descender, según la finalidad para el cual haya sido diseñado, a profundidades de la tierra. Estas por lo general, en la pequeña minería suelen tener profundidades que van de 25 metros y en la gran minería tener profundidades de 1000 metros.

- **Perforación y Voladura**

Se refiere a las primeras operaciones de producción, que tienen por finalidad el arranque del mineral o estéril desde el macizo rocoso. Con estas operaciones se generan excavaciones o bancos, según se trate de minería subterránea o a tajo abierto

- **Roca**

Materia de minerales asociados de manera natural, que en cantidades considerables forma parte de la masa terrestre.

- **Roca intacta**

Roca que no presenta fracturas continuas.

2.5 Hipótesis

El diseño de profundización del pique inclinado 073 nos permitirá incrementar la producción en la Unidad Minera los Pircos.

CAPÍTULO 3 METODOLOGÍA

3.1 Operacionalización de variables

Tabla N° 4: Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
VD: Diseño del Pique Inclinado.	Sistema de extracción que se utiliza en minería subterránea.	Conjunto de equipos que sirve para transportar material o personal, de un nivel a otro.	Varía según: -Angulo de inclinación. -Profundidad. -Sección.	metros
VI: Producción	Extracción de minerales	Material total que se va a extraer según lo planeado	Mineral y Desmonte	toneladas

Fuente: Elaboración Propia

3.2 Diseño de investigación

El diseño de investigación que se acoge al presente trabajo es del tipo Cuasi experimental ya que en base a la variable independiente obtendremos valores de los resultados de las variables dependientes.

3.3 Población

Piques de la Unidad Minera los Pircos.

3.4 Muestra

El pique inclinado 073 de la Unidad Minera los Pircos.

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Con la presente investigación identificaremos el área de apertura del pique, la técnica a utilizar es mediante la combinación de la observación directa en campo y análisis de muestra; el que nos permitirá: ubicar el pique inclinado, sus características geométricas, tipo de material, esponjamiento del material, estado de las diaclasas, separación de las diaclasas, dirección y buzamiento, RQD entre otros parámetros necesario para la apertura del mismo.

Se realizó una revisión documental y análisis de los informes de las áreas de geología mina, operaciones mina en la Unidad Minera los Pircos, además reportes y resultados de laboratorio, diseños de carga, los diseños de planos del área de perforación y voladura de Unidad Minera los Pircos, informes técnicos de pruebas realizadas en laboratorio para determinar sus características del macizo rocos e información recolectada en mina.

3.6 Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos

Se realizó los análisis geomecánicos utilizando el equipo Probador de Carga Puntual, teniendo en cuenta sus respectivos parámetros, prueba uniaxial, RMR, RQD, densidad de la roca, humedad, para la cual se utilizó las tablas de bieniawski, se diseñó el sistema de extracción del pique inclinado 073 teniendo en cuenta, su buzamiento, capacidad de carro U35, sus características del cable óptimo para el izaje, capacidad del motor del winche eléctrico, para la cual se utilizó el programa de AutoCAD y el análisis económico del pique inclinado, considerando costos de mano de obra, equipo de protección personal, herramientas, materiales y accesorios de perforación, consumo de agua, enmaderado, limpieza, acarreo y transporte, material para voladura, También se utilizó el programa Microsoft Excel en donde se almacenaron y se procesaron los datos de la investigación, el análisis de la información se realizó mediante procesos lógicos – secuenciales para la obtención de resultados válidos. Se descifran tablas, gráficas y se interpretan los resultados finales.

CAPÍTULO 4 RESULTADOS

Características geomecánicas de la unidad minera Los Pircos.

Se evidencia vetas con presencia de Cuarzo hialino, drúsico bandeado con núcleos discontinuos de cuarzo gris y pirita diseminada moderada, cuya densidad es de 2.6.

La estructura mineralizada de acuerdo a los resultados obtenidos es poco competente y con una resistencia menor a las rocas encajonantes.

Figura N° 2: Diferencia entre Mineral y Desmante



Fuente: Elaboración propia

En el Proyecto Minero los Pircos de acuerdo a los reportes del área de geología se pudo calificar al macizo rocoso en tres tipos de roca, clasificándolos en MUY BUENA, BUENA Y REGULAR.

- **ROCA MUY BUENA (RI).** Codificada con la letra A y color celeste, se caracteriza por ser una roca dura con poca fracturación (2 a 4 fracturas/metro lineal) no presenta alteración y poca humedad. Este tipo de macizo rocoso en labores con sección de 2.10 m x 2.40 m. no requiere sostenimiento excepto algunos pernos (cementados o con algún tipo de resina) donde presenta riesgo de caída de roca; para tajos y labores de exploración con sección 0.90 m x 2.40 m. no requiere algún tipo de sostenimiento excepto algunos pernos (Split Set) donde presente riesgo o se crea conveniente.

- **ROCA BUENA (RII).** Codificada con la letra B y color verde, se caracteriza por ser una roca dura con pocas fracturas (4 a 8 fracturas/metro lineal). Presenta una alteración débil, humedad en algunos casos y se rompe con 3 – 10 golpes de la picota. Este tipo de macizo rocoso en labores con sección de 2.10 m x 2.40 m. generalmente no requiere algún tipo de sostenimiento excepto algunos pernos (cementados o con resina y/o Split Set) donde presenta riesgo de caída de roca - puntuales; para tajos y labores de exploración con sección 0.90 m x 2.40 m. generalmente no requiere algún tipo de sostenimiento excepto algunos pernos (Split Set) donde presente riesgo o se crea conveniente - puntuales.
- **ROCA REGULAR (RIII).** Codificada con la letra C y color anaranjado, se caracteriza por ser una roca poco blanda con regular cantidad de fracturas (8 a 12 fracturas/metro lineal), medianamente alterada, humedad y se rompe con 1 – 3 golpes de la picota. Este tipo de macizo rocoso en labores con sección de 2.10 m x 2.40 m. requieren la colocación de pernos cementados o con resina y/o Split Set de manera sistemática cada 1.5 m. a 2.00 m. ya sea en la pared o techo de igual manera utilizar TALADROS DE ALIVIO Y/O COLOCAR Split Set preventivos en el frente de la labor; para tajos y labores de exploración con sección 0.90 m. x 2.40 m. requieren la colocación de pernos de manera sistemática cada 1.5 m. a 2.00 m. ya sea en la caja piso y/o techo de la labor.

ZONIFICACIÓN GEOMECÁNICA POR NIVELES

- **EN EL NIVEL 2050:** De acuerdo a los reportes del área de geología mina, inicio el año 2008 y en la actualidad es un nivel con poca actividad en la operación y cuenta con 2616.56 metros de laboreo horizontal. De la cual el 20.18% corresponde a una calidad de roca muy buena, el 45.44% calidad de roca buena y el 32.56% roca de calidad regular. (Pircos, 2017)

Tabla N° 5: Clasificación de calidad de roca en el nivel 2050.

CALIDAD DE ROCA	METROS	PORCENTAJE
MUY BUENA	528.03	20.18%
BUENA	1189.15	45.44%
REGULAR	851.86	32.56%

Fuente: Priest y Houston, 1976

- **EN EL NIVEL 2000:** En la actualidad es el nivel principal de producción y cuenta con 3001.51 metros de laboreo horizontal. De la cual el 34.60% corresponde a una calidad de roca muy buena, el 43.02% calidad de roca buena y el 22.38% roca de calidad regular.

Tabla N° 6: Clasificación de calidad de roca en el nivel 2000

CALIDAD DE ROCA	METROS	PORCENTAJE
MUY BUENA	1038.45	34.60 %
BUENA	1291.22	43.02 %
REGULAR	671.84	22.38 %

Fuente: Priest y Houston, 1976

ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO

Actualmente el proyecto Minero Los Pircos, utiliza puntales sistemáticos en los tajeos con el fin de controlar la estabilidad de las paredes, además pernos cementados o con resina y/o Split Set de manera sistemática como elementos preventivos en el frente de la labor.

4.1 Caracterización Geomecánica del Pique Inclinado.

Se realizó el muestreo y análisis del mineral determinándose:

4.1.1 La competencia de la roca

De acuerdo a los resultados obtenidos se observa la siguiente escala:

Poco competente:	$UCS/\sigma_v \leq 8$
Competencia intermedia:	$8 < UCS/\sigma_v \leq 15$
Competencia alta:	$UCS/\sigma_v > 15$

Para los UCS de 100 a 250Mpa, la relación UCS/σ_v estaría entre los 30.86 y 77.16. Clasificando la roca de caja como de Competencia alta.

El Número De Fracturas O Discontinuidades Por Metro Lineal

Sumando todos los sets estructurales en los testigos evaluados, nos da un valor de $\lambda=7$ ff/m lo que indica que se trata de una roca poco fracturada, según la siguiente escala:

Muy fracturado:	ff/m: > 16 ff/m
Fracturado:	ff/m: 10-16 ff/m
Poco fracturado:	ff/m: 3 – 10 ff/m
Muy poco fracturado:	ff/m: < 3 ff/m

4.1.2 Cálculo Del Índice RQD (Rock Quality Designation)

De acuerdo con la técnica desarrollado por Deere entre 1963 y 1967, se define como el porcentaje de recuperación de testigos de más de 10 cm de longitud (en su eje) sin tener en cuenta las roturas frescas del proceso de perforación respecto de la longitud total del sondeo.

Para determinar el RQD (Rock Quality Designation) en el proyecto minero los Pircos, se empleó dos procedimientos de cálculo.

- Primer procedimiento:

Se calcula midiendo y sumando el largo de todos los trozos de testigos mayores que 10 cm en el intervalo de testigo de 1.5 m. a partir de los testigos obtenidos en la exploración. Medida del RQD en testigos de Exploración 150

Se deben incluir los discos del núcleo ocasionados por rotura mecánica de la roca como parte del RQD.

$$RQD = \frac{\text{Suma de } 10}{I_{\text{tot}}}$$

Suma de 10 = Suma de la longitud de testigos superiores a 10 cm

I_{tot} = Longitud total de sondeo

- Segundo procedimiento:

Se realiza el cálculo del RQD en función del número de fisuras por metro, determinadas al realizar el levantamiento litológico-estructural en el área o zona predeterminada de la operación minera.

RQD determinado en el campo, en un tramo longitudinal de pared expuesta.

$$RQD = 100 \lambda (-0.1) \lambda \times (0.1 1 + \lambda) \text{ Priest y Houston, 1976}$$

Dónde: λ = Nro. De Fisuras / Espacio

Para nuestro caso:

$$RQD = 110.4 - 3.68\lambda = 110.4 - 3.68(7) = \mathbf{84.6\%}$$

Tabla N° 7: Clasificación de la calidad de roca según RQD (%).

CLASE	CALIDAD	RQD (%)
I	Muy mala	< 25
II	Mala	25 – 50
III	Aceptable	50 – 75
IV	Buena	75 – 90
V	Muy Buena	90 - 100

Fuente: Priest y Houston, 1976

4.1.4 Clasificación RMR (Bieniawski, 1973 y 1979)

Para determinar los parámetros geomecánicos se consideró:

- Para la resistencia uniaxial de la matriz rocosa: Ensayo de compresión simple se realizó en el laboratorio de mecánica de rocas de la Universidad Privada del Norte.
- Para el Grado de fracturación del macizo: ensayo RQD se realizó en el área de estudio.
- Para el espaciado de las discontinuidades: separación entre diaclasas (m) se realizó en el área de estudio.
- Para las condiciones de las discontinuidades: rugosidad, continuidad, relleno, bordes se realizó en el área de estudio
- Para las condiciones hidrogeológicas: caudal, presión de agua, humedad se ejecutó en el área de estudio.

Tabla N° 8: RMR Rock Mass Rating (Bieniawski – 1976). Parámetros de Clasificación

1	Resistencia de la roca sana	Ensayo de carga puntual	> 100 Kp/cm ²	40 - 80 Kp/cm ²	20 - 40 Kp/cm ²	10 - 20 Kp/cm ²	Compresión simple (Kp/cm ²)		
		C. Simple	> 2.500 Kp/cm ²	1.000-2.500 Kp/cm ²	500-1.000 Kp/cm ²	250-500 Kp/cm ²	50-250	10 - 50	< 10
	Valoración		15	12	7	4	2	1	0
2	RQD		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%		
	Valoración		20	17	13	6	3		
3	Separación entre diaclasas		> 2 m	0.6 - 2 m	0.2 - 0.6 m	0.06 - 0.2 m	< 0.06 m		
	Valoración		20	15	10	8	5		
4	Estado de las diaclasas		Muy rugosas Discontinuas Sin separaciones Bordes sanos y duros	Ligeramente rugosas Abertura <1 mm Bordes duros	Ligeramente rugosas Abertura < 1 mm Bordes blandos	Espejos de falla o con relleno <5 mm o abiertas 1-5 mm Diaclasas continuas	Relleno blando > 5 mm o abertura > 5 mm Diaclasas continuas		
	Valoración		30	25	20	10	0		
5	Agua freática	Caudal por 10 m de túnel	Nulo	< 10 litros/min.	10-25 litros/min.	25-125 litros/min	> 125 litros/min.		
		Relación Presión agua-Tensión princ. mayor	0	0.0-0.1	0.1 -0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		Estado general	Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Fluyendo		
	Valoración		15	10	7	4	0		

Fuente: Bieniawski – 1976

- Para la corrección por la orientación de las diaclasas:

En adjunto el cuadro, muestra la orientación de las discontinuidades respecto a la excavación.

Tabla N° 9: Orientación de las Discontinuidades respecto a la excavación.

Dirección y Buzamiento		Muy Favorables	Favorables	Medias	Desfavorables	Muy Desfavorables
Valoración para	Túneles	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60

Fuente: Bieniawski – 1976

- g. Para la obtención del Índice de Calidad RMR.
 En el siguiente cuadro se muestra el índice de calidad RMR.

Tabla N° 10: Índice de Calidad RMR

Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy Buena	Buena	Media	Mala	Muy Mala
Valoración	100-81	80-61	60-41	40-21	< 20

Fuente: Bieniawski – 1976

Con estos valores y haciendo la valorización de la Masa Rocosa RMR (Rock Mass Rating) según Bieniawski, (1976), sería:

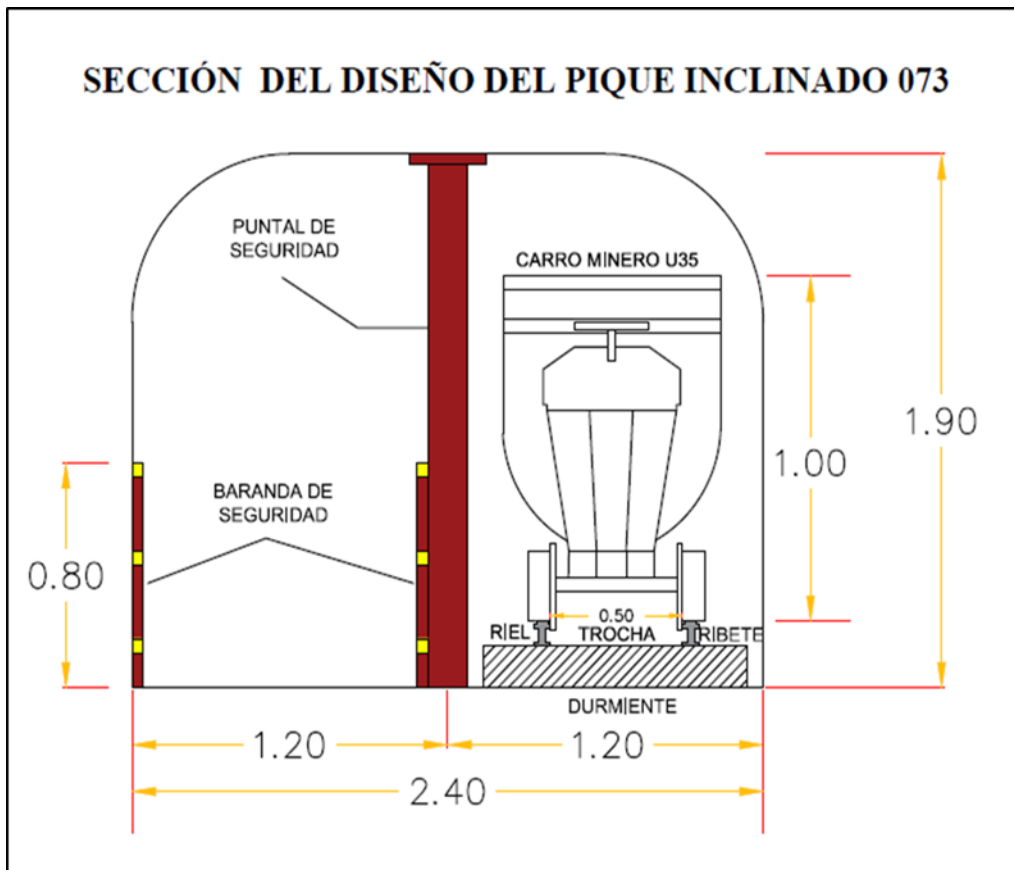
$$7+17+15+25+10-5 = 69,$$

Que clasifica a la Roca como de clase II, Buena Roca.

4.2 DISEÑO DEL PIQUE INCLINADO.

Para el diseño del pique inclinado proponemos la figura adjunta al presente, mostrando el carro U35 el cual ascenderá y descenderá por la sección descrita.

Figura N° 3: Diseño de Pique Inclinado



Fuente: Elaboración Propia

4.2.1 Cálculo de equipos y materiales.

a. Peso y tipo de material por viaje:

La producción propuesta para este pique es de 600 toneladas, considerando 25 días por mes, obtenemos una producción de 24 TMD de mineral. De igual manera se considera la extracción de desmante que es de 24 toneladas.

✚ Capacidad de carga:

Descripción: Carros U35, capacidad nominal 35 pies³ o 1 m³

Formula: $C = ((Vc * q * fc)) / ((1 + e))$

Donde:

C: Carga o Capacidad de carga (t).

Vc: Volumen del carro minero U35 (m³)

q: Densidad de la roca (t/m³).

fc: Factor de carguío (%)

e: Esponjamiento (%)

Se asume una humedad de 3% para el mineral y desmante:

q mineral: $2.79 \text{ t/m}^3 \rightarrow 2.79 + (2.79 * 0.03) = 2.87 \text{ t/m}^3$.

q desmante: $2.29 \text{ t/m}^3 \rightarrow 2.29 + (2.29 * 0.03) = 2.36 \text{ t/m}^3$.

El factor de carguío (fc) es de 80% = 0.80

El esponjamiento (e) varía para mineral y desmante:

e = 40% para mineral.

e = 50% para desmante.

Remplazando en la ecuación anterior:

Para mineral: $C = (1 \text{ m}^3 * 2.87 \text{ t/m}^3 * 0.8) / (1 + 0.4)$

C = 1.64 t.

Para desmante: $C = (1 \text{ m}^3 * 2.36 \text{ t/m}^3 * 0.8) / (1 + 0.5)$

C = 1.26 t.

El peso a izar sería de mineral 1.64 toneladas y de desmante 1.26 toneladas

Peso del carro minero:

El peso del carro minero U35 es de 700 kg = 0.7 t.

Peso total por viaje:

Mineral: $0.7 + 1.64 = 2.34$ toneladas.

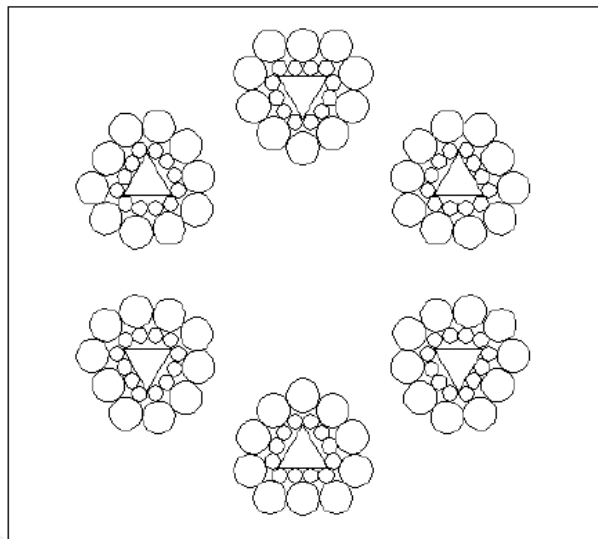
Desmante: $0.7 + 1.26 = 1.96$ toneladas.

4.2.2 Cálculo del cable óptimo y su peso

La estructura o número y disposición de alambre en la cuerda depende del uso que se le va a dar. Usualmente se asigna numéricamente al poner el número de torones y el número de alambres por torón; entonces, un cable de 6 torones con 19 alambres por torón se denomina un cable de 6 x 19 y uno de 6 torones por 7 alambres por torón es un cable de 6 x 7.

Los torones de estos cables están puestos alrededor de un alma de cáñamo, el cual tiene la función de absorber y retener el lubricante, además que actúa como un cojín flexible en el cual los torones pueden ser incrustados, lo que previene un desgaste por fricción cuando se curva en los tambores de los winches.

Figura N° 4: 6 x 10/12/Flattened Strand

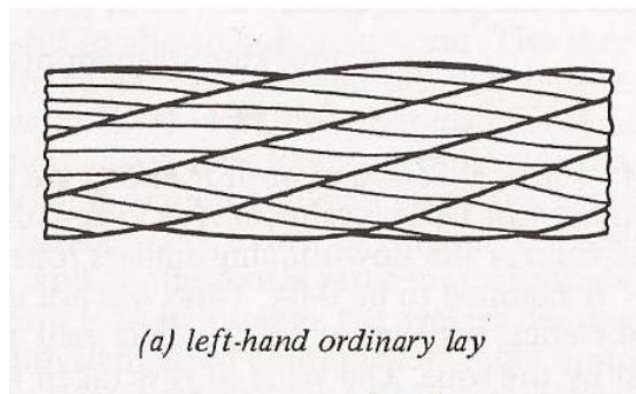


Fuente: Arias Calla, 2013

Los tipos de cables de alambre normalmente usados para acarreo son los de tipo "round strand" o "flattened strand", ambos tienen 6 torones enrollados sobre un núcleo de fibra. Las secciones transversales típicas de estos tipos de cuerda se muestran en la figura 4. El cable tipo "flattened strand" tiene claramente un mayor número de alambres en la circunferencia exterior, por tanto, provee mucha mayor resistencia al desgaste superficial. Esta superficie de desgaste puede ser luego incrementada al retorcer los torones en el cable en la misma dirección que los alambres en el torón, a lo que se le conoce como "Lang's lay", sin embargo, una construcción más estable es la "ordinary Lay" o "regular lay", en el cual los torones y el cable son retorcidas en direcciones

opuestas. Pueden ser "left-hand" o "right-hand", de acuerdo a la dirección del enrollado de los torones a lo largo del núcleo. La figura 13 ilustra mejor lo anteriormente descrito:

Figura N° 5: Left-Hand ordinary Lay



Cable.png

Fuente: Arias Calla, 2013

La masa y fuerza de los cables de alambre dependen, en gran medida, de la cantidad de acero en la sección transversal, los cuales son proporcionales al diámetro al cuadrado, pero en ambos casos son afectados por el diseño del cable, por lo que se le añade un constante.

Si la masa del cable es $m=kd^2$, donde k es una constante que depende del diseño del cable. El valor de masa resultante se corroborará con tablas de proveedores de cables.

El tipo de acero ampliamente utilizado para los cables de alambre tiene una resistencia a la ruptura alrededor de 1570 MN/m^2 o $(160 \text{ kg}/\text{mm}^2)$, y la fuerza a la ruptura puede ser considerada como, donde es una constante que depende del diseño del cable y la resistencia del alambre.

Si el diámetro del cable es d (cm), entonces la masa es $m=kd^2$ y la fuerza es $s =Kd^2$ (KN).

La tabla xx nos muestra los valores de k y K para varios tipos de cables, los valores de k son los que toma cuando su resistencia a la ruptura es de 1570 MN/m^2 . El valor de K para aceros de otras resistencias puede ser hallado por proporción.

Tabla N° 11: Constantes de masa y esfuerzos de cables de alambre.

Tipo de Cable	K	K
Round Strand	0.36	52
Con alambre en el nucleo	0.4	56
Flattened Strand	0.41	55
Con alambre en el nucleo	0.45	58
Locked oil	0.564	85

Fuente: Arias Calla, 2013

El tamaño del cable de alambre es usualmente dado en mm, pero el cm nos lleva a constantes más apropiadas.

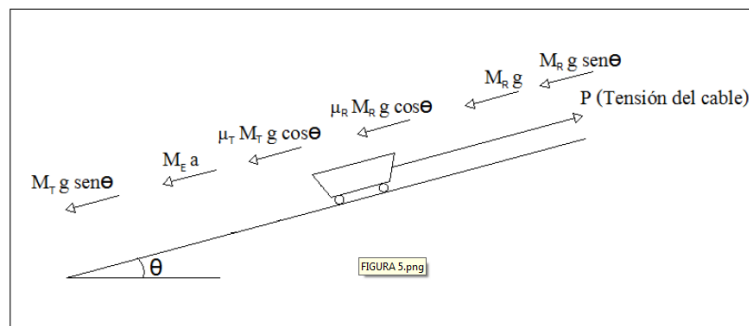
Factor de seguridad del cable

La ratio de la fuerza de rotura entre la carga máxima se le denomina factor de seguridad. Para cables utilizados en acarreo la máxima carga es difícil de especificar y en muchos casos se determina por las fuerzas de inercia generadas debido a repentinas tensiones de los cables. La figura 14 representa un carro minero siendo jalado en ascenso por un inclinado de ángulo θ , de aceleración a mediante un cable de alambres. La masa del tren se representa como M_T , la masa total de las llantas es M_W , de radio r , radio de giro k , y la masa total del cable es M_R . Las fuerzas que actúan se muestran, donde:

$$\text{Masa total equivalente del tren: } M_E = M_T + M_W (k^2/r^2)$$

Además, μ_T es el coeficiente de fricción del tren y μ_R es el coeficiente de fricción del cable.

Figura N° 6: Fuerzas inclinadas de un tren acarreado por cable

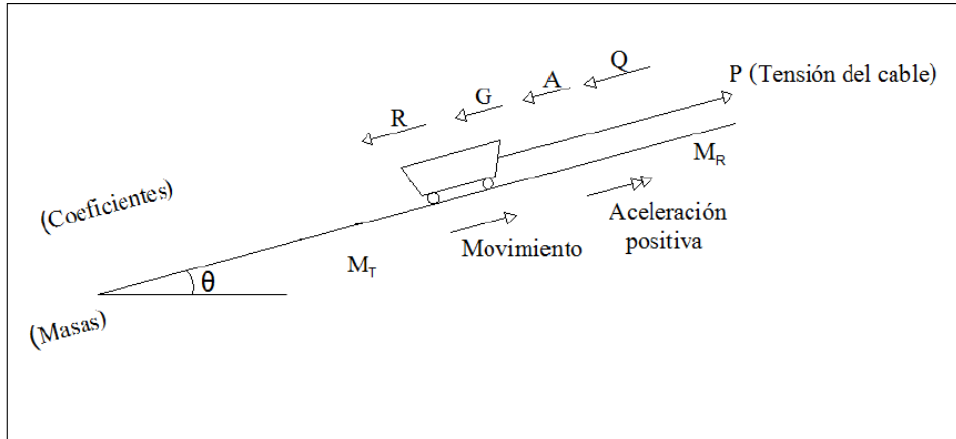


Fuente: Arias Calla, 2013

Es conveniente considerar a todas estas fuerzas como coeficientes multiplicados por el peso correspondiente y a usar $M_T g$ como el peso del tren para todos los coeficientes relacionados con el peso del tren, escribiendo $M_T g a = M_E a$, de tal manera que A , el coeficiente de aceleración es dado por $A = M_E a / M_T g$. De igual manera, el $\text{sen } \theta$ es igual a G , el coeficiente de gradiente, μ_T es igual a R , el coeficiente de resistencia del tren, y μ_R es igual a Q , el coeficiente de fricción del cable, además el $\text{cos } \theta$ es muy cercano a 1 para gradientes típicas.

La figura 13 muestra el mismo tren que en la figura 14 con los coeficientes y las masas asociadas usadas en el sistema.

Figura N° 7: Masas y coeficientes inclinados del acarreo de un tren con cable



Fuente: Arias Calla, 2013

Las resistencias R y Q son siempre opuestas al sentido del movimiento y A es siempre opuesta a al sentido de la aceleración (Por el principio de D'Alembert), donde G siempre actúa hacia la gradiente. La fuerza de inercia asociada al cable es, en realidad, $M_R a$ y no $M_R g A$ como se muestra en la figura, pero, de hecho, algunos de los rodillos de soporte van a tener que acelerarse en un movimiento giratorio, por lo que se debe considerar esta condición. (Arias Calla, 2013).

La tensión del cable se calculará con la siguiente expresión:

$$P = M_T g (G + A + R) + M_R g (G + A + Q) \dots (1)$$

Si A es el coeficiente calculado de una máxima aceleración, esta ecuación puede ser usada para hallar la tensión máxima de la cuerda, pero en el arranque el valor máximo de A no es, generalmente, conocido. Con el fin de considerar este criterio e incluir un tipo de factor de seguridad dinámico de 5 para la fuerza del cable, la ecuación puede ser simplificada como se ve a continuación:

S: Fuerza de ruptura de la cuerda.

$$S = 5Mg (A + G) \dots (2)$$

Donde $M = M_T + M_R$, y tanto R como Q son ignorados, ya que sus valores son mucho menores que A o G . El valor de A se asume que es 0.125 para cualquier propósito en general.

Esta parte es un reescrito de un método sugerido por Crook, A.E. Trans. Inst. Mining Engrs. 118, parte 4 (1959). (Crook, 1959)

Asimismo, de acuerdo al art. 301 (**Cap. VII TRANSPORTE, CARGA, ACARREO Y DESCARGA– subcap. III CABLES**) del Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, DS 024-2016-EM, en ningún caso los cables guías y los cables tractores podrán tener un coeficiente de seguridad inferior a cinco. Por tanto, esto concuerda con la teoría líneas arriba descrita. (MINEM, 2016)

Cálculos:

La determinación el cable óptimo a emplear se hará en base al izaje de mineral, ya que es donde se carga el mayor tonelaje (2.34 t) por viaje. Por tanto, se realizará un cálculo de la tensión que debe soportar el cable según las características de izaje.

Debido a que se va a usar un cable tipo "flattened strand", de diámetro "d" (cm), se utilizan las relaciones de masa y fuerza con el diámetro con las constantes de la tabla 13:

$$\text{Masa } m \text{ [kg/m]} = 0.41 d^2$$

$$\text{Fuerza } S \text{ [kN]} = 55 d^2$$

Entonces, se va considerar la ecuación (1) para realizar un cálculo más exacto, pero adicionándole el factor de seguridad de 5, como se observa en la siguiente expresión:

$$S = 5[MTg (G + A + R) + MRg (G + A + Q)]$$

Donde:

$$M_T = 2.34 \text{ t}$$

$$M_R = 70\text{m} \times 0.41 d^2 \times 1\text{t}/1000\text{kg} = 0.029d^2$$

Se asume que $A = 0.125$, y como $G = \text{sen}30 = 0.50$, $R = 0.01$, $Q = 0.1$, entonces:

$$55d^2 \dots \text{ [KN]} = 5 \times 9.81 [2.34 \times (0.5 + 0.125 + 0.01) + 0.029d^2 \times (0.5+0.125+0.1)]$$

Donde:

$$72,88 = 54.97d^2$$

$$d = 1.16 \text{ cm} \approx 12 \text{ mm}$$

El valor más cercano, de acuerdo a los tamaños estándares de cables de flattened o triangular strand, es de 13 mm, por lo tanto, se elige este tamaño de diámetro.

El valor de M_R , según la fórmula, para la longitud total de 70m de este cable es $0.055(1.3 \text{ cm})^2 = 92.95 \text{ kg} = M_R$, es decir, el valor de la masa $m = 0.41d^2 = 0.693 \text{ kg/m}$.

Por tanto, la fuerza de ruptura del cable $S = 55d^2 = 55 (1.3 \text{ cm})^2 = 92,95 \text{ kN}$, que a su vez también es la tensión máxima que se ejercerá sobre el cable

Tal como lo indica la bibliografía, para aplicar este resultado a un proyecto real se debe verificar la información con alguna tabla de un fabricante. En este caso, se corroborará estos resultados con el catálogo (Limache):

Para cables tipo "triangular strand"

Tabla N° 12: Datos de cable de alambre para minería del catálogo Wire & Rope Strand de A. Noble & Son LTD. pág. 27

Diámetro Nominal Mm	Masa aproximada 6x19 a 6x25 Kg/100m	Fuerza de ruptura mínima kN
13	70,7	112
14	82	130
16	105	164
18	132	206
20	164	255
22	200	312
24	237	369
26	276	432

Fuente: catálogo Wire & Rope Strand de A. Noble & Son LTD. pág. 27

De acuerdo a la tabla 14, se observa que el cable de 13mm tiene una masa de 0.707 kg/m y una fuerza de ruptura mínima de 112 kN. El valor de la masa del catálogo (0.707) es casi similar con lo calculado (0,693), y en cuanto a la fuerza, es mayor a la requerida por el sistema de extracción (112 y 92.95), exactamente, 19.05 kN más.

Entonces, en resumen, se escogerá un cable con las siguientes características:

Tabla N° 13: Resumen de características de cable óptimo para izaje

Tipo	Flattened – triangular Strand (de torones perfilados - triangulares)
Distribución de alambres	6x23 (6 x 10/12/Δ)
Dirección del corchado (Lay)	Lang's Lay (corchado directo)
Diámetro	13mm
Fuerza mínima de ruptura	112 kN

Fuente: Elaboración Propia

Máximo tonelaje por hora y por turno, N° de horas de izaje por turno:

Cuando se proyecta una instalación de extracción, se debe tener los siguientes parámetros para hallar la capacidad horaria de la instalación:

- Producción Anual (A): 600 t/mes x 12 meses: 7,200 t
- Profundidad del pozo (H): 70m

Entonces, la producción por hora de un pique para la extracción de carga (material) se obtiene por la siguiente fórmula:

$$Qh = \frac{c(A + a)}{dt}$$

Donde:

A: tonelaje anual de mineral extraído en el pique = 7200

a: tonelaje anual de material estéril extraído por el pique = 7200

d: número de días trabajado por año = 324

t: número de horas efectivas de trabajo de izaje por día = 10

c: coeficiente de irregularidad de la producción; 1.15 para extracción con skips y carros mineros.

Entonces, se reemplaza los valores en la fórmula para conseguir la capacidad horaria de extracción:

$$= [1.15(7200 + 7200) / 324 \times 10] = 5.11 \text{ t/h.}$$

Máximo tonelaje por turno

Debido a que la operación trabaja en dos turnos de 12 hrs de duración cada uno, pero con un tiempo efectivo de izaje de 5hrs por turno:

$$\text{Max}_{\text{ton/turno}} = 5.11 \text{ (t/hr)} \times 5 \text{ hrs} = 25.55 \text{ t/turno}$$

Número de horas por turno en izaje

El izaje se realizará durante 5 horas efectivas del turno de trabajo.

Número de turnos por día

La extracción de mineral y desmonte se realizará en dos turnos, cada uno de ellos con una duración de 12 horas, pero con tiempo de izaje efectivo de 5h.

Máximo Nº de viajes por hora requeridos en el Nv. Superior

Para mineral:

$$\text{N}^\circ \text{ max. (Viajes/hr)} = \frac{5.11 \text{ tn}}{\text{Hr}} \times \frac{1 \text{ viaje}}{1 \text{ carro}} \times \frac{1 \text{ carro}}{1.64 \text{ tn}} = 4 \text{ viajes/hr}$$

Se demorará 15 minutos por viaje.

Para desmonte:

$$\text{N}^\circ \text{ max. (Viajes/hr)} = \frac{5.11 \text{ tn}}{\text{Hr}} \times \frac{1 \text{ viaje}}{1 \text{ carro}} \times \frac{1 \text{ carro}}{1.26 \text{ tn}} = 5 \text{ viajes/hr}$$

Se demorará 12 minutos por viaje.

Para este estudio se trabajará con la situación más crítica que es la extracción con desmonte de 12 min/viaje. Pero a esta cantidad debemos restarle lo que se demora el equipo de extracción en el manipuleo de los carros mineros, que en promedio se estima en 45 seg tanto en el nivel superior como inferior, lo que suma 1 min 30 seg.

$$\text{Entonces } 12 \text{ min} - 1 \text{ min } 30 \text{ seg} = 10 \text{ min } 30 \text{ seg} \text{ ó } 10.5'$$

Entonces por cada viaje solamente se debe demorar 10.5' el carro minero en recorrer el pique inclinado ida y vuelta, es decir bajar el carro vacío y subir lleno. La distancia total es de $L=140$ mts. Ahora vamos a calcular la velocidad de la cuerda:

$$\text{Vel. Cuerda} = L/\text{tiempo total empleado por viaje} = 140 \text{ m}/10.5 = 13.33\text{m}/\text{min}.$$

$$\text{Vel. Cuerda} = 13.33\text{m}/\text{min} \times 1\text{pie}/0.3048\text{m} \times 1\text{min}/60\text{seg} = 0.72 \text{ pies}/\text{seg} \text{ ó } 0.22 \text{ m}/\text{seg}.$$

Diseño del tambor del winche a seleccionar

Dimensiones del tambor

Se usará un winche de tambor cilíndrico simple. Se escogió cilíndrico, ya que este tipo de tambor es el más óptimo para izajes para un solo nivel (no tienen niveles intermedios). Asimismo, es simple debido a que cuenta con un solo tambor.

De acuerdo al art. 277 (cap. III) del Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, DS 023-2017; la relación entre el diámetro del tambor y el cable debe ser de 48 a 1 cuando el diámetro del cable es menor a 25.4mm o menos, es decir, el caso del proyecto, donde el diámetro del cable a usar es 13mm, se tiene la siguiente relación:

$$\text{Diámetro del cable}/\text{diámetro del tabor} = 1/48 = 13\text{mm}/624\text{mm}$$

El diámetro del tambor del winche debe ser como mínimo de 0.624m.

Diagrama de izaje para winches con tambor cilíndrico

El Diagrama de carguío para izaje con winches de tambor cilíndrico muestra las potencias (en unidades kW) que se requiere para poder realizar el izaje de forma eficiente durante el ciclo de izaje. El ciclo está dividido por 4 tiempos de trabajo, los cuales son los siguientes:

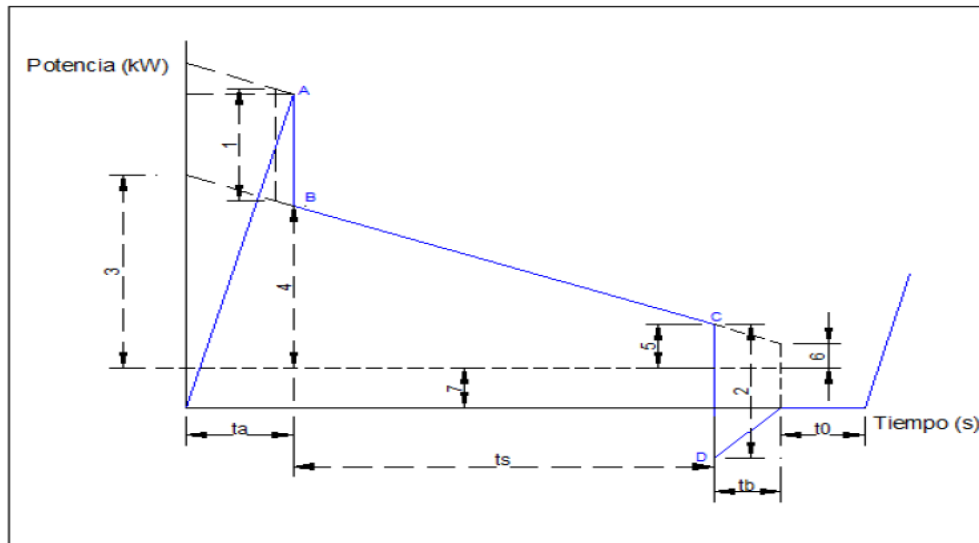
- I. Tiempo de aceleración (t_a)
- II. Tiempo de velocidad máxima (t_s)
- III. Tiempo de desaceleración (t_b)
- IV. Tiempo de descanso (t_0)

Existen cuatro puntos principales en el diagrama que representan los valores resultantes de las potencias requeridas por el izaje de acuerdo a los tiempos de trabajo mencionados líneas arriba. Estos puntos son denominan por las siguientes letras: A, B,

C y D. Para poder determinarlos, es necesario, en primer lugar, calcular las potencias (en kW) que el winche requiere para realizar el ciclo de izaje por periodos de trabajo y luego estos valores se relacionarán mediante fórmulas que se muestran más adelante para obtener las potencias resultantes.

Estos puntos (A, B, C y D) se muestran en la tabla Nro. 13:

Figura N° 8: Diagrama de potencia para un sistema no balanceado de extracción (Transporte y extracción en minas y a cielo abierto, Novitzky, 1965)



Fuente: Transporte y extracción en minas y a cielo abierto, Novitzky, 1965

A continuación, se muestra la tabla 14, que contiene las fórmulas para calcular los diagramas de izaje:

Tabla N° 14: Fórmulas para calcular diagramas de carguío en izajes con winches de tambor cilíndricos para piques verticales o inclinados (Gen Elec Co) – Cuadro modificado para unidades internacionales.

Periodo	Símbolo	Izaje no balanceado
Potencia de aceleración máxima (máxima).	(1)	$+ \frac{W'v^2}{32.2 \times 102 \times t_a}$
Potencia de desaceleración (máxima).	(2)	$- \frac{W'v^2}{32.2 \times 102 \times t_b}$
Potencia en el comienzo de aceleración (equivalente).	(3)	$+ \frac{(w + w_r + w_s)vsen\phi}{102}$
Potencia en la velocidad máxima en el final de la aceleración.	(4)	$+ \frac{(w + w_r + w_s - w_a)vsen\phi}{102}$
Potencia en la velocidad máxima al principio de la desaceleración.	(5)	$+ \frac{(w + w_s + w_b)vsen\phi}{102}$

Potencia al final de la desaceleración (potencia equivalente).	(6)	$+ \frac{(w + w_s)v \operatorname{sen} \phi}{102}$
Potencia por fricción (promedio) para piques inclinados.	(7)	$+7a + 7b + 7c$

Fuente: *Transporte y extracción en minas y a cielo abierto, Novitzky, 1965*

Para determinar los valores 7a, 7b, 7c del periodo (7), se muestran las fórmulas necesarias:

Componentes de fricción:

Tabla N° 15: Componentes de fricción

Descripción	Símbolo	Formula
Potencia fricción mecánica	7a	$+ \left(\frac{(w + w_s + 0.5w_r)v \operatorname{sen} \phi}{102} + 7b + 7c \right) x \left(\frac{1 - E}{E} \right)$
Potencia fricción de rodamiento	7b	$+ \frac{(w + w_s)v x 0.02 \cos \phi}{102}$
Potencia fricción de cable	7c	$+ \frac{(w_r) x 0.1 v \cos \phi^{**}}{102}$

Fuente: *Transporte y extracción en minas y a cielo abierto, Novitzky, 1965*

**Solamente al fondo del pique inclinado. El valor es cero al tope.

Para obtener estas potencias, es necesario antes definir los valores de las variables de la tabla 15, por lo que a continuación se muestra la lista de las nomenclaturas y sus respectivas descripciones:

Tabla n°16: Nomenclaturas y descripciones de las variables de las fórmulas de la tabla 15

Nomenclatura	Unidad	Descripción
W	Kg	Masa del material a manipular
w_s	Kg	Masa de los vagones (carros mineros)
w_r	Kg	Masa del cable = L x peso lineal del cable
w_a	Kg	Masa del cable enrollado durante la aceleración = $0.5 x (vt_a) x \text{ peso lineal del cable}$
w_b	Kg	Masa del cable enrollado durante la desaceleración = $0.5 x (vt_b) x \text{ peso lineal del cable}$
w_{r0}	Kg	Peso total del cable = $w_r + \text{ masa cable enrollado} + \text{ masa entre tambor y vagón}$
W_0	Kg	Masa equivalente de las partes en movimiento (para operaciones balanceadas y no balanceadas), reducido al radio del tambor, incluyendo engranajes, tambores con embragues, poleas, pero no la armadura del motor
W'	Kg	Masa total del sistema de izaje = $w + w_s + w_{r0} + W_0$
v	m/s	Velocidad máxima del cable
t	s	Tiempo de un viaje en un solo sentido, excluyendo

		paradas
t_a	s	Tiempo de aceleración
t_b	s	Tiempo de desaceleración
t_s	s	Tiempo de velocidad máxima
t_o	s	Tiempo de descanso
L	m	Trayectoria total del skip
\emptyset	Grados ($^{\circ}$)	Angulo de inclinación respecto a la horizontal
E		Eficiencia del mecanismo

Fuente: *Transporte y extracción en minas y a cielo abierto, Novitzky, 1965*

La eficiencia del mecanismo se calcula de la siguiente forma, según Peele:

$$E = 0.90 w / w + kW''$$

Donde:

$W'' = (w + w_s + 0.5w_r) \text{ sen}\emptyset + (w + w_s)0.02\text{cos}\emptyset + 0.10w_r\text{cos}\emptyset$ (para sistemas no balanceados)

$k = 0.05$ para piques inclinados y verticales

Fricción del carro o rodamiento: Un criterio conservador recomendado para condiciones promedio es 2%. Fricción del carro = masa a izar x 0.02 cos \emptyset .

La masa equivalente de las partes en movimiento (W') es la masa reducida de todas las partes en movimiento de la instalación de extracción, reducida al perímetro del arrollamiento o, en otras palabras, al radio del tambor. De acuerdo a las partes que se debe considerar, como indica en la tabla 18, en este caso solo se considerará la masa reducida del tambor, ya que para el presente proyecto no se utilizará poleas.

La masa reducida del tambor se calcula mediante la siguiente relación según Federov:

$$P_t = (132 + 75B). D_t^2$$

Donde

B: Ancho del tambor [m]

D_t : Diámetro del tambor [m]

Continuando con el procedimiento del diagrama de izaje, luego de determinar los valores de potencia por periodos de trabajos del ciclo de izaje, se procede a calcular los valores A, B, C y D. (Ver figura Nro. 11) Para esto, se utiliza las siguientes fórmulas:

$$\text{Potencia en A} = (1) + (7) + ((4) + 2x (3)) / 3$$

$$\text{Potencia en B} = (4) + (7)$$

$$\text{Potencia en C} = (5) + (7)$$

$$\text{Potencia en D} = (2) + (7) + ((5) + 2x (6)) / 3$$

Observaciones:

- (2) es siempre negativo y (7) es siempre positivo.
- Los cálculos pueden ser verificados de la siguiente manera:

a. El Ratio de trabajo neto realizado durante el izaje con el trabajo neto representado por la producción del ciclo de trabajo debe ser igual a la eficiencia mecánica.

b. La potencia para la aceleración y desaceleración deben ser iguales.

Determinación del diagrama de izaje

1° Asignamos y calculamos los valores de los componentes de la tabla 18

Tabla N° 17: Asignación y cálculo de valores de los componentes de la tabla 17

Nomenclatura	Cálculo	Valor	Unidad
W	$1.64 \text{ t} \times 2 \times 1000 \text{ kg/1 ton}$	3280	Kg
w_s	$700 \text{ kg} \times 1$	700	Kg
w_r	$70 \text{ m} \times 0.693 \text{ Kg/m}$	48.51	Kg
w_a	$0.5 \times 0.22 \text{ m/s} \times 7 \times 0.693 \text{ Kg/m}$	0.53	Kg
w_b	$0.5 \times 0.22 \text{ m/s} \times 7 \times 0.693 \text{ Kg/m}$	0.53	Kg
w_{r0}	$48.51 \text{ Kg} + (90\text{m} + 10\text{m}) \times 0.693\text{Kg/m}$	117.81	Kg
W_0	$(132 + 75 (0.450))0.258^2$	11.03	Kg
W'	$3280 + 700 + 117.81 + 11.03$	4108.84	Kg
V		0.22	m/s
T	$(70/0.22) + 0.5(7+7)$	325	Seg
t_a		7	Seg
t_b		7	Seg
t_s	$325 - (7+7)$	311	Seg
t_0		45	Seg
L		70	Mts
\emptyset		30	Grados (°)
E	$0.90(3280)/3280 + 0.5(2075.27)$	0.68	

Fuente: Elaboración Propia

2° cálculos de las potencias por periodos de la tabla 14...2605,19...3650,26

Tabla N°18: Cálculo de las potencias por periodos de la tabla 15

Periodo	Símbolo	Izaje no balanceado	Valor
Potencia de aceleración máxima (máxima).	(1)	$+\frac{W'v^2}{32.2 \times 102 \times t_a}$	0.0086
Potencia de desaceleración (máxima).	(2)	$-\frac{W'v^2}{32.2 \times 102 \times t_b}$	-0.0086
Potencia en el comienzo de aceleración (equivalente).	(3)	$+\frac{(w + w_r + w_s)vsen\emptyset}{102}$	4.34
Potencia en la velocidad máxima en el final de la aceleración.	(4)	$+\frac{(w + w_r + w_s - w_a)vsen\emptyset}{102}$	4.34

Potencia en la velocidad máxima al principio de la desaceleración.	(5)	$+ \frac{(w + w_s + w_b) v \text{sen} \phi}{102}$	4.29
Potencia al final de la desaceleración (potencia equivalente).	(6)	$+ \frac{(w + w_s) v \text{sen} \phi}{102}$	4.29
Potencia por fricción (promedio) para piques inclinados.	(7)	$+7a + 7b + 7c$	2.55

Descripción	Símbolo	Formula	Valor
Potencia fricción mecánica	7 ^a	$+ \left(\frac{(w + w_s + 0.5w_r) v \text{sen} \phi}{102} + 7b + 7c \right) \times \left(\frac{1 - E}{E} \right)$	4.34
Potencia fricción de rodamiento	7b	$+ \frac{(w + w_s) v \times 0.02 \text{cos} \phi}{102}$	0.15
Potencia fricción de cable	7c	$+ \frac{(w_r) \times 0.1 v \text{cos} \phi^{**}}{102}$	0.01

Fuente: Elaboración Propia

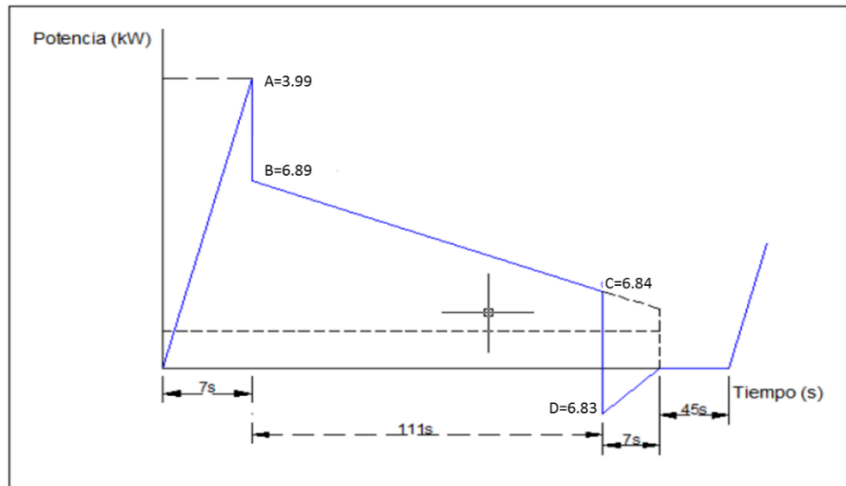
3° cálculo de los valores finales de potencias para cada punto en el diagrama de izaje
 Tabla N° 49: Cálculo de los valores finales de potencias para cada punto en el diagrama de izaje

Punto	Valor (en kW)	Tiempo (s)
A	6.89	7
B	6.89	7
C	6.84	311
D	6.83	311

Fuente: Elaboración Propia

Por último, se presenta el diagrama de izaje (de la figura 15) con los valores calculados:

Figura N°: 9 Diagrama de potencia para el sistema de extracción del proyecto de profundización.



Fuente: Elaboración Propia

4.2.3 Capacidad del motor del winche eléctrico

En este punto se podrá calcular la potencia necesaria que requiere el winche eléctrico para realizar el izaje de manera eficiente. Con este dato podremos definir el modelo del winche a utilizar.

Esta potencia es determinada por el Root Mean Square o RMS (por sus siglas en inglés) del ciclo de trabajo, es decir, la raíz de la media al cuadrado del ciclo de trabajo.

Este valor representa el requerimiento de izaje máximo continuo, el cual se determina mediante el uso de las letras correspondientes al diagrama de izaje de la figura 16, con la excepción que A y D incluyen la potencia requerida para acelerar y desacelerar el rotor del motor.

Para motores de winches que trabajan por con corriente alterna, que es el caso del presente proyecto, se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{RMS (kW)} = \frac{A^2 \times t_a + \frac{B^2 + C^2 + BC}{3} + t_s + D^2 \times t_b}{\frac{t_a}{2} + t_s + \frac{t_b}{2} + \frac{t_0}{4}}$$

Reemplazando los valores de A, B, C y D obtenidos, obtenemos el resultado:

$$\text{RMS (kW)} = \frac{6.89^2 \times 7 + \frac{6.89^2 + 6.84^2 + (6.89 \times 6.84)}{3} + 311 + 6.83^2 \times 7}{\frac{7}{2} + 311 + \frac{7}{2} + \frac{45}{4}} = 16.04$$

Ya que el RMS de un ciclo de trabajo junto con los requerimientos de sobrecarga establece el requerimiento del motor, no se puede determinar esta sobrecarga de manera precisa hasta que la inercia de la armadura (rotor) sea conocida, por tanto, es necesario estimar la inercia luego de haber calculado el RMS, ya sea por inspección del ciclo o por el RMS calculado sin haber considerado el efecto de la armadura. Este último se considerará para este caso, donde se multiplicará el RMS por un factor en porcentaje para incluir el valor de la inercia y obtener el resultado final.

Entonces, la máxima potencia requerida para acelerar el rotor del motor en 1 segundo se determina de la siguiente manera:

Para motores que trabajan con corriente alterna se multiplica el RMS por un 125%.

Por tanto:

$$\text{Potencia máxima} = 125\% \times 15.84\text{KW} = 19.89 \text{ KW} \approx 20 \text{ KW}$$

Se encuentra el valor comercial de 20KW en potencias de winches de izajes, por lo que se redondea a este valor

Entonces las características finales que deberá tener el winche eléctrico requerido son los siguientes:

Tabla N° 20: Características técnicas del winche eléctrico requeridas para el sistema de izaje.

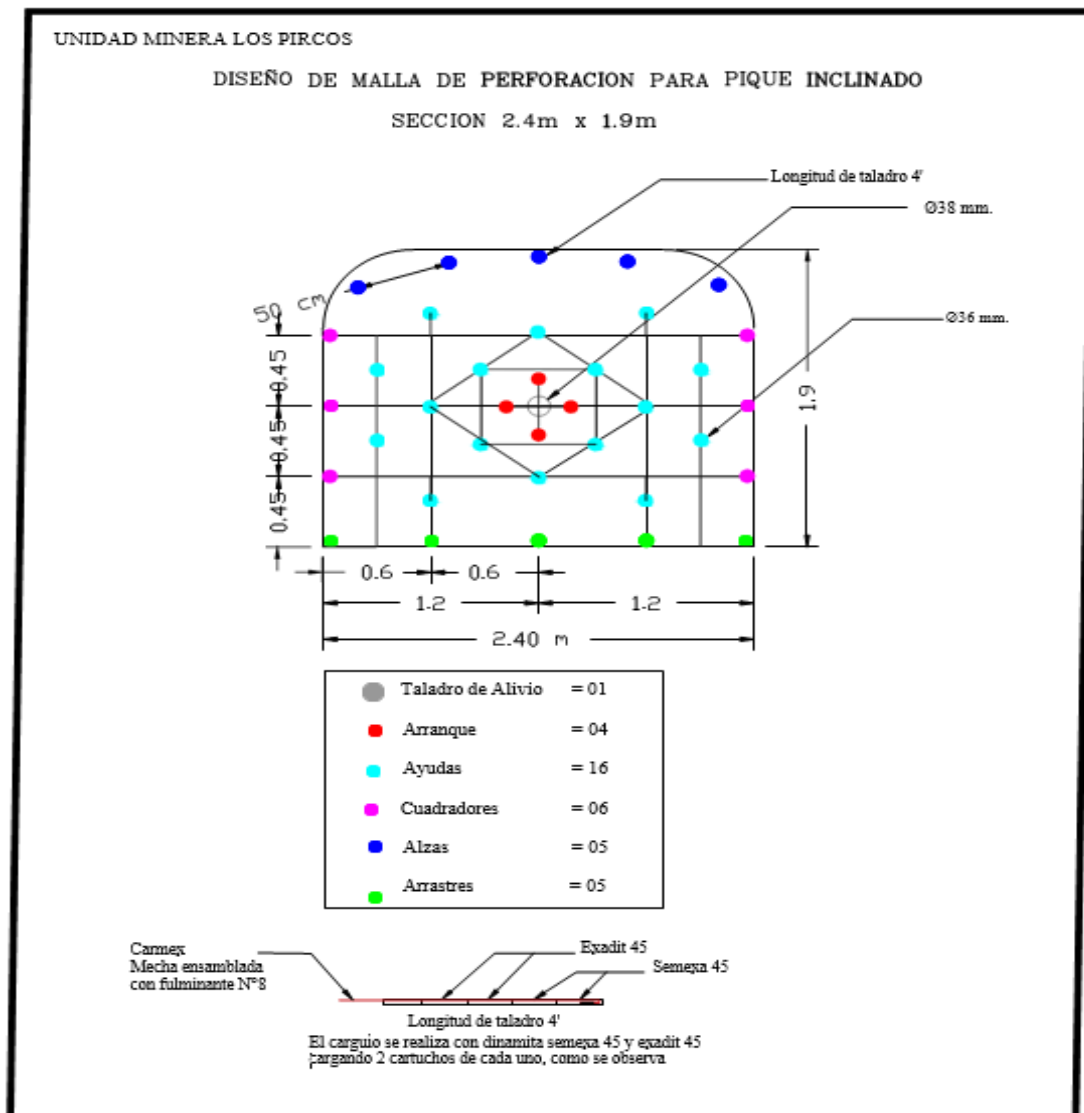
Peso total a izar	2.5 t
Capacidad de enrollamiento (velocidad de la cuerda)	13.2 m/min (0.22 m/s)
Potencia requerida	20kW (27 hp)
Diámetro mínimo del tambor	62.4 cm
Sistema del motor	Trifásico

Fuente: Elaboración Propia

4.2.4 Diseño de malla de Perforación en el pique inclinado

La sección del pique a ejecutar tiene 2.4 x 1.9 m, por lo que a continuación proponemos el diseño de malla a utilizar para la perforación:

Figura N°10: Diseño de Malla de Perforación.



Fuente: U.M.Pircos - área de Operaciones

4.2.5 Sistema de voladura

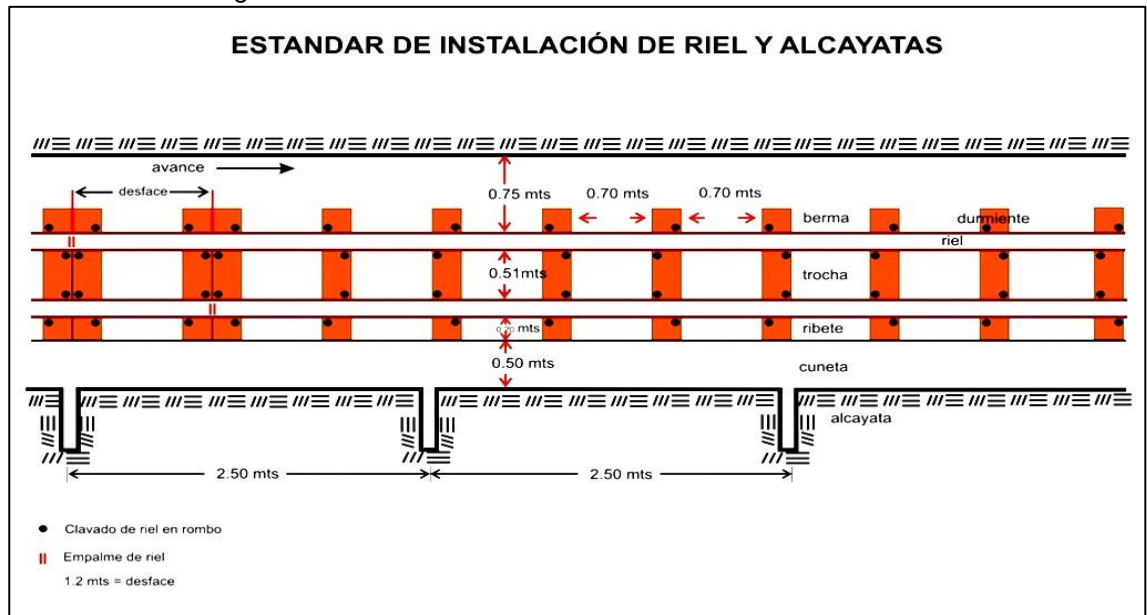
Para la voladura de acuerdo a las voladuras que vienen realizando en los niveles superiores, se propone emplear dinamita de tipo: Semexa 45 y Exadit 45 (especificaciones se encuentran en anexos), que van a ser activados por un fulminante N°8 que viene ensamblado a la mecha lenta y conector simple, estos tres elementos

juntos tienen el nombre de Carmex, también se va a utilizar mecha rápida Ignicord, el cual va a seguir la secuencia ya establecida en el diseño de malla de perforación. (Exsa, 2005)

4.2.6 Diseño de Transporte por medio de Rieles

La unidad minera Los Pircos cuenta con un sistema de rieles de 35 lb/yd para transportar el material, los cuales están instalados y fijados con clavos de riel sobre los durmientes, este mismo estándar se va a aplicar para la instalación de rieles en el pique inclinado con la diferencia de que no vamos a tener cuneta ni alcayatas, todo esto con la finalidad de que el ascenso y descenso del carro minero U35 no tenga inconveniente alguno. En la siguiente figura se muestra como es el diseño para la instalación de riel:

Figura N° 11: Estándar de Instalación de Riel



Fuente: U.M.Pircos - área de Operaciones

Se puede observar:

El clavado en forma de "coco", durmientes de 15x15x70 cm separados a 70 cm de distancia de borde a borde, debe haber un desfase mínimo entre rieles de 50cm.

4.3 Evaluación económica de la ejecución del pique inclinado 073 en la unidad minera los pircos

4.3.1 Costos.

En este capítulo vamos a detallar los costos de operación de profundización del sistema de extracción, no obstante, cabe mencionar que el proyecto nos permitirá la evaluar la

continuidad del pique después de los 70 m, posteriormente valorizaremos los tajeos propuestos.

Presentamos la información propuesta para la ejecución del pique inclinado:

Tabla N° 21: Parámetros del proyecto

Ancho de labor (mt)	2.40
Alto de labor (mt)	1.90
Área (mt ²)	4.56
Taladros perforados	37
Taladros cargados	36
Long. Barra. (mt)	1.22
Efic. Perf. (93%). (mt)	1.13
Efic. Volad. (65%). (mt)	0.79
Avance por disparo (mt)	0.79
Rotura (volumen(mt ³) /disparo)	2.84

Fuente: Elaboración propia

Observamos de acuerdo a la tabla que podríamos obtener avances de 0.79 metros por disparo, con esta información determinamos los siguientes cuadros.

Costo de mano de obra:

Tabla N° 22: Costo de mano de obra

MANO DE OBRA						
OBREROS	CANTIDAD (hrs)	TAREAS (efic.)	SUELDO	JORNAL S/	COSTO (S)/disparo	COSTO (S)/mt
Maestro perforista	3.90	0.98	S/. 1,650.00	S/. 56.00	S/. 27.30	
Ayudante perforista	3.90	0.98	S/. 1,410.00	S/. 47.00	S/. 22.91	
Bodeguero/Mecánico	0.50	0.13	S/. 1,350.00	S/. 45.00	S/. 2.81	
Capataz	1.00	0.25	S/. 2,310.00	S/. 77.00	S/. 9.63	
SUB-TOTAL	9.30	2.33			S/. 62.65	
BENEFICIOS SOCIALES	0.99				S/. 61.89	
TOTAL, OBREROS					S/. 124.54	157.64

Fuente: Elaboración propia

Equipo de protección personal:

Tabla N° 23: Equipo de protección personal

EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL						
DESCRIPCION	UND	CANTIDAD (hrs)	PRECIO S/	V. Util	COSTO (S)/disp.	COSTO (S)/mt
Casco Minero C/ Portalampara-Cordón y	pza	3.90	57.00	540.00	0.41	

Rachet rojo + Tafilite para casco minero						
Barbiquejo para cascos s/mentonera c/gancho clips plásticos	pza	3.90	1.00	180.00	0.02	
Guantes de cuero c/amarillo mod. mixto con ribete 9.5''	par	1.95	11.00	15.00	1.43	
Guantes de neoprene manga larga	par	1.95	26.18	15.00	3.40	
Correa portalámparas	pza	3.90	6.87	300.00	0.09	
Botas de jebe	par	3.90	52.50	180.00	1.14	
Mameluco c/logo AR	pza	3.90	47.00	180.00	1.02	
Respirador de dos vías antipolvo	pza	3.90	61.67	180.00	1.34	
Filtros para respirador antipolvo	par	3.90	8.53	20.00	1.66	
Lentes c/luna clara de policarbonato	pza	0.00	5.93	120.00	0.00	
Casaca de tela enjebada	pza	1.95	49.11	120.00	0.80	
Pantalón de tela enjebada	pza	1.95	45.77	120.00	0.74	
Tapón de oído estándar	par	1.95	4.23	120.00	0.07	
Lámpara minera KL-5M Portable M.Wisdom C/Cargador Metálico	pza	3.90	187.81	360.00	2.03	
Árnes de Seguridad y Línea de Vida	pza	1.95	146.00	270.00	1.05	
TOTAL, EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL			710.60		15.21	19.25

Fuente: Elaboración propia

Equipo de perforación:

Tabla N° 24: Equipo de perforación

EQUIPO DE PERFORACIÓN							
DESCRIPCION	PRECIO S/.	REPUESTOS	V. UTIL	COSTO (S)/mt.	Pies Perf.	Mt. Perf.	COSTO (S)/mt
Perforadora Jack Leg	12000.00	1	100000.00	0.84	160.00	48.77	
TOTAL, EQUIPO DE PERFORACION				0.84	160.00	48.77	51.66

Fuente: Elaboración propia

Herramienta, materiales y accesorios de perforación:

Tabla N° 25: Herramienta, materiales y accesorios de perforación

HERRAMIENTAS MATERIALES Y ACCESORIOS DE PERFORACION							
HERRAMIENTAS	UND	CANTIDAD	PRECIO (S/)	V. UTIL	COSTO (S)/disp.	COSTO (S)/mt	
Llave stilson 14"	Pza	1	49.41	120.00	0.41		
Barretilla 4'	Pza	1	50.49	180.00	0.28		
Barretilla 6'	Pza	1	34.66	180.00	0.19		
Barretilla 8'	pza	1	65.29	180.00	0.36		
Cucharilla	pza	1	19.62	120.00	0.16		
Pintura spray	fco	1	6.11	10.00	0.61		
Guiadores	und	4	0.36	120.00	0.01		

Ensunchadora	pza	1	383.90	180.00	2.13		
Grapas band it	und	2	0.92	20.00	0.09		
Cinta band it	mt	0.2	3.24	20.00	0.03		
Punzón	und	1	13.28	360.00	0.04		
Flexómetro	und	1	9.16	90.00	0.10		
Aceite Almo 529 (mobil)	gal	0.3	35.46	1.00	10.64		
Manguera de 1/2"	mt	30	4.19	180.00	0.70		
Manguera de 1"	mt	30	10.89	180.00	1.81		
Corbina para madera	pza	1	20.50	240.00	0.09		
Combo 4 lbs	pza	2	13.55	240.00	0.11		
Puntas	pza	2	5.80	120.00	0.10		
Mochillas lona	pza	2	55.22	180.00	0.61		
SUB TOTAL HERRAMIENTAS, MATERIALES						18.49	23.40
ACEROS	CANTIDAD	PRECIO S/	Pies Perf.	Mt. Perf.	V. Util	COSTO (S)/disp.	COSTO (S)/mt
Barreno cónico de 7/8" x 2'	1	162.27	80	24.38	1500	2.64	
Barreno cónico de 7/8" x 4'	1	218.37	160	48.77	1500	7.10	
Broca descartable 38 mm	1	74.838	160	48.77	500	7.30	
SUB TOTAL ACEROS						14.40	18.23
TOTAL, HERRAMIENTAS MATERIALES Y ACCESORIOS							41.63

Fuente: Elaboración propia

Consumo de Agua

Tabla N° 26: Consumo de Agua

CONSUMO DE AGUA							
DESCRIPCIÓN	lt/min	min/tal	lt/tal	Taladros	Total, litros	Costo por litro	COSTO (S) /mt
	3.5	0.85	2.975	40	119	0.08	9.52

Fuente: Elaboración propia

Enmaderado, limpieza, acarreo y transporte:

Tabla N° 27: Enmaderado, limpieza, acarreo y transporte

ENMADERADO, LIMPIEZA, ACARREO Y TRANSPORTE							
EQUIPOS	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO S/	V. Útil	COSTO (S)/disp.	COSTO (S)/mt	
Puntales 6" diamt x 3 mt	Und	0.8	25	30	0.67		

Clavos 5"	Kg	2	3.99	30	0.27	
Escaleras 12 peldaños	Und	0.2	63	30	0.42	
Durmiente 4"x5"x1mt	Und	0.75	11	30	0.28	
Tablas de 2"x8"x3mt	Und	0.25	28	30	0.23	
Liston 3"x2"x3mt. (descanso)	Und	2	12	30	0.80	
Carro minero U-35 + 10% repts.	Und	3	1430	540	7.94	
Locomotora	Und	0.5	33900	3000	5.65	
TOTAL, EQUIPO DE PERFORACIÓN Y ACARREO					16.26	20.58

Fuente: Elaboración propia

Material para voladura

Tabla N°28: Material para voladura

MATERIAL PARA VOLADURA						
EXPLOSIVOS	UNIDAD	TALADROS	CANTIDAD	PRECIO S/	COSTO (S)/disp.	COSTO (S)/mt
Exadit 7/8 x 7 45%	Cartucho	39	2	0.643	50.15	
Semexa 7/8 x 7 45%	Cartucho	39	2	0.706	55.07	
Detonador ensamblado 5'	Und	1	39	1.592	62.09	
Mecha Rápida	Mt	1	10	1.268	12.68	
TOTAL, EXPLOSIVOS					179.99	227.84

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, sumando todos los costos, obtenemos:

Tabla N°29: Total Costo

SUB TOTAL COSTOS DIRECTOS	528.12
UTILIDAD 10%	52.81
COSTO POR METRO LINEAL	580.93

Fuente: Elaboración propia

Entonces el costo es de 580.93 por metro. Para este estudio se considera 70 metros de laboreo, entre los niveles 2000 y 1950.

El costo de operación total es de $580.93 \times 70 = \text{S/ } 40\,665.10$

* Costo del dólar al 10/09/18 = 3.33

Costo en dólares: $\text{S/ } 40\,665.10 / 3.33 = \$ 12,211.74$

4.3.2 Evaluación Económica Del Pique

Una vez calculado los costos procedemos a determinar el ingreso mensual de la venta del mineral del pique. El tonelaje a extraer del pique suma 890.57 toneladas de mineral. El tiempo estimado para extraer 3 meses a un ritmo de 9.89 TD ó 296.86 t/mes. El costo del mineral por tonelada es de \$ 1,209.6. Mediante datos proporcionados por el área de

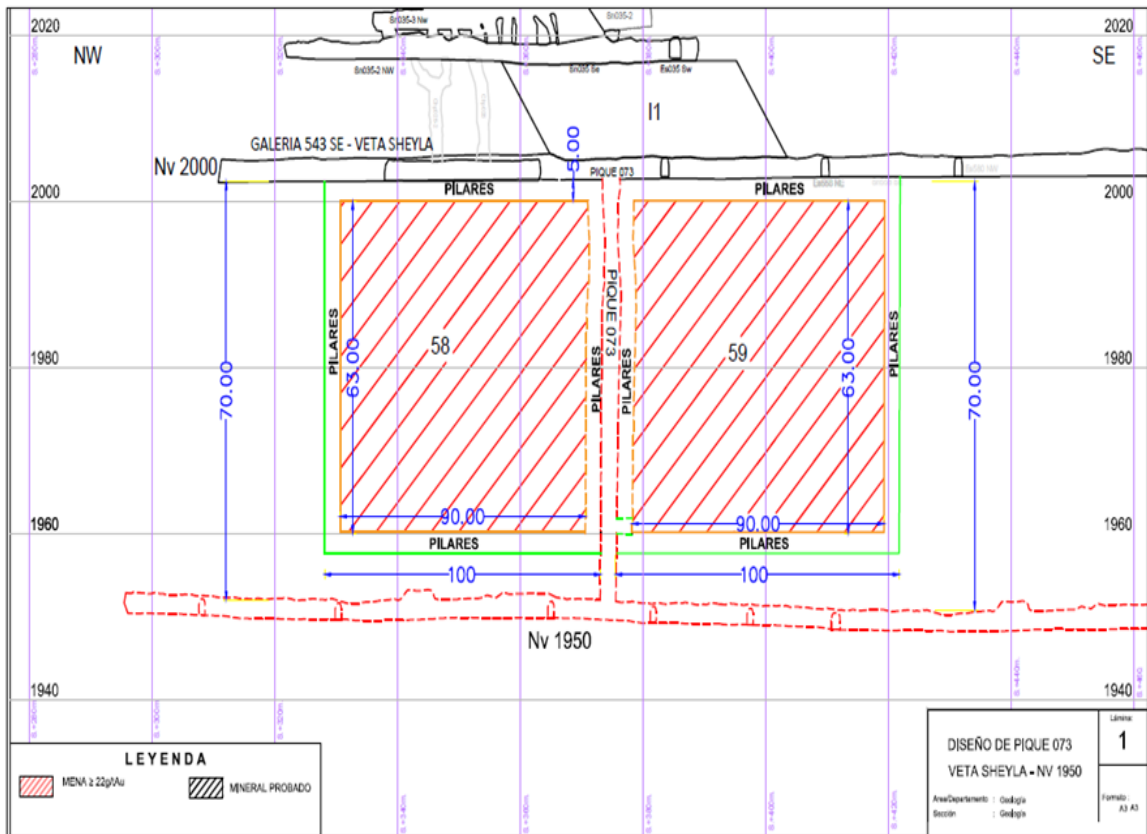
Geología, que obtienen datos mediante perforación y obtención de testigos "Packsack", se tiene lo siguientes datos:

Tabla N°30: datos del pique inclinado

DATOS DEL PIQUE		
Descripción	Unidades	Medidas
Ancho	M	2.40
Altura	M	1.90
Longitud	M	70.00
ρ del Mineral	t /m ³	2.79
Total de Tn :		890.57

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 22: Cubicación de Reservas



Fuente: Pircos – Elaboración propia

Tabla N° 31: Datos del pique inclinado

COSTO Y TONELAJE DE MINERAL				
DATOS	MES 0	MES 1	MES 2	MES 3
COSTO / Tn	\$ 12,211.74	\$ 4,070.58	\$ 4,070.58	\$ 4,070.58
TONELAJE	890.57	296.86	296.86	296.86

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 32: Inversión del proyecto

INVERSION INICIAL DEL PROYECTO	
EQUIPOS	INVERSION INICIAL
PERFORADORA JACK LEG	\$ 2,750.00
WINCHE NEUMATICO 10HP	\$ 1,382.00
CARRO MINERO U35	\$ 1,908.00
TOTAL:	\$ 6,040.00

Fuente: Elaboración propia

4.3.3 CALCULO DEL VAN Y TIR

FORMULACION DE DATOS

FC1= \$ 5,066.91
 FC2= \$ 3,850.91
 FC3= \$ 3,293.92
 n= 3 Meses
 i = 15% tasa de interés
 lo= \$ 6,040.00

Tabla N° 33: Inversión del proyecto

	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3
FLUJO DE EFECTIVO	\$-6,040.00	\$ 5,066.91	\$ 3,850.91	\$ 3,293.92
TASA DE INTERES	15% MENSUAL			
VAN		\$ 4,406.01	\$ 2,911.84	\$ 2,165.81
VAN	\$ 3,443.66			
TIR	50%			

Fuente: Elaboración propia

El VAN es \$ 3,443.66 (positivo). Como este van es positivo, nos indica que el proyecto es viable.

TIR de esta operación es de 50 % superior al 15 % la tasa interna de retorno sería de un 50% inversión y se recuperara en 1.5 meses.

Costo / beneficio de proyecto es 1.75 esto nos dice que por 1.75 dólar invertido, se gana se gana 0.75 dólares.

DISCUSIÓN

Consideramos que a partir de este diseño propuesto para la profundización del pique 073 en la Unidad Minera Los Pircos, es factible su construcción, cumpliendo con todos los estándares de seguridad como lo exige el reglamento presente. Por lo que nuestra hipótesis confirma que la producción se incrementará, como también se refleja en los estudios presentados por Mercado (2015), Calla (2013) y Medina (2014) quienes señalaron que la profundización de un pique bien diseñado, permite extraer bloques de mineral por debajo de los niveles trabajados y así mantener la producción o incluso alargar el tiempo de vida de la mina.

CONCLUSIONES

- Se determinó el RMR de la roca en el punto seleccionado para empezar el pique teniendo un valor de 69, que nos da como resultado una roca buena, el cual nos indica que no requiere sostenimiento, sin embargo por temas de seguridad se va a colocar puntales de caja cada 5 metros y Split set donde se requiera.
- Se diseñó el sistema de extracción del pique inclinado 073, el cual requerirá un winche de 27 Hp para realizar el izaje de un carro minero U35, que va ascender por una sección de 2.4 x 1.9 m, con un ángulo de inclinación de 30, de longitud de 70 m
- a una velocidad de 0.22m/s, el tambor del winche debe tener un diámetro de 62.4cm como mínimo de acuerdo a lo estipulado en el reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería.
- Se diseñó la malla de perforación con la cual vamos a ejecutar la profundización del pique, trazando 37 taladros incluido el de alivio en donde se va a utilizar dinamita: Semexa 45 y Exadit 45 cargando 2 cartuchos de cada uno por cada taladro, también se utiliza Carmex que está compuesto de un fulminante N°8, mecha de seguridad (1.5mts), y un conector simple, por último se utiliza mecha rápida (Ignicord) para iniciar la voladura.
- La evaluación económica realizada de manera específica para este proyecto nos indica que es viable y a la vez rentable (VAN: \$ 45,985.85 TIR: 50% C/B: 1.75); el periodo de retorno inicial es de 1.5 meses ya que en el mes y medio recupera los \$ 6,040.00 que se invertirá en la preparación del pique.

RECOMENDACIONES

- Recomendamos al titular de la Unidad Minera Los Pircos implementar este diseño de sistema de extracción mediante la construcción del pique inclinado, el cual cumple con todos los requisitos operativos y de seguridad, para incrementar la producción.
- Se recomienda continuar con el desarrollo del Nv 1950 para explorar la continuidad de la veta mediante perforaciones diamantina y de ser positiva diseñar otro pique inclinado para facilidad de la extracción del mineral.
- Se recomienda realizar análisis geomecánico cada 10 metros de avance para tener control acerca de la estabilidad del pique inclinado.
- Se recomienda dejar pilar cada 5 metros para evitar desestabilidad de cajas.
- Recomendamos que se realice un control topográfico por cada 2 metros de avance del pique con la finalidad de evitar desviaciones y producir costos adicionales.

REFERENCIAS

Arias Calla, L. D. (2013). *PLANEAMIENTO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN DEL PROYECTO DE PROFUNDIZACIÓN DE LA U.O SAN BRAULIO UNO.*

Compumet. (2006). *Sistema de Izaje en minería Subterránea Piques y Winches* . Lima - Perú.

Crook, A. (1959). Inst. Mining Engrs.

Compumet. (2008). *Sistema de Izaje en minería Subterránea Piques y Winches* . Lima - Perú.

Ercilla, S. B., García, E. B., & Muñoz, C. G. (2003). *Física General*. Madrid: Tébar S.L.

Exsa. (2005). *Manual de Voladura* . Lima.

MINEM. (2014). *D.S. 024. Capítulo VII Transporte, Carga, Acarreo y Descarga- Subcapítulo III Cables*. Lima, Perú.

Gilberto, C. V., & Mirton, C. R. (2009). *Estudio de Geología*. Cajamarca.

JAUREGUI MERCADO, I. R. (2015). *ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO DE LA PROFUNDIZACIÓN MEDIANTE EL PIQUE INCLINADO 043 NIVELES 18 AL 20 VETA ESPERANZA - MINA CASAPALCA*. Arequipa.

Limache, I. d. (s.f.). División Cables de Acero.

Compumet. (2010). *Sistema de Izaje en minería Subterránea Piques y Winches* . Lima - Perú.

Medina Ayque, A. (2014). *SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE MINERAL DEL PIQUE 718 CON WINCHE DE IZAJE E INCREMENTO DE PRODUCCIÓN EN LA MINA CALPA - AREQUIPA*. Puno.

MINEM. (2016). *D.S. 024. Capítulo VII Transporte, Carga, Acarreo y Descarga- Subcapítulo III Cables*. Lima, Perú.

Monge, F. L. (2005). *Comercialización de Minerales Auríferos y Metales Preciosos*. Lima-Perú.

Pircos, À. d.-M. (2017). *Estudio Geomecánico*. Cajamarca.

Portal, W. (2018). *Diseño del Pique inclinado 073*. Cajamarca.

Díaz, R. (2018). *Diseño del Pique inclinado 073*. Cajamarca.

ANEXOS

Anexo N° 1 Pruebas de Carga Puntual en el Laboratorio UPN



Anexo N° 02 hoja de campo para la clasificación del maciso rocoso del Pique.

Anexo N° 03 Plano de la sección del pique cara libre.

Anexo N° 04 Plano de frente del pique.

Anexo N° 05 Análisis Ge- mecánico de la zona a diseñar el pique



Anexo N° 06 Sección de Galería Nv. 2000, punto donde se va a realizar el pique



Anexo N° 07 Malla de Perforación Unidad Minera Los Pircos



Anexo N° 08 Sistema de Rieles en Unidad Minera Los Pircos



Anexo N° 09
Dinamita Semexa



SEMEXSA

Dinamita desarrollada para minimizar los costos de chancado así como los asociados a la realización de voladuras secundarias en terrenos de roca semidura a dura al proporcionar una buena fragmentación del macizo rocoso. Es ideal para el carguío de taladros en terrenos fracturados que presentan dificultad gracias a su excelente simpatía y sensibilidad que contribuyen a reducir los tiempos de manipulación y carguío del explosivo.

Recomendaciones de uso:

- Aplicable para voladura de roca semidura.
- Recomendable en taladros de arranque, producción y arreastro.
- Para iniciar, utilizar detonador N°8 como mínimo.
- No abrir o amasar los cartuchos.
- Para consideraciones de seguridad en su manipulación y almacenamiento, consultar hoja de seguridad de Exsa.

Características técnicas

Especificaciones Técnicas	Unidades	Semexsa 45	Semexsa 65	Semexsa 80
Densidad	g/cm ³	1,08 ± 3%	1,12 ± 3%	1,18 ± 3%
Velocidad de detonación *	m/s	3,800 ± 200	4,200 ± 200	4,500 ± 200
Presión de detonación**	kbar	87	94	125
Energía**	KJ/kg	3,060	3,130	3,230
RWS **	%	83	85	87
RBS **	%	108	118	126
Resistencia al agua		Buena	Buena	Excelente
Categoría de humos		1 era	1 era	1 era

* Sin confinar en tubo de hojalata de 30 mm de diámetro.
** Calculadas con programa de simulación TERMODET.

Presentación y empaque

Cartuchos de papel kraft, dispuestos en bolsas plásticas y empaquetados en cajas de cartón corrugado.

Peso Neto	25 kg
Peso Bruto	26.3 kg
Dimensiones de caja	Ext. 35 x 45 x 28 cm
Material	Caja de cartón corrugado

Producto	ulg	UN/Caja	Masa g/UN
SEMEXSA 45	1 1/2	12	122
SEMEXSA 45	7/8	7	316
SEMEXSA 65	1 1/2	12	68
SEMEXSA 65	7/8	7	308
SEMEXSA 80	1 1/2	8	164
SEMEXSA 80	7/8	7	292

En las condiciones mencionadas podrá haber variaciones en el número peso de los cartuchos para mantener el estándar de 25 kg/caja.



Almacenamiento y garantía

Conservado en su empaque original y almacenado en condiciones de temperatura y humedad normales, conforme a las normativas vigentes, el producto está garantizado por 60 meses, después de su fecha de fabricación.

Transporte
CLASE: 1
DIVISIÓN: 1.1 D
N° ONU: 0081



Para otros formatos de cartuchos preguntar a Exsa.

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Estos explosivos han sido inspeccionados y encontrados en buen estado antes de ser empaquetados y/o entregados. Se deben almacenar en un lugar fresco, seco y bien ventilado, así como manipularse y transportarse de conformidad con las disposiciones legales vigentes. Por consecuencia, desde su entrega a los compradores, el fabricante se será responsable por su seguridad y por la obtención de los resultados que se busquen, ya sean estos seguros o inseguros. La totalidad del riesgo y de la responsabilidad, cualquiera sea su naturaleza, y por acción, omisión, daños a la propiedad o personas (incluyendo a la muerte) ya sean estos directos, indirectos, especiales y/o consecuentes o de cualquier otro tipo derivado del uso de estos explosivos, es de los compradores desde la entrega de los mismos.

Anexo N° 10
Dinamita Exadit



EXADIT

Dinamita diseñada para optimizar la eficiencia en la explotación de tajos de producción en roca suave a semidura. Por su buen poder rompedor y alto empuje es ideal para realizar voladuras controladas.

Recomendaciones de uso:

- Aplicable para voladura de roca intermedia a dura.
- Recomendable en obras donde es necesario mover un gran volumen de material poco consolidado o pre facturado.
- Para iniciar, utilizar detonador N°8 como mínimo.
- No abrir o amasar los cartuchos.
- Para consideraciones de seguridad en su manipulación y almacenamiento, consultar hoja de seguridad de Exsa.

Características técnicas

Especificaciones Técnicas	Unidades	Exadit 45	Exadit 65
Densidad	g/cm ³	1,02 ± 3%	1,05 ± 3%
Velocidad de detonación *	m/s	3,400 ± 200	3,600 ± 200
Presión de detonación **	kbar	73	82
Energía**	KJ/kg	3,000	3,010
RWS **	%	82	83
RBS **	%	100	105
Resistencia al agua		Nula	Nula
Categoría de humos		1 era	1 era

* Sin confinamiento en tubo de hojalata de 30 mm de diámetro.

** Calculadas con programa de simulación TERMODET.

Presentación y empaque

Cartuchos de papel kraft, dispuestos en bolsas plásticas y empaquetados en cajas de cartón corrugado.

Peso Neto	25 kg		
Peso Bruto	26,3 kg		
Dimensiones de caja	Ext. 35 x 45 x 28 cm		
Material	Caja de cartón corrugado		
Producto	pulg	UN/Caja	Masa g/UN
EXADIT 45	7/8	7	328
EXADIT 65	7/8	7	320
			78

En las cantidades mencionadas podrá haber variaciones en el número y peso de los cartuchos para mantener el estándar de 25 kg/caja.

Para otros formatos de cartuchos preguntar a Exsa.

Exclusión de responsabilidad

Estos explosivos han sido inspeccionados y encontrados en buen estado antes de ser embalados y/o entregados. Se deben almacenar en un lugar fresco, seco y bien ventilado, así como manipularlos y transportarlos de conformidad con las disposiciones legales vigentes. Por consiguiente, desde su entrega a los compradores, el fabricante no será responsable por su seguridad o por la obtención de los resultados que se busquen, ya sean estos expresos o implícitos. La totalidad del riesgo y de la responsabilidad, cualquiera sea su naturaleza, por accidentes, pérdidas, daños a la propiedad o personas (incluyendo la muerte), ya sean estos directos, indirectos, especiales y/o consecuentes o de cualquier otro tipo derivado del uso de estos explosivos, es de los compradores desde la entrega de los mismos.



Almacenamiento y garantía
Conservado en su empaque original y almacenado en condiciones de temperatura y humedad normales, conforme a las normativas vigentes, el producto está garantizado por 60 meses, después de su fecha de fabricación.

Transporte
CLASE: 1
DIVISIÓN: 1.1 D
N° ONU: 0081



Anexo N° 11 Calibración de Equipo Carga Puntual