

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**  
**ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**T E S I S**

**Excavación de chimenea de ventilación mediante la plataforma  
trepadora Alimak STH-5E en mina AGROMIN "La Bonita"**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero de Minas**

**Autor:**

**Bach. Hugo Vladimir LOPEZ TORRES**

**Asesor:**

**Ing. Toribio GARCIA CONTRERAS**

**Cerro de Pasco - Perú – 2023**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**  
**ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**T E S I S**

**Excavación de chimenea de ventilación mediante la plataforma  
trepadora Alimak STH-5E en mina AGROMIN "La Bonita"**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

**Mg. Edwin Elias SANCHEZ ESPINOZA**  
**PRESIDENTE**

---

**Mg. Joel Enrique OSCUVILCA TAPIA**  
**MIEMBRO**

---

**Ing. Julio César, SANTIAGO RIVERA**  
**MIEMBRO**

## **DEDICATORIA**

A mis padres, Hugo y Mari, por la estricta enseñanza en cada paso que doy para de ser mejor persona y profesional.

A mis abuelos, Fabian y Aurelia, que desde el cielo derraman bendiciones y son mi fuerza espiritual.

A mis hermanos Waldir y Maricielo, por todo su apoyo incondicional, espero les sirva de ejemplo de que todo se puede lograr.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi familia, especialmente a mis padres y a mi hermano, quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y superación y por estar siempre a mi lado, apoyándome incondicionalmente en todos mis proyectos. A mi asesor y docentes de mi alma mater, por su gran ayuda en el proyecto y apoyo personal. Por estar siempre a mi lado, en los días buenos y en los no tan buenos que han acompañado este camino.

## RESUMEN

En la presente investigación se tiene como objetivo general determinar la influencia en la excavación de chimenea de ventilación mediante la plataforma trepadora Alimak STH-5E en mina AGROMIN “LA BONITA”. La metodología empleada fue aplicada de nivel cuantitativo, de método inductivo y de diseño preexperimental asimismo la muestra está formada por el área de excavación de chimenea de ventilación en mina AGROMIN “LA BONITA” donde se empleó como instrumento una guía de análisis documental y guía de observación. Los resultados indican que el diseño de la chimenea de ventilación, comprende una excavación vertical desde la galería principal de extracción de mineral (NV. 1385 msnm), hasta superficie (1765 msnm). Además, en los siguientes datos se puede inferir el diseño de la cámara de estación: El punto de inicio de la CH-AK-510, está ubicado en el nivel principal de extracción de mineral, cuya sección es de 2.50 m x 2.50 m. La limpieza de la carga se efectuará mediante maquinaria de bajo perfil (scooptram de 1.5 m<sup>3</sup> de capacidad), y sección de la CH-AK-510 es de 2.0 m x 2.0 m, este dato determina la sección mínima que debería de tener la cámara de estación. Se llega a la conclusión el diseño e infraestructura de la plataforma trepadora tenemos que tener presente la longitud y área a excavar de la chimenea, además considerar los trabajos externos al equipo, como por ejemplo el diseño de la cámara de estación, sumideros cercanos, cámara de acumulación de carga, etc.

**Palabras claves:** Excavación de chimenea, ventilación, Plataforma Alimak

## ABSTRACT

The general objective of this research is to determine the influence of the Alimak STH-5E climbing platform on the excavation of the ventilation chimney in the AGROMIN "LA BONITA" mine. The methodology used was applied at a quantitative level, inductive method and pre-experimental design also the sample is formed by the ventilation chimney excavation area in AGROMIN "LA BONITA" mine where a documentary analysis guide and an observation guide were used as instruments. The results indicate that the design of the ventilation chimney includes a vertical excavation from the main ore extraction gallery (NV. 1385 masl) to the surface (1765 masl). In addition, the design of the station chamber can be inferred from the following data: The starting point of CH-AK-510, is located at the main level of ore extraction, whose section is 2.50 m x 2.50 m. The cleaning of the load will be done by low profile machinery (scooptram of 1.5 m<sup>3</sup> capacity), and the section of the CH-AK-510 is 2.0 m x 2.0 m, this data determines the minimum section that the station chamber should have. It is concluded that the design and infrastructure of the climbing platform must take into account the length and area of the chimney to be excavated, as well as considering the external works of the equipment, such as the design of the station chamber, nearby drains, load accumulation chamber, etc.

**Key words:** Stack excavation, ventilation, Alimak Platform.

## INTRODUCCIÓN

El informe de investigación tuvo como propósito comprender ¿Cuál es la influencia en la excavación de chimenea mediante la plataforma trepadora Alimak STH-5E en mina AGROMIN “LA BONITA”?

Dentro del marco de los objetivos planteados, en el desarrollo de la investigación de la tesis se desarrolla e interrelaciona los conceptos e investigaciones en cuatro capítulos:

Capítulo 1: Se muestra el problema a investigar en el cual se presenta la realidad a estudiar en la mina AGROMIN “LA BONITA”, se plantea la formulación del problema, objetivos, la justificación y limitaciones de la investigación.

Capítulo 2: Se muestra el marco teórico, que incluye los antecedentes de la investigación, las teorías relacionadas con las variables de estudio, así como la definición de términos, la formulación de hipótesis y operacionalización de variables.

Capítulo 3: Se muestra metodología de la investigación referente al estudio al estudio de la muestra que se encuentra constituido por el área de excavación de chimenea de ventilación en mina AGROMIN “LA BONITA” además se presentan los instrumentos empleados para el recojo de información.

Capítulo 4: Se muestra el análisis e interpretación de los resultados, se realiza la prueba de hipótesis usando el SPSS 21 mediante la prueba de normalidad.

Finalmente se presenta las discusiones, conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos.

## **INDICE**

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

INDICE

ÍNDICE DE TABLAS

### **CAPITULO I**

#### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

1.1. Identificación y determinación del problema.....	1
1.2. Delimitación de la investigación.....	3
1.3. Formulación del problema .....	4
1.3.1. Problema general.....	4
1.3.2. Problemas específicos .....	4
1.4. Formulación de objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general .....	4
1.4.2. Objetivos específicos .....	4
1.5. Justificación de la investigación .....	5
1.6. Limitaciones de la investigación.....	5

### **CAPITULO II**

#### **MARCO TEÓRICO**

2.1. Antecedentes de estudio .....	6
2.2. Bases teóricas - científicas .....	11
2.3. Definición de términos básicos .....	21
2.4. Formulación de hipótesis .....	22
2.4.1. Hipótesis general .....	22



2.4.2. Hipótesis específicas .....	22
2.5. Identificación de variables .....	23
2.6. Definición operacional de variables e indicadores .....	23

### **CAPÍTULO III**

#### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

3.1. Tipo de Investigación.....	28
3.2. Nivel de investigación.....	28
3.3. Métodos de investigación.....	29
3.4. Diseño de investigación .....	29
3.5. Población y muestra .....	29
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	29
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación .....	30
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	31
3.9. Tratamiento estadístico .....	31
3.10. Orientación ética filosófica y epistémica .....	31

### **CAPÍTULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. Descripción del trabajo de campo .....	33
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados .....	34
4.3. Prueba de hipótesis.....	121
4.4. Discusión de resultados.....	125

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Operacionalización de variables.....	25
<b>Tabla 2</b>	Planificación de proyecto .....	36
<b>Tabla 3</b>	Especificaciones técnicas del proyecto CH-AK-510 .....	41
<b>Tabla 4</b>	Especificaciones técnicas Cámara de Estación .....	41
<b>Tabla 5</b>	Datos de excavación de la cámara de estación .....	43
<b>Tabla 6</b>	Datos de excavación del By Pass .....	45
<b>Tabla 7</b>	Cantidad carriles de curvos .....	58
<b>Tabla 8</b>	Medidas de espaciador .....	68
<b>Tabla 9</b>	Resumen de accesorios de anclaje.....	69
<b>Tabla 10</b>	Detalles de estocadas excavadas .....	78
<b>Tabla 11</b>	Datos de excavación de estocadas .....	81
<b>Tabla 12</b>	Tipo de alambre de NiCrom .....	91
<b>Tabla 13</b>	Datos entablado .....	107
<b>Tabla 14</b>	Cronograma de ejecución del proyecto CH-AK-510 .....	112
<b>Tabla 15</b>	Cronograma modificado de ejecución del proyecto CH-AK-510.....	112
<b>Tabla 16</b>	Excavación de Chimenea de Ventilación CH-AK-510.....	114
<b>Tabla 17</b>	Costo por excavación de chimeneas con plataforma trepadora Alimak.....	116
<b>Tabla 18</b>	Detalle de Gastos Generales .....	118
<b>Tabla 19</b>	Precio unitario de excavación con plataforma Alimak .....	120
<b>Tabla 20</b>	Detalles de los avances lineales.....	122
<b>Tabla 21</b>	Detalle de los días ejecutados.....	123
<b>Tabla 22</b>	Eficiencia (%) mensual y por labores ejecutadas .....	124

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Franqueo de labores preliminares .....	35
<b>Figura 2</b>	Plano de planificación de proyecto .....	37
<b>Figura 3</b>	Levantamiento topográfico en Chimenea Alimak .....	39
<b>Figura 4</b>	Perforación de sellada de cámara de estación .....	42
<b>Figura 5</b>	Frente de perforación de cámara de estación .....	44
<b>Figura 6</b>	Frente de perforación del By Pass .....	46
<b>Figura 7</b>	Cimbras en vigas H.....	48
<b>Figura 8</b>	Cartuchos de cemento .....	49
<b>Figura 9</b>	Cartuchos de resina .....	50
<b>Figura 10</b>	Viga "H" con GA 5 .....	52
<b>Figura 11</b>	Diseño de plataforma .....	53
<b>Figura 12</b>	Radio digital de dos vías STR™ 620.....	55
<b>Figura 13</b>	Equipo Alimak .....	56
<b>Figura 14</b>	Carriles curvos .....	58
<b>Figura 15</b>	Ángulo.....	64
<b>Figura 16</b>	Pernos de expansión.....	66
<b>Figura 17</b>	Espaciadores .....	68
<b>Figura 18</b>	Instalación de cimbra metálica y baseaso .....	71
<b>Figura 19</b>	Trabajos de soldadura .....	73
<b>Figura 20</b>	Trabajo final de instalación de cimbras metálicas .....	73
<b>Figura 21</b>	Trayectoria de la plataforma trepadora Nota. Elaboración Propia. ....	75
<b>Figura 22</b>	Sellado de Chimenea (método convencional).....	77
<b>Figura 23</b>	Limpieza de estocadas .....	80
<b>Figura 24</b>	Perforación de estocadas.....	81

<b>Figura 25</b>	Frente de perforación de estocada.....	82
<b>Figura 26</b>	Ventilación de la chimenea.....	84
<b>Figura 27</b>	Máquina Stopper RN-25OS.....	87
<b>Figura 28</b>	Ventilación de la chimenea.....	88
<b>Figura 29</b>	Ficha técnica del CARMEX.....	89
<b>Figura 30</b>	Mecha rápida.....	90
<b>Figura 31</b>	Alambre de NiCrom.....	91
<b>Figura 32</b>	Ficha técnica del EMULNOR.....	92
<b>Figura 33</b>	Ficha técnica de Pentacord.....	92
<b>Figura 34</b>	Ficha técnica del Nitrato de amonio estabilizado (NAE).....	93
<b>Figura 35</b>	Carguío de taladros del frente de la chimenea.....	96
<b>Figura 36</b>	Carguío de taladros.....	97
<b>Figura 37</b>	Voladura en chimeneas Alimak.....	98
<b>Figura 38</b>	Cámara Alimak.....	99
<b>Figura 39</b>	Sección de la cámara Alimak.....	100
<b>Figura 40</b>	Cámara Alimak.....	102
<b>Figura 41</b>	Carriles curvos en montaje.....	106
<b>Figura 42</b>	Plataforma de cámara de estación.....	107
<b>Figura 43</b>	Montaje de plataforma.....	110

## **CAPITULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Identificación y determinación del problema**

A nivel mundial, la minería es sinónimo de producción masiva de materias primas que son procesadas en diferentes regiones. Se sabe que produce altos niveles de tonelaje consistentes durante todo el año con una extensa gama de productividad del ciclo de trabajo, para ello sus parámetros de rendimiento requieren de unas condiciones mínimas para asegurar unas condiciones de producción adecuadas, siendo uno de los aspectos más importantes el mantenimiento de una ventilación adecuada (Rebolledo y Reyes, 2019).

Asimismo, a nivel internacional en la Empresa Minera Pajonales - Chile tiene dificultad en la preparación de labores, extraer y transportar materiales y problemas para ventilar el acceso; la empresa está tratando de aumentar su producción, por lo que debe dar las condiciones necesarias para lograr este objetivo, para ello se busca construir chimeneas determinadas para ser ejecutadas en diferentes maneras como la extracción de material y ventilación de sus labores (Medina, 2020).

Por otro lado, en la mina de Ecuador se evidencia un aumento en los costos unitarios debido a que los accesos no son los adecuados, asimismo se desea aumentar la producción empleando una tecnología que manifieste seguridad y que sea el adecuado para el tipo de yacimiento (Espinoza, 2019).

En el Perú el sector minero es una labor económica muy esencial dentro de la industria, ya que los productos empleados en la industria son a base de metales; sin embargo, esta actividad ha generado muchos impactos negativos en el ambiente y socialmente. Dentro de esta actividad se tiene a la explotación en una minería subterránea, donde se tiene en cuenta a las galerías, pozos, sistemas de ventilación y chimeneas que son los más importantes para permitir una adecuada evacuación de gases y polvos, generando un ambiente seguro para los trabajadores.

Para realizar una explotación con respecto al yacimiento se necesita de un sistema tecnológico moderno que tenga un rendimiento alto y costos bajos, brindando una mayor seguridad y que sea apropiada de acuerdo al tipo de yacimiento. Sin embargo, en la Compañía Brexia Gold Plata no cuentan con una adecuada construcción de chimeneas convencionales, generando mayores costos de construcción, reducción en cuanto al rendimiento y ocasionando accidentes de los trabajadores (Roque, 2019).

En la Mina Yanaquihua tienen un sistema de edificación de chimeneas para que se delimite los bloks de explotación y otros servicios como las labores de ventilación. Por ello, esta mina propuso un diseño de construcción de chimeneas para que mejoren la ventilación, requiriendo una aplicación de tecnologías con un rendimiento alto, costos bajos, brindando una mayor seguridad y con el propósito de que se alcance las proyecciones y metas en las operaciones mineras (Andia, 2019).

En la Unidad Julcani de la Empresa Minera Buenaventura en cuanto al minado tienen costos altos, su productividad es baja y tiene un riesgo mayor en las operaciones, obligando a que propongan un nuevo método con respecto a la construcción de chimeneas, permitiendo a que se brinde condiciones mejores en cuanto a la seguridad de todos los trabajadores, disminuyendo los índices de impactos ambientales y socioeconómico durante el procesamiento de explotación minera y entorno al área de operaciones (Trujillo, 2018).

La Empresa Minera Sierra Antapite ha ido evolucionándose para que busque incrementarse con una producción de 1000 Tn/día, necesitando brindar las necesarias condiciones para que se pueda lograr la producción requerida. Por lo tanto, es que esta empresa minera busca construir chimeneas que sean con dimensiones definidas y longitudes para que sean empleadas en diversas formas como en la ventilación de sus labores y extracciones de minerales; por ello, es necesario que se implemente construcciones de chimeneas mediante la plataforma trepadora Alimak STH-5E, de manera que se consiga disminuir los costos por operación en determinados metros de avance (Aburto, 2020).

## **1.2. Delimitación de la investigación**

La Mina AGROMIN “LA BONITA” localizado en la localidad de Bella Unión, provincia de Caravelí, departamento de Arequipa. La unidad minera se brinda a la extracción de otros minerales metalíferos no ferrosos, con una altitud de 1300 a 1800 msnm, lo cual, en las partes que son más elevadas presentan una pendiente de 2.5% de inclinación, teniendo un clima cálido y seco.

### **1.3. Formulación del problema**

#### **1.3.1. Problema general**

¿Cuál es la influencia en la excavación de chimenea mediante la plataforma trepadora Alimak STH-5E en mina AGROMIN “LA BONITA”?

#### **1.3.2. Problemas específicos**

- ¿De qué manera los trabajos preliminares ayudarán a la excavación de chimenea de ventilación mediante la plataforma trepadora Alimak STH-5E?
- ¿En qué medida los componentes y accesorios básicos de la plataforma Alimak STH-5E permite un correcto uso en la excavación de chimenea de ventilación?
- ¿Cómo se determinará los parámetros de diseño en la excavación de chimenea de ventilación mediante la plataforma trepadora Alimak STH-5E?

### **1.4. Formulación de objetivos**

#### **1.4.1. Objetivo general**

Realizar la excavación de chimenea de ventilación mediante la plataforma trepadora Alimak STH-5E en mina AGROMIN "LA BONITA".

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Analizar los trabajos preliminares antes de la excavación de chimenea de ventilación mediante la plataforma trepadora Alimak STH-5E.
- Describir los componentes y accesorios básicos de la plataforma trepadora Alimak STH-5E para la excavación de chimenea de ventilación.



- Determinar los parámetros de diseño en la excavación de chimenea de ventilación mediante la plataforma trepadora Alimak STH-5E.

### **1.5. Justificación de la investigación**

El estudio es teórica, práctica y metodológica. En cuanto a la justificación teórica se basa en teorías, adquiriendo conceptos y definiciones donde se van a sustentar cada una de las variables para que se posibilite a llegar más al estudio de investigación, teniendo en cuenta a los trabajos previos, artículos, noticias, entre otros. La justificación práctica se consideró de acuerdo con los resultados adquiridos en la investigación, ya que se puede aplicar en el ámbito minero, principalmente en el área de ventilación. Por último, la justificación metodológica se basa en las técnicas de investigación que se van a emplear mediante los objetivos determinados en el estudio, creando instrumentos adecuados para el análisis de datos y la recolección de información.

### **1.6. Limitaciones de la investigación**

Es el escaso tiempo para la excavación de chimenea de ventilación.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de estudio**

En el ámbito internacional, Medina (2020) su investigación titulada “Estudio comparativo técnico económico de diseño de chimenea, chimenea Mina Pajonales (Manual-Alimak-Raise Boring)”, con el propósito de desarrollar un estudio técnico y económico para adquirir una mejor alternativa en la construcción de chimeneas; su metodología fue aplicada y un diseño no experimental. Teniendo como resultado que el método tradicional no puede construir chimeneas de más de 50 m, donde puede ser muy insegura, mientras con Raise Boring los trabajos del personal en áreas subterráneas los riesgos se han reducido, por otro lado, el método Alimak describe un ambiente de baja calidad, donde el desnivel de las paredes es alto y el estado del macizo rocoso es inestable. Llegando a la conclusión que después de haber realizado la comparación técnica económica, se recomienda elegir al método Raise Boring, a pesar de que es un poco elevado en cuanto a su costo por metro de construcción, su tiempo de ejecución es menor, aportando un riesgo menor para los trabajadores comparando con la metodología Alimak.

Trujillo y Milton (2020) su artículo titulado “Alternativa de explotación de rajos por chimeneas en vetas angostas en la empresa Minera Huanuni”, con el objetivo de proponer una variación de explotación para permitir contar con un mejoramiento de indicadores de rentabilidad y productividad; su metodología fue aplicada y un diseño no experimental. Teniendo como resultado que con el método actual correspondiente a la explotación Shrinkage extrajeron 22.2 Tn/día, pero con el método correspondiente a la explotación con chimeneas de vetas angostas extrajeron 39.5 Tn/día. Llegando a la conclusión que, con respecto a los costos de operación a través del método propuesto con el actual, estos fueron disminuidos de 31.57 a 30.00 dólares por toneladas; asimismo, este método permitió una extracción productiva con un 78%, evitando inconvenientes con respecto a las descargas actuales.

Rivera (2020) en su estudio “Análisis del circuito de ventilación mediante simulación con Ventsim de una mina subterránea de carbón artesanal en la provincia de Arauco región del Biobío” cuyo objetivo fue analizar el sistema de ventilación en una empresa minera de carbón. La metodología empleada fue aplicada y no experimental asimismo la muestra estuvo formada por la zona maestra 1, 9 y 10 donde se empleó como instrumento una guía de observación y análisis documental. Los resultados muestran que El modelo de simulación el flujo de inyección total requerido para que el sistema de ventilación cumpla con las regulaciones actuales para las condiciones actuales y futuras en la mina es un 20 % superior al flujo total requerido. Concluyendo que las principales características y variables son las que intervienen en la ventilación de minas de carbón.

Ramírez y Fuentes (2019). en su estudio Modelamiento del sistema de ventilación y control de metano con el simulador Ventsim en la mina subterránea

de carbón Polonia, se diseña y analiza un sistema de ventilación que permita mantener los índices de emisión de metano inocuos para la operación, considerando la reprofundización de la mina con un nuevo nivel denominado 1290. La metodología empleada fue aplicada, descriptiva y no experimental asimismo la muestra estuvo formada por los niveles de explotación 358, 364, 401 y 341 donde se aplicó como instrumento un análisis documental. Los resultados muestran que en el desarrollo de esta memoria se optó por el uso del software de simulación VentSim™ para modelar el problema, donde el rango de la desgasificación para cualquier panel de explotación en FezMine queda delimitado por el rango del 20% al 76%, considerando el rango de emisiones de metano de 0.2 a 0.9 m<sup>3</sup>/s en cada nivel. Concluyó que el simulador y la información disponible se define un modelo de simulación de flujo de aire considerando las emisiones de metano desde los seis paneles de explotación de carbón, el cual sirve para estudiar el comportamiento del aire viciado que fluye a través de las labores mineras.

Calva (2019) en su investigación “Determinar la viabilidad económica en la construcción de dos chimeneas para optimizar el transporte subterráneo de mineral y estéril en la empresa minera Produmin A en la veta Kathy” cuyo objetivo es calcular y analizar económicamente la edificación de dos chimeneas para mejorar el transporte de estéril y mineral. La metodología empleada fue descriptiva y prospectiva asimismo la muestra estuvo formada por los niveles superiores al nivel 0 de la veta Kathy donde se empleó como técnica cálculo de costo de transporte, cálculo de extracción. Los resultados indican que se redujeron los costos de transporte actuales de \$87,37 por tonelada a \$72,85 por tonelada, se incrementó la productividad por tonelada hombre/día de 0,25 a 0,29 y se incrementó la eficiencia de los trabajadores del 76 % al 88 %. Concluyendo que la edificación de

la chimenea demostró ser efectiva por que se logró un rendimiento financiero del 40,26 %. La rentabilidad es muy buena frente al 11,78% disponible actualmente.

A nivel nacional, Navarro (2020) en su estudio titulada “Aplicación del sistema Raise Climber ascendente para optimizar el avance de construcción de chimeneas en U.M Orcopampa Buenaventura 2020” planificó como fue la aplicación del sistema raise climber ascendente para optimizar el avance en la edificación de chimeneas. La metodología empleada fue aplicada, descriptivo y no experimental asimismo la muestra estuvo formada por los trabajos empleados con el sistema raise climber donde se empleó como instrumento ficha de observación y un flexómetro. El resultado indica que el empleo del sistema de trepado elevable aumenta el avance de edificación de la chimenea estable de 1,6477 m aproximadamente, lo que corresponde a un aumento del 51,87% anual, es decir, 3,2955 m por día, 99 m por mes y 1186 m por año. por esta razón, se sabe que ayuda a acelerar el progreso de la mina con el tiempo. Concluyó que el sistema raise climber es fiable, ya que durante el estudio se observó que se puede lograr un avance del 51,87%, aumentando la eficiencia y reduciendo el costo.

Aburto (2020) su investigación titulada “Eficiencia del equipo Alimak STH-5E en los costos de construcción de chimeneas en la empresa Minera Sierra Antapite S.A.C.-2019”, con el propósito de determinar en qué modo la eficacia del equipo Alimak STH-5R incurre en costos de edificación de chimeneas; su metodología fue aplicada, nivel explicativo y diseño experimental. Teniendo como resultado que al mostrar el uso de la plataforma Alimak es principalmente para la velocidad de operación, nuevamente se pueden conseguir distancias respectivamente largas incluso hasta 1000 metros, y con su control efectivo, se puede optimizar el tiempo de operación, aunque estas operaciones son costosas en

comparación con los métodos tradicionales. Concluyendo que, al construir la pila, el equipo de Alimak permitió que su eficiencia influyera en los costos, ya que redujo el tiempo de operación y mejoró el progreso diario, siendo el costo por metro lineal un avance más eficiente.

Tecsi (2019) en su estudio “Profundización del pique manuelita utilizando equipo alimak y plataforma blasting Set en la CIA Minera Morococha Junín” con la finalidad de ejecutar una profundización del pique empleando Alimak por medio del método Raise Climber. La metodología empleada fue aplicada y no experimental asimismo la muestra estuvo formada por pique Manuelita hasta el nivel 540 se utilizó como instrumento un guía de observación. El resultado muestra que la implementación de la plataforma de trabajo de equipos y kit de voladura Alimak optimizó la ejecución de las operaciones de dragado de pozos en Manuelita, reduciendo el tiempo de terminación de pique en un 55% con métodos convencionales, además con este sistema se realizó una chimenea de 7x5” y un avance de 64 metros con un tiempo corto. Concluyendo que el sistema Alimak es beneficio para la empresa ya que la reducción de tiempo y se genera un avance.

Aguirre y Mallqui (2019) su investigación titulada “Influencia en la construcción de chimenea 081 con Alimak para mejorar el sistema de ventilación de labores del nivel 4230 Compañía Minera Kolpa S.A.-Huachocolpa Huancavelica 2018”, con el propósito de determina como influye la edificación de chimenea 081 con Alimak para mejorar la ventilación de una labor del nivel 4230; su metodología fue aplicada, nivel descriptiva y explicativa. Teniendo como resultado que la chimenea construida con la ayuda de Alimak tuvo un impacto significativo en la mejora del sistema de ventilación de la fábrica, porque anteriormente la edificación de chimenea la cobertura inicial era del 71% y se

utilizaron 15 ventiladores, pero después de la construcción de chimenea con Alimak 081 se logró la cobertura al 121%, estando dentro de la cobertura aceptable actual dentro de la especificación, donde el número de ventiladores también se ha reducido a 10. Concluyendo que esta construcción de chimenea con Alimak influye de modo significativo para la mejoría de la ventilación en las labores, asimismo, los costos operativos unitarios (\$/m) para la construcción de chimeneas con Alimak son óptimos, ya que se reflejan en ahorros mensuales de \$30,307.07.

Bedoya (2019) en su estudio “Ejecución de chimenea con el método raise boring para la optimización del sistema de ventilación en la unidad minera San Rafael Minsur 2018” cuyo objetivo fue la ejecución de la chimenea por medio del método de Raise Boring para mejorar la ventilación. La metodología empleada fue aplicada asimismo la muestra estuvo formada por 35 colaboradores donde se empleó como instrumento la guía de observación. Los resultados muestran que usando este método Raise Boring, la chimenea se completó en 46 días, reduciendo con éxito el tiempo de entrega en un 50 % en comparación con el otro método (90 días). Concluyó que dicho sistema permite un avance y así lograr aumentar la producción en la empresa minera.

## **2.2. Bases teóricas - científicas**

### **Excavación de chimenea de ventilación**

Según Aguirre y Mallqui (2019) dice que es un proceso de construir un ducto de manera circular o rectangular, esta excavación se edifica de una manera ascendente, vertical o inclinada, enlazándose dos galerías y niveles; además, pueden ser de diferentes dimensiones y aplicar tecnologías diversas y de acuerdo a los requerimientos de la actividad minera.

## **Alturas máximas de construcción de chimeneas**

La máxima altura de construcción de la chimenea está determinada por varios factores limitantes, estos son:

### **- Chimenea convencional**

Chacón (2022) indica que se denomina convencional cuando la excavación se efectúa instalando puntales en una línea de avance sobre donde se tienden las tablas que sirven como una plataforma y máquina perforadora stoper.

Según Arocutipa (2015) indica que para chimeneas diseñadas en forma de "H", el procedimiento de comunicación debe realizarse cada 20 m. Por otro lado, la sección transversal es doble o simple, y generalmente en la estructura mineralizada, su ángulo de inclinación puede ser vertical u oblicuo. Ajuste la chimenea de la forma habitual, y su longitud suele alcanzar los 50 m. En longitudes más largas, este método es costoso y de bajo rendimiento, y requiere un constante mantenimiento de la terraza en el borde del echadero.

Si la longitud es superior a 50m y alcanza los 100m, se suelen instalar chimeneas dobles (chimeneas en forma de H), que son chimeneas simples de una sola habitación con un intervalo de 10-15m y la comunicación tiene lugar cada 20 m a través del sustrato. En este caso, una chimenea se utilizó como pasarela y la otra como cobertizo, y para bajar la pasarela a un nivel inferior, se colocó un tapón y el nivel inferior despejó el cobertizo de conchas.

### **- Chimenea mecanizada**

Según Arocutipa (2015) indica que las chimeneas construidas con métodos tradicionales superan los 100 m. La longitud de las chimeneas construidas con plataformas trepadoras Alimak está limitada por el tipo de accionamiento utilizado para la máquina:



Plataforma trepadora accionada neumáticamente = 200m. Plataforma trepadora con accionamiento eléctrico = 1000 m. Plataforma trepadora accionada por motores diesel-hidráulicos = más de 1000 m.

- Para las plataformas trepadoras neumáticas (jaulas trepadoras neumáticas), el aire comprimido se recibe a través de mangueras. El carrito autorretráctil gira la manguera hacia arriba (Arocutipa, 2015).
- Las plataformas de accionamiento eléctrico (jaulas de accionamiento eléctrico) funcionan con cables especialmente diseñados que también tienen cables de acero para soportar su peso (Arocutipa, 2015).
- La plataforma de escalada hidráulica diésel (jaula de escalada hidráulica diésel) no requiere cables ni mangueras colgantes. es perfecto para chimeneas largas (Arocutipa, 2015).

### **Tipos de chimeneas**

Chinchercoma (2018) refiere que los tipos de chimenea son de acuerdo a su forma, ya sea circular, cuadradas o rectangulares; de acuerdo a su sección, ya sea con una sección de 4'x 4', doble sección de 4'x 8' y triple sección de 4'x12'; y de acuerdo a su longitud, ya sean cortas hasta unos 50 m, largas de 51 a 100 m y de gran longitud que son mayores de 100 m.

Según Roque (2019) infiere que los tipos de chimenea dependerá de algunos parámetros donde se menciona a continuación:

- a. Según su forma
  - circular
  - cuadrada
  - rectangular

- b. Según su sección
  - Simple: con secciones de 4x4
  - doble: secciones de 4x8
  - triple: secciones de 4x12
- c. Según su longitud
  - cortas: hasta 50m
  - largas: de 51 a 100m
  - de gran longitud: > de 100m

### **Diseño de chimenea**

Chacón (2022) dice que para la excavación de chimeneas por este método convencional en cuanto a su diseño se tiene en cuenta las longitudes, secciones, buzamientos de la veta e inclinaciones adecuadas o requeridas y el tipo de roca.

### **Método mecanizado**

ITA (2022) señala que comprende todas las técnicas en donde las excavaciones se realizan de forma mecánica a través de discos o dientes; además, estas máquinas que son utilizadas en excavación no solo excavan en un terreno, a veces realizan sostenimientos que pueden ser periféricos o aplicarse en el frente.

### **Procedimiento de construcción de chimeneas**

Según Roque (2019) menciona que, la gran mayoría de las situaciones, los procedimientos utilizados en la construcción de chimeneas involucran métodos de excavación tradicionales y/o mecanizados. Considere los siguientes factores:

- Procedimiento convencional de ejecución de chimenea

Esto se realiza mediante la colocación de soportes a una altura de 1 metro, que se consideran soportes avanzados y se realizan con equipos tradicionales (Stoper / Jackleg)

- Procedimientos mecanizados de realización de chimenea

La construcción de la chimenea se puede realizar utilizando plataformas trepadoras y equipos de perforación.

### **Plataforma y jaula de seguridad**

Chinchercoma (2018) refiere que se denomina jaula trepadora Alimak, son empleadas para las chimeneas y ampliaciones de piques con cara libre, esto se debe a su economía, velocidad y flexibilidad, convirtiéndose en uno de los más utilizados a nivel mundial.

### **Raise boring**

Yepes (2016) indica que es un proceso constructivo para el desarrollo mecanizado de chimeneas o pozos entre dos galerías o niveles que se encuentran dentro de una mina subterránea; la perforación de pozos o chimeneas con este sistema es un método moderno, donde se necesita de un espacio de forma vertical. Las ventajas de este sistema es que tiene una seguridad alta, condiciones de trabajo mejores y su sistema es de un avance continuo, eliminando tiempos improductivos.

### **Plataforma trepadora Alimak STH-5E**

Villalba (2016) señala que es un equipo donde se permite la construcción de chimeneas a través de una plataforma trepadora que se va desplazando por los carriles anclados en el macizo rocoso, estas se utilizan en la perforación de chimeneas verticales. Esta plataforma se realiza mediante un carril guía curvado utilizando motor de aire eléctrico, comprimidos y diésel.

### **Características de la plataforma trepadora Alimak STH-5E**

Aburto (2020) dice que para que realizar una excavación de chimenea es de acuerdo a sus especificaciones técnicas de esta plataforma, constando con dos unidades propulsoras que cuentan con un motor eléctrico, lo cual, se tiene el área

aproximada de la chimenea vertical es de 7m<sup>2</sup>, el área aproximada máxima de la chimenea a 45° de inclinación es de 10m<sup>2</sup>, la máxima altura de excavación es de 400m, la máxima longitud de excavación es de 900m, la velocidad de ascenso de 60 ciclos es de 0,36 m/s, y la velocidad de caída por gravedad es de 0,4 -0,5 m/s con una potencia de motor de 7,5 Kw y cables especiales.

### **Partes de la plataforma trepadora Alimak STH-5E**

Chinchercoma (2018) indica que un armazón que consta de un conjunto de pequeñas herramientas y rodillos protectores; una plataforma de trabajo utilizada por los trabajadores para ensamblar, cargar, perforar y nivelar la vía; el rodillo, que es una manguera automática que funciona cuando el escalador desciende; multiválvula, que es un dispositivo que contiene agua y aire para estos servicios; una bomba de alta presión que consta de un sistema de pistones accionados por poleas que bombean agua cuando baja la presión; el escalador de servicio, que es un sistema de emergencia que brinda apoyo al escalador líder; el cabezal de perforación, que es un sistema de encapsulación agua-aire activado para la comunicación agua-aire con la plataforma de perforación; el cabezal de disparo, que es un sistema de guiado situado al final de la pista; y guías que consisten en rieles rectos, rieles auxiliares, rieles curvos, ángulos, espaciadores, tornillos de excavación y un juego de tuercas.

#### **- Equipo de accionamiento**

Está montado sobre un marco en forma de U unido a rieles con rodillos. La unidad de accionamiento consta de dos engranajes helicoidales, cada uno equipado con un accionamiento de oruga. El engranaje helicoidal está conectado a un embrague de cadena y volante e incluye un freno de dirección, un freno centrífugo para descenso controlado por gravedad y aire comprimido

o un motor eléctrico. Las vigas de soporte están conectadas mediante almohadillas de goma a un marco en forma de U al que se conectan el marco superior y el tubo telescópico. Hay soportes en el marco para instalar paracaídas y válvulas de control (Giron, 2015).

- **La plataforma de trabajo**

Es una estructura de acero soldado que puede soportar una enorme presión. La plataforma común tiene un frente abatible, puertas abatibles y soportes de elevación. Hay soportes para la cubierta protectora y el parachoques. La bisagra entre el marco y la plataforma permite colocar la plataforma en cualquier ángulo inclinado. La longitud de las dos patas de apoyo telescópicas puede variar. La jaula está suspendida por dos tornillos debajo de la plataforma y es inclinable, lo cual es importante si la plataforma se adapta a una chimenea inclinada (Giron, 2015).

## **Ventilación**

Es el proceso de hacer circular el aire indispensable para proporcionar la atmósfera respirable e indudable necesaria para la ejecución del trabajo. La ventilación se produce creando circuitos de circulación de aire en todas las tareas. Por ello, la mina debe tener dos diseños de acceso independientes: dos piques verticales, dos tajos planos, un pique vertical y un pozo plano, etc. En obras con un solo paso (por ejemplo, una galería preestablecida) se debe prever la ventilación mediante conductos. Los tubos se colocan entre la entrada a la pieza y el final de la misma. Dicha ventilación se denomina ventilación secundaria, en contraste con la ventilación primaria, que opera en toda la mina (Andia, 2019).

## **Necesidad de la ventilación**

Según Duran (2018) menciona que la circulación de aire en las minas subterráneas es necesaria por las razones siguientes:

Se debe proporcionar un nivel mínimo de oxígeno en la atmósfera de la mina para que los trabajadores del interior puedan respirar. En su interior se liberan diferentes tipos de gases, dependiendo de los minerales a extraer y del equipo utilizado. Los gases pueden ser asfixiantes, tóxicos y/o explosivos, por lo que es indispensable diluirlos por debajo del límite establecido por cada país.

## **Tipos de ventilación**

Se clasifica en dos grupos grandes:

### **- Ventilación natural**

Es un flujo natural de aire fresco en la planta sin necesidad de ventilación. No hay circulación de aire en galerías horizontales ni obras de desarrollo a nivel. En pozos profundos, la dirección y el movimiento del flujo de gas están determinados por: Diferencia de presión entre la entrada y la salida. Diferencia de temperatura estacional (Llano, 2017).

El caudal de aire debe ser continua y sin interrupciones, el aire fluye cuando hay un cambio en el equilibrio: la diferencia de presión entre la entrada y la salida de la tubería debido a causas naturales (gradientes térmicos) o medios mecánicos (Llano, 2017).

### **- Ventilación mecánica**

Se trata de ventilación suplementaria o secundaria, y son sistemas que utilizan conductos y ventiladores auxiliares para ventilar espacios cerrados en minas subterráneas, utilizando para ello el suministro de aire fresco que

proporciona el sistema de ventilación y de evacuación del aire viciado que le suministre el sistema de ventilación general (Llano, 2017).

## **Equipos de ventilación auxiliar**

### **Ductos**

La ventilación adicional requiere un suministro de aire hacia adelante, que se lleva a cabo a través de diversos tipos de canales.

- **Ductos metálicos:** fabricados con láminas de hierro de 1 a 4 mm de espesor, según el diámetro según la longitud de 10 a 3 metros, aptos para el sellado de sistemas bastante largos por su bajo coeficiente de fricción, excelentes propiedades de sellado, etc. bajo mantenimiento. Su principal desventaja es que su masa y rigidez dificultan la instalación y aumentan los costes (Rivera, 2020).
- **Ductos plásticos flexible lisos:** fabricados en tiras de longitudes y diámetros a pedido, estos tubos de producción autóctona en PVC y tela sintética de alta resistencia se utilizan en sistemas de ventilación y están equipados con anillos de acero en los extremos y se pueden usar con o sin anillos de derivación. Su uso en un sistema de bombeo desarrollado de nivel medio reemplaza el tendido de tuberías metálicas por su menor calidad y flexibilidad, lo que proporciona el almacenamiento, transporte e instalación, y su costo es muy inferior al de las tuberías metálicas. Sus diámetros estándar oscilan entre 300 y 1200 mm, y sus longitudes de tira oscilan entre 5 y 30 m o más. Por su sencillez, costo y disponibilidad, son los predilectos en la minería artesanal (Rivera, 2020).
- **Ductos plásticos reforzados:** Estos conductos son del mismo material que en el caso anterior, reforzados con espirales de anillos de acero de paso de 75 mm

a 150 mm, sistemas de ventilación por aspiración de diámetro de 250 mm a 1200 mm y listones de 5 a 10 m en longitud. Se requieren anillos de conexión para conectarlos y están equipados con ganchos fijos. Su aplicación principal es la extracción de aire, pero también se puede usar en sistemas de entrega, mientras que el tipo liso no es posible, porque este tipo de manguito es más duradero y costoso que el manguito tipo liso (Rivera, 2020).

## **Ventiladores**

Según Rivera (2020) menciona que un ventilador es un dispositivo que transfiere energía a un fluido (aire o gas) creando el aumento de presión necesario (presión total) para conservar un flujo de fluido continuo. En las minas subterráneas se utilizan dos tipos de ventiladores: axiales y centrífugos. La diferencia principal es la manera en que el flujo de aire entra y sale del ventilador, perpendicular a la salida en la carcasa centrífuga, mientras que, en el caso axial, el aire fluye en la misma dirección que sale.

### **- Ventilador centrífugo:**

El aire entra a través del oído medio y es atraído centrífugamente hacia el impulsor, donde es forzado a entrar en un cuerpo parecido a un caracol llamado espiral, cuya sección transversal aumenta gradualmente hasta llegar a una salida llamada difusor. El aire sale del impulsor en una dirección perpendicular al eje de rotación.

### **- Ventilador axial:**

La hélice adopta una forma cilíndrica con un cierto número de paletas o álabes unidos a la pala o integrados con el impulsor. El aire entra y sale paralelo al eje del dispositivo



### **2.3. Definición de términos básicos**

#### **Mina**

Yacimiento mineral que se localiza en un procesamiento de explotación; es decir, es una zona donde existen minerales y se empieza a realizar procesamientos de trabajo con mineros, máquinas y otros recursos.

#### **Minería**

Es la actividad de extraer el producto mineral en la corteza terrestre y que son económicamente valiosos para el ser humano.

#### **Mina subterránea**

Explotación del recurso minero que se realizan por debajo de una superficie terrestre; por ello, es necesario realizar galerías, pozos, túneles, cámaras, chimeneas, entre otros.

#### **Chimenea**

Es una labor que se realiza de una forma vertical que se da entre dos niveles o galerías que son excavadas de una forma ascendente; es decir, que es una excavación vertical, teniendo como funciones al transporte de minerales, ventilación, echaderos, acceso al personal y evacuaciones de emergencias.

#### **Perforación**

Es la primera operación que se ejecuta para la preparación de la voladura, esta operación se ejecuta con el objetivo de abrir en la roca orificios cilíndricos que son destinadas a que se introduzca los explosivos y accesorios iniciadores como los taladros y barrenos.

## **Sistema Alimak**

Este sistema consiste en realizar las extracciones de minerales o rocas a través de una excavación de forma vertical del macizo o veta, y tronadura, empleando este sistema Alimak.

### **Plataforma trepadora Alimak eléctrica**

Su impulso se da por una corriente eléctrica, de manera que va alimentándose por un cable de diseño especial, donde se tiene adicionalmente dos líneas de cable de acero para que soporte su peso y se denominado cable autoportado.

## **2.4. Formulación de hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

La excavación de chimenea mediante la plataforma trepadora Alimak STH-5E influye de forma significativa en la mina AGROMIN “LA BONITA”.

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

- Los trabajos preliminares ayudarán a identificar las condiciones para cumplir con todos los estándares en la excavación de chimenea de ventilación mediante la plataforma trepadora Alimak STH-5E.
- Con la descripción de los componentes y accesorios básicos de la plataforma trepadora Alimak STH-5E permitirá un correcto uso en la excavación de chimenea de ventilación.
- Al determinar los parámetros de diseño permitirá una adecuada excavación de chimenea de ventilación mediante la plataforma trepadora Alimak STH-5E.

## 2.5. Identificación de variables

Variable independiente: Excavación de chimenea de ventilación

Es un proceso de construir un ducto de manera circular o rectangular, esta excavación se construye de una manera ascendente, inclinada o vertical, enlazándose dos galerías y niveles; además, pueden ser de diferentes dimensiones y empleando tecnologías diversas y de acuerdo a los requerimientos de la actividad minera (Aguirre y Mallqui, 2019).

Variable dependiente: Plataforma trepadora Alimak STH-5E

Es un equipo donde se permite la construcción de chimeneas a través de una plataforma trepadora que se va desplazando por los carriles anclados en el macizo rocos, estas se utilizan en la perforación de chimeneas verticales (Villalba, 2016).

## 2.6. Definición operacional de variables e indicadores

**Variable independiente: Excavación de chimenea de ventilación:** La variable independiente “Excavación de chimenea de ventilación” se evaluó mediante las siguientes dimensiones: - Método convencional de excavación y - Método mecanizado de excavación.

**Indicadores:** Tipos de chimeneas, diseños de chimeneas, Raise Boring, plataforma y jaula de seguridad

**La variable dependiente: Plataforma trepadora Alimak STH-5E:** se evaluó mediante las siguientes dimensiones: - Características de la plataforma trepadora Alimak STH-5E. y - Partes de la plataforma trepadora Alimak STH-5E.

**Indicadores:** Área aproximada de chimenea vertical, Área máxima aproximada de chimenea inclinada 45°, Altura y longitud de excavación, Velocidad ascendente a 60 ciclos, Velocidad de descenso por gravedad, Capacidad de motor, Cable

eléctrico especial, Armazón, Plataforma de trabajo, Tambor de enrollamiento, Válvula múltiple, Bomba de presión alta, Trepador de servicio. Cabezal de perforación. Cabezal de disparo y Carriles guía

**Tabla 1**

*Operacionalización de variables*

<b>VARIABLES</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSIÓN</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ESCALA DE MEDICIÓN</b>
<b>V.I. Excavación de chimenea de ventilación</b>	Es un proceso de construir un ducto de manera circular o rectangular, esta excavación se construye de una manera ascendente, vertical o inclinada, enlazándose dos galerías y niveles; además, pueden ser de diferentes dimensiones y empleando tecnologías diversas y de acuerdo a los requerimientos de	La variable independiente “Excavación de chimenea de ventilación” se evaluó mediante las siguientes dimensiones: - Método convencional de excavación - Método mecanizado de excavación	Método convencional de excavación  Método mecanizado de excavación	Tipos de chimeneas  Diseño de chimeneas  Raise boring  Plataforma y jaula de seguridad	Nominal

---

la actividad minera (Aguirre y Mallqui, 2019).

---

<b>V.D.</b>	Es un equipo donde se permite	La variable	Características	Área aproximada de	Intervalo
<b>Plataforma</b>	la construcción de chimeneas a	dependiente	de la	chimenea vertical	
<b>trepadora</b>	través de una plataforma	“Plataforma trepadora	plataforma	Área máxima aproximada	
<b>Alimak STH-</b>	trepadora que se va	Alimak STH-5E” se	trepadora	de chimenea inclinada	
<b>5E</b>	desplazando por los carriles	evaluó mediante las	Alimak STH-	45°	
	anclados en el macizo rocos,	siguientes	5E	Altura y longitud de	
	estas se utilizan en la	dimensiones:		excavación	
	perforación de chimeneas	- Características de la		Velocidad ascendente a	
	verticales (Villalba, 2016).	plataforma trepadora		60 ciclos	
		Alimak STH-5E.		Velocidad de descenso	
		- Partes de la		por gravedad	
		plataforma trepadora		Capacidad de motor	
		Alimak STH-5E.		Cable eléctrico especial	
				Armazón	Nominal

---

---

Partes de la	Plataforma de trabajo
plataforma	Tambor de enrollamiento
trepadora	Válvula múltiple
Alimak STH-	Bomba de presión alta
5E	Trepador de servicio
	Cabezal de perforación
	Cabezal de disparo
	Carriles guía

---

*Nota.* Elaboración propia

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de Investigación**

El estudio es de tipo aplicada, porque se pretende determinar la influencia de la excavación de chimenea de ventilación mediante la plataforma trepadora Alimak STH-5E. Según Rus (2020) indica que la investigación aplicada permite solucionar los problemas que son reales, es decir, que es una investigación basándose en encontrar estrategias para que permite lograr un objetivo determinado.

#### **3.2. Nivel de investigación**

Es de enfoque cuantitativo, porque mediante esta investigación se conseguirá tener una adecuada y correcta excavación de chimenea de ventilación mediante la plataforma trepadora Alimak STH-5E. Asimismo, Sánchez (2019) señala que el enfoque cuantitativo se denomina al fenómeno que se pueden medir mediante el uso de técnicas estadísticas para realizar los análisis de datos recolectados.



### **3.3. Métodos de investigación**

Respecto al método a utilizar, será inductivo, ya que es una forma de pensamiento en la que el conocimiento específico se acarrea como conocimiento general que irradia las características comunes de los objetos individuales. (Rodríguez y Pérez, 2017).

### **3.4. Diseño de investigación**

El estudio es de diseño preexperimental, según Chávez et al. (2020) dice que sirve para que se aproxime el fenómeno en el que se estudia, donde se va a administrar el tratamiento de un grupo, generando hipótesis y mediciones de una o más variables para que se observen sus efectos.

### **3.5. Población y muestra**

#### **Población**

Ventura (2017) refiere que es un conjunto de personas que tienen las características en común donde se identifican para el tipo de estudio, lo cual, la población casi siempre es de un área geográfica específica. La población está conformada por la mina AGROMIN “LA BONITA”

#### **Muestra**

Arias et al. (2016) señala que es una parte de la población, donde el conjunto es el número de elementos que son representativos de la población. La muestra está formada por el área de excavación de chimenea de ventilación en mina AGROMIN “LA BONITA”.

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **Técnicas de recolección de datos**

- **Técnica de análisis documental:** El método radica en obtener información de un documento mediante un conjunto de procesos para generar un documento

secundario que se convierte en una herramienta de indagación del documento original. Esta técnica permitirá describir los componentes y accesorios básicos de la plataforma trepadora Alimak STH-5E.

- **Técnica de observación:** La técnica incluye una situación, hecho, acción, cosa, objeto, etc. observación para obtener información necesaria para el desarrollo del estudio (Peñañiel, 2016). Esta técnica permitirá recoger información in situ acerca de los trabajos preliminares antes de realizar la excavación de chimenea de ventilación.

#### **Instrumentos de recolección de datos**

- **Guía de análisis documental:** Se utilizará una ficha de registros de datos para que se describa los componentes y accesorios básicos de la plataforma trepadora Alimak STH-5E, haciendo uso también de fichas técnicas.
- **Guía de observación:** se emplearán algunos formatos para poder caracterizar el contexto de la actividad minera; es decir, que se aplicaran formatos en las guías de observación de campo para que se recolecte datos in situ con respecto a la labor para poder realizar la excavación de chimenea de ventilación mediante la plataforma trepadora Alimak STH-5E.

### **3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación**

**Prueba de validez.** La validez es el grado en que un instrumento refleja un dominio específico de contenido de lo que se Mide (Hernández et al.2015).

**Prueba de confianza.** La confiabilidad de un instrumento de medición es el nivel en que su uso repetitivo en el mismo objeto o persona produce el mismo resultado. (Hernández et al. 2015).

### **3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

En la primera etapa es la planificación, donde se recoge los datos que son factoperceptibles del área de estudio donde se va a desarrollar el proyecto de investigación. Asimismo, se realiza la recolección de investigaciones previas, teorías o artículos científicos que ayudan a que se pueda visualizar de una manera teórica el panorama de la problemática y la solución para esta investigación.

En la segunda etapa se realiza la ejecución y aplicación de instrumentos, donde se van a recolectar datos sobre los componentes y accesorios con la ficha de registro de datos. Además, se va a recolectar datos in situ con respecto a la labor para poder realizar la excavación de chimenea de ventilación mediante la plataforma trepadora Alimak STH-5E.

En la tercera etapa se realiza el procesamiento de resultados, donde los resultados que se obtienen mediante los instrumentos se van a procesar a través del excel, de manera que se van a organizar los datos adquiridos mediante tablas y gráficos.

### **3.9. Tratamiento estadístico**

Para efectos de la investigación, se recurrirá a la estadística descriptiva, con la cual se mostrarán tablas y figuras de los diferentes KPI's que se analizarán en la construcción de la chimenea como el avance por disparo, la eficiencia de perforación, eficiencia de voladura, etc.

### **3.10. Orientación ética filosófica y epistémica**

Los datos recolectados en la empresa objeto de estudio serán mostrados tal cual se obtuvieron sin ser manipulados a conveniencia, asimismo, serán usados únicamente para fines académicos. Por otro lado, se respetarán las pautas indicadas en el reglamento de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, teniendo en

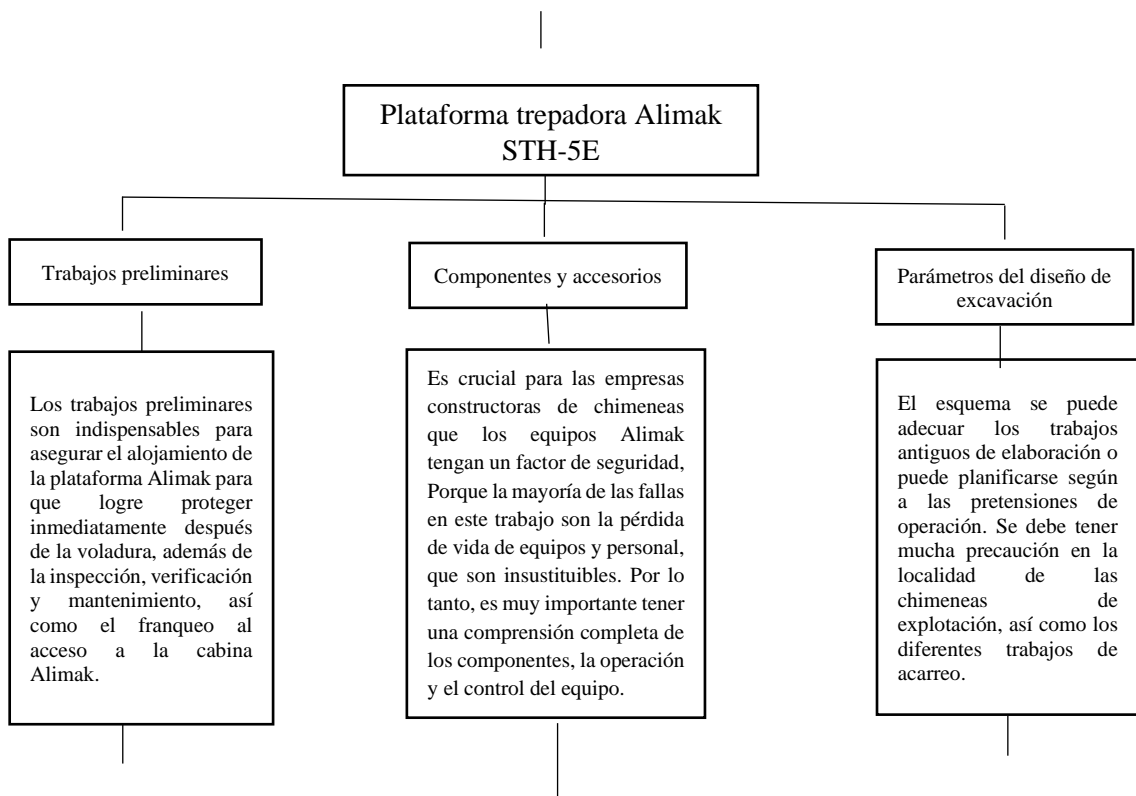
cuenta la forma correcta de presentar la información de otros autores (APA) y sin realizar plagio, por lo que la investigación será auténtica.

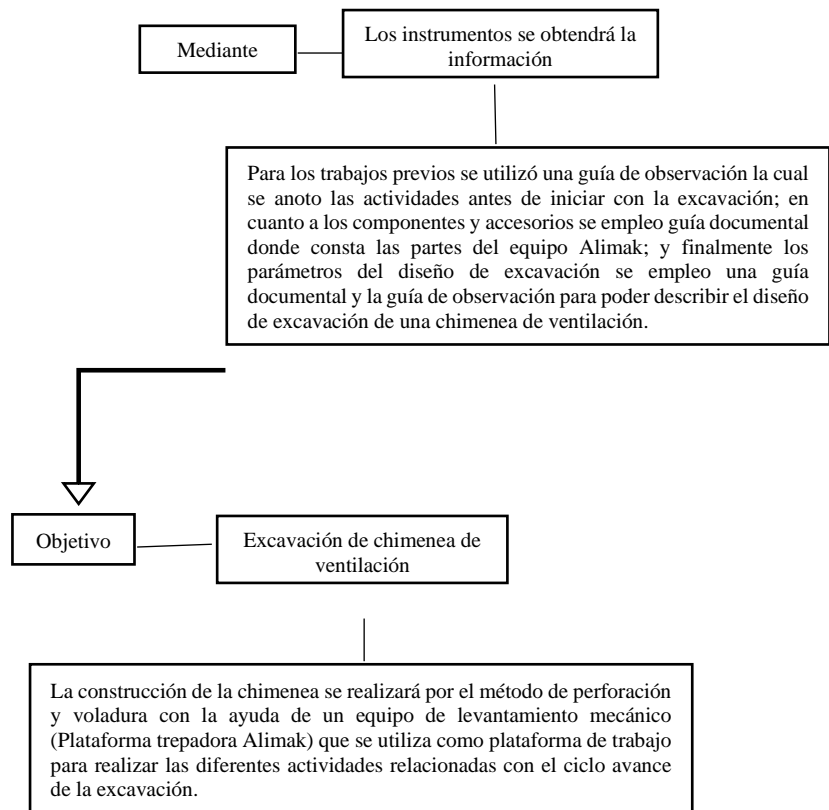
## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Descripción del trabajo de campo

Excavación de chimenea de ventilación mediante la plataforma trepadora Alimak STH-5E en mina AGROMIN “LA BONITA”





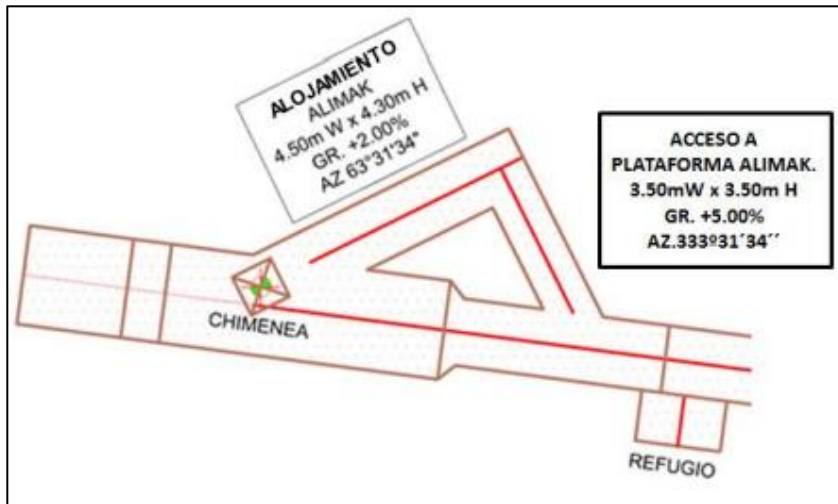
## 4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

### 4.2.1. Trabajos preliminares ayudarán a la excavación de chimenea de ventilación mediante la plataforma trepadora Alimak STH-5E

Antes de iniciar la excavación de la chimenea, se deben realizar los trabajos necesarios para asegurar el alojamiento de la plataforma Alimak que la proteja al instante de la voladura, así como la inspección, verificación y mantenimiento, así como el franqueo al acceso a la cabina Alimak que es una caja fuerte por donde circula el personal en la plataforma

## Figura 1

### *Franqueo de labores preliminares*



*Nota.* Yucás, 2015.

### **Descripción del equipo de levantamiento**

Para el franqueo de chimeneas con ángulos de 60 a 90 grados, en rocas estables, existen diferentes tipos de equipos mecánicos, uno de ellos es la plataforma eléctrica Alimak STH-5E, que consta de un conjunto de engranajes motrices con carriles guías de 1018 mm y 1998 mm de longitud con la respectiva cremallera. Los carriles incorporan tuberías para el suministro de aire y agua a las perforadoras, así como para la ventilación de la chimenea después de la voladura. Las guías de deslizamiento o carriles a medida que aumenta la altura de la chimenea empotrada, utilizando pernos de anclaje en una de las paredes (en la pendiente, en el lado inclinado) a medida que sube y baja por ellas. Una plataforma que forma un medio de transporte para el perforador y su equipo de trabajo.

Los aparatos eléctricos pueden ser alimentados por diferentes tipos de energía: los que utilizan motores de aire comprimido, electricidad o diésel, también dependiendo de la longitud de la excavación de la chimenea, son de las siguientes categorías:

- Plataforma impulsada por energía neumática (aire comprimido) para chimeneas de altura no mayor a 200 metros.
- Plataforma impulsada por energía eléctrica para chimeneas de altura no mayor a 500 metros.
- Plataforma impulsada por energía diésel-hidráulica para franqueo de chimeneas de altura mayor a 1000 metros.

El área de planeamiento de **MINA AGROMIN “LA BONITA”**, realizo una proyección de la ejecución del proyecto CH-AK-510, solo considerando la excavación vertical, sin tomar en cuenta los subniveles intermedios y sin considerar los trabajos preliminares que se realizan al ejecutar una chimenea de tal longitud. Desde ese punto tenemos lo siguiente:

**Tabla 2**

*Planificación de proyecto*

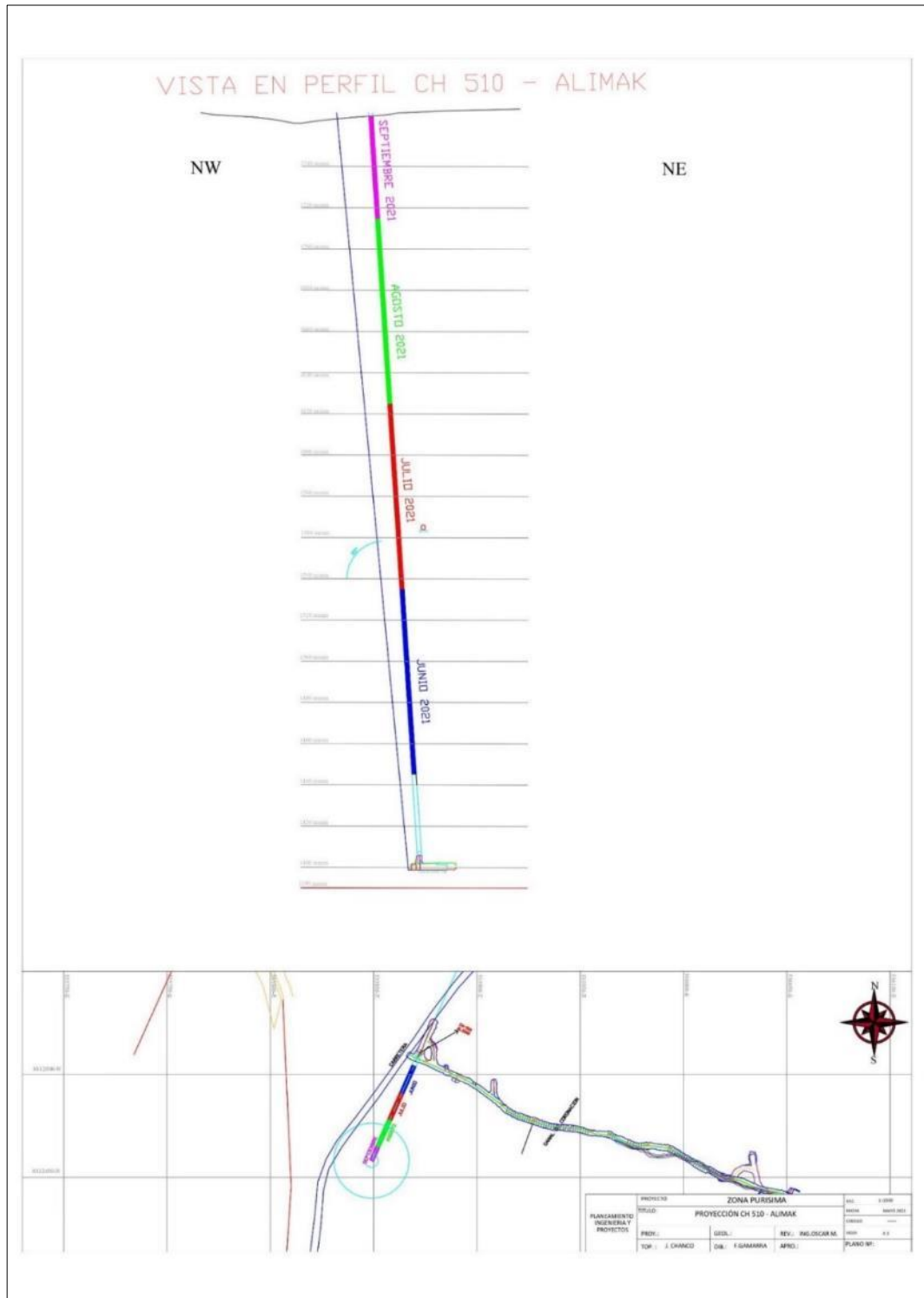
<b>CH-AK-510</b>	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Setiembre</b>	<b>Octubre</b>	<b>Total</b>
Longitud de chimenea excavada (m)	70	70	70	70	70	30	380

*Nota.* Elaboración propia.



**Figura 2**

*Plano de planificación de proyecto*



*Nota.* Elaboración propia.

**a. Metodología de la ejecución del proyecto**

La ejecución del proyecto se realizará en 2 etapas.

- Excavación de chimenea de ventilación de 380 m hasta comunicar a superficie; paralelo a ello se ejecutará la excavación de estocadas horizontales hasta encontrar la veta.
- Sostenimiento con cimbras metálicas, los últimos metros excavados.

**b. Inspección y supervisión por AGROMIN “LA BONITA”.**

En el desarrollo de la excavación de la chimenea y sus estocadas, es un papel importante el ser supervisado por la unidad minera.

Ante estas situaciones tenemos algunos que con relevancia ascendían a la chimenea para cumplir dichas inspecciones o supervisiones.

**c. Levantamiento topográfico**

El área de topografía, son los encargados de supervisar los avances mensuales, así como también controlar en buen desarrollo del proyecto.

Es decir, controlan las desviaciones que se puede dar en la excavación de la chimenea. Estas son:

- **DIRECCIÓN:** controla la desviación que tiene entre los lados de la excavación, derecha e izquierda.
- **INCLINACIÓN:** controla el desfase que tiene en cuanto al grado de inclinación, en nuestro caso 87°
- **GIRO:** controla la rotación de la plataforma.

Conforme se avanza con la excavación se colocan puntos cada 10 a 12 metros, es decir se realiza el levantamiento topográfico cada este metraje. Antes de

esto se realiza un desatado de rocas de la columna del tope excavado al último punto topográfico.

### **Figura 3**

*Levantamiento topográfico en Chimenea Alimak*



*Nota.* Elaboración propia

#### **d. Evaluación geológica:**

El área de geología, son los encargados de evaluar el macizo rocoso y el cambio de terreno que se presenta conforme se excava la chimenea.

Además, son los encargados de supervisar las excavaciones de las estocadas, como principales interesados en encontrar y definir la veta.

Para esta evaluación se tiene que acondicionar, es decir, desatado de rocas y lavado de hastiales.

**e. Visitas planificadas:**

Por parte de la unidad minera, es una de sus funciones el supervisar nuestros avances, pero también inspeccionar que se cumplan con los estándares de toda excavación con equipo Plataforma Trepadora.

- **Operaciones mina:** Realizan las visitas programadas a la chimenea, y verifican la sección (sobre excavación y sub excavación), el correcto instalado del sostenimiento, masico rocoso y correcto anclaje de los carriles.
- **Seguridad y salud ocupacional:** Realizan visitas programadas e inopinadas a la cámara de estación y también visitas programadas a la chimenea. Verifican el correcto uso de los PETS, Estándares, verifican la cámara de salvataje, extintores, botiquines, etc.

**f. Excavación de la chimenea de ventilación ch-ak-510**

Antes de empezar con la excavación propiamente dicha, es decir antes de usar el equipo plataforma trepadora se tienen que realizar varios trabajos preliminares. Es decir, dar condiciones, cumplir estándares y una serie de preparaciones que requiere el uso de este equipo, y sobre todo la longitud que se va a excavar conlleva a tener en cuenta muchas consideraciones extras.

**g. Trabajos preliminares para ejecución del proyecto:**

El proyecto de excavación de la chimenea de ventilación CH-AK-510, con las siguientes especificaciones:

**Tabla 3**

*Especificaciones técnicas del proyecto CH-AK-510*

---

<b>PROYECTO: CH-AK-510</b>	
<b>Longitud</b>	380 metros
<b>Sección</b>	2.0 x 2.0 (cuadrado)
<b>Inclinación</b>	87°
<b>Subniveles</b>	5 intermedios

---

*Nota.* Elaboración propia

**h. Excavación de cámara y by pass**

En base a estas especificaciones se tienen que acondicionar los trabajos preliminares, considerando las características peculiares de la mina AGROMIN LA BONITA como son accesos, galerías, servicios, etc.

- **Preparación de la cámara de estación**

Según el diseño que se realizó con anterioridad, la cámara de estación tendría las siguientes características:

**Tabla 4**

*Especificaciones técnicas Cámara de Estación*

---

<b>CÁMARA DE ESTACÓN</b>	
Longitud	20 metros
Sección	3.00 x 3.00 (tipo baúl)
Sostenimiento	Indispensable

**By Pass**

**Acceso de Personal**

---

Longitud	11.30 metros
----------	--------------

---

Sección	2.40 x 2.40 (tipo D)
Sostenimiento	Indispensable

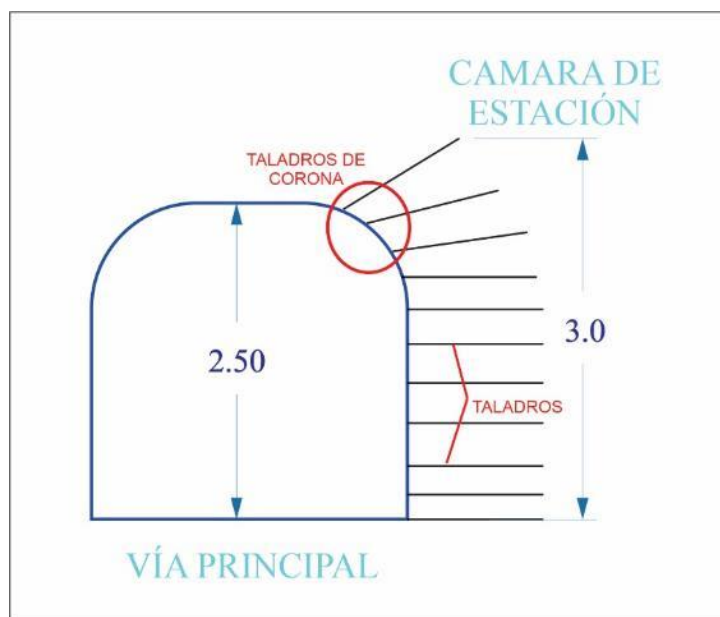
*Nota.* Elaboración propia

Ante estas especificaciones nos encontramos en una labor principal; un crucero cuya sección era de 2.50 m. x 2.50 m.

Por esta razón la sellada de la cámara de estación se realizaría perpendicular a la vía principal pero como tiene una sección inferior a la de la sección que deseamos, se tendrá que realizar una perforación cuyos taladros de corona tendrían que ser realizados más de lo debido, con la finalidad de ganar sección en la siguiente voladura.

#### Figura 4

*Perforación de sellada de cámara de estación*



*Nota.* Elaboración propia

Luego de que se procedió con la voladura con la sellada de la cámara de estación, ya se contaba con una sección muy aproximada a la que queríamos.

Posterior a ello, en la excavación netamente dicha, el ciclo de perforación se realizó en dos etapas:

- 1° **Perforación sobre carga:** Después de que se realizó la primera voladura, ingresa el scooptram, y solo retira la carga excedente, con la finalidad de realizar una base para iniciar con la perforación de los taladros de corona, taladros superiores hasta llegar a la gradiente (a 1.50 m del nivel del piso).
  
- 2° **Culminación de Perforación, carguío y voladura:** Luego de culminar con la perforación de los taladros superiores, nuevamente ingresa el scooptram y culmina con la limpieza de toda la carga. Se finaliza con los taladros inferiores, taladros de arrastre y arranque. Una vez se encuentre todo el frente perforado se procede, con el carguío de explosivos (uso de escalera para el carguío de taladros de corona), y posterior a ello la detonación correspondiente. Así fue el ciclo de cada guardia hasta culminar con la excavación de la cámara de estación de los 20 metros programados.

**Tabla 5**

*Datos de excavación de la cámara de estación*

<b>PARÁMETROS DE PERFORACIÓN</b>		
Longitud de Perforación	6 ft	1.83 m
Eficiencia de Perforación	95 %	
Longitud de Perforación Relativa	5.7 ft	1.74 m
Eficiencia relativa	90 %	
Avance por disparo	1.56 m	

---

Nº de disparos	2	disparos/día
Avance diario	3.13	m/día
Longitud por excavar	20	m
Días de Excavación	7.0	días
Longitud Total Excavada	21.89	m

---

*Nota.* Elaboración propia

Según el cuadro adjunto, el tiempo que se tardó en realizar la excavación de la cámara de estación es de 7 días.

### **Figura 5**

*Frente de perforación de cámara de estación*



*Nota.* Elaboración propia



**i. Preparación del By-Pass (acceso de personal).**

Posterior a ello se prosigue con la excavación del By-Pass, (acceso de personal). Comenzamos la excavación por la labor principal, considerando antes de que el área de topografía ya marco el punto de inicio del By Pass, para su sellado. Para la sellada del By Pass, no se tiene ninguna dificultad, al ser de menor sección que la de la labor principal. Y el número de etapas disminuye solo a una. Pero tener en cuenta que, para dar el giro del diseño, se tiene que tabular cada disparo, es decir, el ingeniero encargado de la guardia, marca la sección, gradiente, y punto contra como referencia para obtener la curva del diseño deseada.

**Tabla 6**

*Datos de excavación del By Pass*

<b>PARÁMETROS DE PERFORACIÓN</b>		
Longitud de Perforación	6 ft	1.83 m
Eficiencia de Perforación	95 %	
Longitud de Perforación Relativa	5.7 ft	1.74 m
Eficiencia relativa	90 %	
Avance por disparo	1.56 m	
Nº de disparos	2 disparos/día	
Avance diario	3.13 m/día	
Longitud por excavar	11.30 m	
Días de Excavación	4 días	
Longitud Total Excavada	12.51 m	

*Nota.* Elaboración propia.

## Figura 6

### *Frente de perforación del By Pass*



*Nota.* Elaboración propia

#### **j. Sostenimiento en la cámara de estación y By Pass**

Culminado la excavación de la cámara de estación y el by pass; se prosigue con el re-desatado de rocas suspendidas por todo el trayecto, para posterior a ellos realizar el sostenimiento requerido y recomendado por las áreas pertinentes. Puesto que el sostenimiento recomendado, basado en el tipo de roca, es: SPLIT SET PUNTUAL. Ahora acotar que mientras se realizaba la excavación de estas labores, se colocaba también Split set puntual, pero al finalizar la excavación total se añadió algunas más, porque se podía identificar algunas partes inestables. Los Split set que se colocó, son de 5 pies, relativamente.

**k. Sostenimiento de conexión de chimenea (segunda etapa)**

Cuando la CH-AK-510, sale a superficie, es decir se produce la conexión de la chimenea, se planifica el tipo de sostenimiento. Para el sostenimiento en zona de conexión y columna de Chimenea CH-AK-510, se coordina con supervisión de empresa AGROMIN “LA BONITA”. En la CH-AK-510, se utilizaron cimbras metálicas, cartuchos de cemento, cartuchos de resina y varillas en forma de L de fierro corrugado de  $\frac{3}{4}$ ” y 1”:

- **Cimbra Metálica:**

Son construidas con perfiles de acero, según los requerimientos de la forma de la sección de la excavación, es decir, en forma de baúl, herradura o incluso circulares, siendo recomendable que estos sean de alma llena, se clasifican en rígidas y deslizantes o fluyentes, a este se denomina soporte pasivo o de soporte.

**Figura 7**

*Cimbras en vigas H*

**CIMBRAS METALICAS**

**DESCRIPCION**

Las cimbras son estructuras metálicas fabricadas en vigas de acero en perfiles tipo H, y que al ser curvadas forman arcos de diferentes geometrías dependiendo del diseño solicitado por el cliente. Este elemento de sostenimiento es usado para soportar una determinada carga y estabilizar el macizo rocoso en los túneles.



**DESIGNACION DE LAS CIMBRAS**

4.0 x (4.0 x 4.5) H4 x 13 Lb/pie

- LIBRAJE DE LA VIGA
- SECCION DE LA VIGA (Pulg.)
- ALTURA INTERIOR DERECHA (mt.)
- ALTURA INTERIOR IZQUIERDA (mt.)
- LUZ INTERIOR (mt.)

Las geometrías de las cimbras pueden ser: Tipo Baúl, herradura, circular, con parte central recta y otros. Alternativamente pueden ir acompañados de una solera o invert. Y compuestos de dos a más cuerpos.

**CARACTERISTICAS DE LA VIGA H DE ALA ANCHA**

Norma Técnica	ASTM A36
Límite de Fluencia mínimo (Kg/cm <sup>2</sup> )	2530
Resistencia a la Tracción (kg/cm <sup>2</sup> )	4080 - 5610
Alargamiento	25 %
Soldabilidad	Buena

**PLACAS Y ACCESORIOS**

Placas de empalme y base	ASTM A36 u otro a solicitud del cliente
Espaciadores	Lisos (SAE 120) Corrugados (ASTM 706 Gr.60)
Pernos, Tuercas y Arandelas	ASTM A325 y en Grado 5 u otro a solicitud del cliente
Alargamiento	18%

*Nota.* Ficha Técnica HF FABRICACIONES SAC

- **Cartuchos de cemento:**

Son fabricados para la instalación de pernos de anclaje garantizando seguridad y un eficaz sostenimiento en el sector minero y obras civiles.

Estos elementos se introducen en los taladros(perforaciones), luego se inserta el perno de anclaje mediante la rotación.

**Figura 8**

*Cartuchos de cemento*

CemRock® Cartuchos de Cemento

**Descripción**

Los cartuchos de cemento CEMROCK, están diseñados para el anclaje de barras en roca o concreto. Contiene una mezcla de conglomerantes hidráulicos y aditivos, confinados en un cartucho de envoltura plástica pre perforados, lo que permite una fácil y rápida hidratación.

**Usos**

- Anclaje de pernos en minas y túneles.
- Estabilización de taludes.
- Refuerzos de roca en carreteras, represas.
- Plantas de tratamientos de agua.
- Anclajes subacuáticos y pretensados.
- Obras subterráneas, centrales hidroeléctricas.
- Repotenciación de estructuras.

**Ventajas**

- Aplicación fácil y rápida.
- Alto poder de fijación en la roca.
- Rápido fraguado y alta resistencia.
- Fácil manipulación y almacenado.
- No se requiere de equipos especiales.
- Libre de cloruros.
- Elimina el riesgo de falta homogenización y no endurecimiento por mezclado deficiente.
- Componentes no tóxicos.
- Relación estable de agua - cemento.

**Tipos y Dimensiones**

Tipos	Tiempo
Normal	24 Hrs.
Rápido	10 Hrs.

Dimensión de **30mm x 305mm**, disponible también en otros diámetros y longitudes.

**Información Técnica**

Relación agua/cemento	0.32
Peso neto seco	350gr
Tiempo de inmersión	3-5 minutos
Resistencia a la compresión	>150 Kg/cm <sup>2</sup> (1h) >310 Kg/cm <sup>2</sup> (24h)
Resistencia a la flexión	>56Kg/cm <sup>2</sup> (24h)



**Procedimiento de Instalación**



Colocar los cartuchos en un envase con agua hasta que deje de burbujear (3-5 minutos)



Insuflar la cantidad de cartuchos necesarios dentro del taladro.



Introducir el perno con un equipo de perforación, presionando para que el anclaje sea completo a lo largo del perno.

**Almacenamiento / Vida útil**

Los cartuchos de cemento CEMROCK® tienen una vida útil de hasta 8 meses cuando se almacena sin abrir los empaque originales en un lugar cerrado, bajo techo y seco. Alejado de la humedad y bajas temperaturas, las cuales disminuyen su vida útil. Almacenar fuera de la luz solar directa para evitar la degradación de los envases. Pasada la fecha de vencimiento se podrá utilizar el producto previos ensayos realizados.

*Nota. Ficha Técnica CemRock®*

- **Resina:**

Los cartuchos de resina tienen una elevada adherencia y rápida solidificación que confieren un fuerte ajuste y una acción anti corrosiva.

**Figura 9**

*Cartuchos de resina*



EMICO  
sociedad anónima

C/ Las Eras, s/n - Nave nº 2 - Pol. Ind.  
24398 ALMAZCARA (León)  
Teléfono 987 45 75 64  
Fax 987 45 75 73  
Dirección postal: Apdo. Correos nº 134  
24400 PONFERRADA  
E-mail: ponferrada@emico-calsumi.com

Ctra. de Villarroaño, 140 (Km-3)  
24199 SANTA OLAJA DE LA RIBERA (León)  
Teléfono 987 24 21 11  
Fax 987 24 73 51  
Dirección postal: Apdo. Correos nº 486  
24030 LEÓN  
E-mail: leon@emico-calsumi.com

---

### CARTUCHOS DE RESINA PARA ANCLAJE

Los cartuchos de resina **EMICO** tienen una elevada adherencia y rápida solidificación que confieren un fuerte ajuste y una acción anti corrosiva.

Ofrecida en diámetros que oscilan entre los 24 y los 32 mm y con tiempos de fraguado que van desde los 30 segundos hasta los 90 segundos, la resina **EMICO**, está formada por una resina de poliéster y un catalizador, ambos separados por una película plastificada para el aseguramiento de las propiedades del producto antes de su utilización. La correcta mezcla del producto durante la colocación del bulón inicia la reacción química de endurecimiento que garantiza un anclaje fiable y duradero.

Las cargas de resina **EMICO** proporcionan:

- Anclajes de resina preenvasados sin problemas a pie de obra.
- Tiempo controlado de fraguado
- Alta resistencia en mínimo tiempo de espera.
- Anclaje permanente no afectado por vibraciones ni ambientes corrosivo.
- Anclaje distribuido sin cargas localizadas en roca u hormigón.
- Anclaje subacuático, mismo comportamiento en condiciones secas o húmedas.
- Anclaje pretensado mediante combinación de cargas de curado lento y rápido.



#### Tiempo de mezcla

El contenido del cartucho se debe mezclar totalmente para alcanzar el máximo anclaje. El **TIEMPO DE MEZCLA** es el tiempo requerido, en la rotación típica del perno de 150-250 RPM., para alcanzar la mezcla completa.

#### Tiempo completo de curado

El tiempo del comienzo de la mezcla hasta que la resina comience a endurecer es el **TIEMPO DE CURADO**. EL **TIEMPO DE CURADO** es influenciado por la temperatura de la resina, de la roca, y del perno. Además, la cantidad de calor generada en la mezcla durante el **TIEMPO DE MEZCLA** también afecta al **TIEMPO DE CURADO**. Se recomiendan los ensayos prácticos previos.

Diámetro (mm)	Longitud (mm)
25	500
32	500

R compresión (mPa)	Tiempo de fraguado
>60	30-60s



*Nota.* Ficha Técnica EMICO

**4.2.2. Describir los componentes y accesorios básicos de la plataforma trepadora Alimak STH-5E para la excavación de chimenea de ventilación.**

- **Componentes**

La Plataforma Trepadora Alimak STH-5E, tiene como componentes básicos:

**a) Unidad Propulsora:** en nuestro caso será mediante una propulsión eléctrica que consta de:

- U-frame (sistema de dos piñones y rodamiento de 72mm y 124mm).
- Transmisión superior e inferior.
- Centrifugo superior e inferior.
- Freno de pie y de mano.
- Motor eléctrico de 15 HP.

**b) Armazón en Conjunto:** Da la estabilidad al equipo, y realiza el soporte al peso de la plataforma. Columna vertebral del equipo, compuesta por:

- Viga “H” (con sistema de rodamientos de 124mm).

## Figura 10

Viga "H" con GA 5



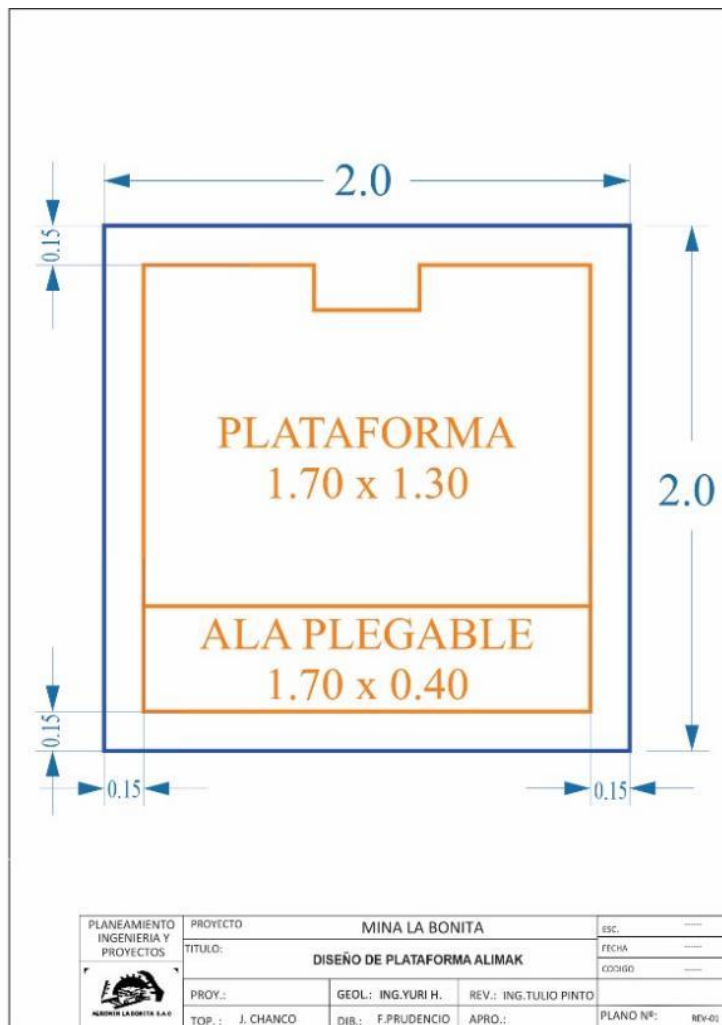
*Nota.* Elaboración propia.

- Yugo
  - GA-5 (freno de seguridad)
- c) **Jaula:** Traslado de personal en el ascenso y descenso del equipo.
- d) **Plataforma de trabajo:** Esta componente es el único que puede ser modificado, ya que depende de la sección que se excavara. En nuestro caso tenemos que la sección es de 2.0 m x 2.0 m., y que el espacio abierto entre el perímetro de la plataforma y el área de la chimenea debe de ser de 0.15m como máximo. Bajo estas premisas se diseña la plataforma de trabajo y el ala plegable.



**Figura 11**

*Diseño de plataforma*



*Nota.* Elaboración AGROMIN

Basado en los datos anteriores tenemos:

- PLATAFORMA: 1.70 m x 1.70 m
- ALA PLEGABLE: 1.70 m x 0.40 m

- e) **Techo Protector:** o comúnmente llamado guarda-cabeza. Según evaluación se considera que en secciones de chimeneas menores a 2.50 m x 2.50, es opcional el uso; por el espacio reducido que se tiene y la complejidad de la movilidad del personal que trabaja encima de la plataforma. Pero por estándar es obligatorio su uso.
- f) **Tamboras:** Es el encargado de enrollar el cable autosoportado que servirá de alimentación eléctrica al motor de propulsión. Se debe de tener dos tamboras, una adicional para el equipo de emergencia.
- g) **Central Múltiple:** Central de mando para los servicios de agua y aire, que suministrara a la perforación en la cúspide de la chimenea.
- h) **Bomba de Alta Presión para agua:** debido a que los trabajos se irán desarrollando de forma ascendente, la presión de agua que se tiene será insuficiente, es por eso que se tiene que contar con una bomba de alta presión, que ayudara a impulsar el agua a la altitud que se requiera.
- i) **Equipo de comunicación:** En todo trabajo minero, independientemente de las operaciones Alimak, se debe de contar con una comunicación entre los involucrados. Es por esta razón que, en la excavación de chimeneas, se implementa una comunicación alterna. El Uso de radios de comunicación o equipo telefónico, que enlaza al personal que está en la cúspide con la Plataforma Trepadora y el personal que se encuentra en la cámara de estación.

## Figura 12

*Radio digital de dos vías STR<sup>TM</sup> 620*

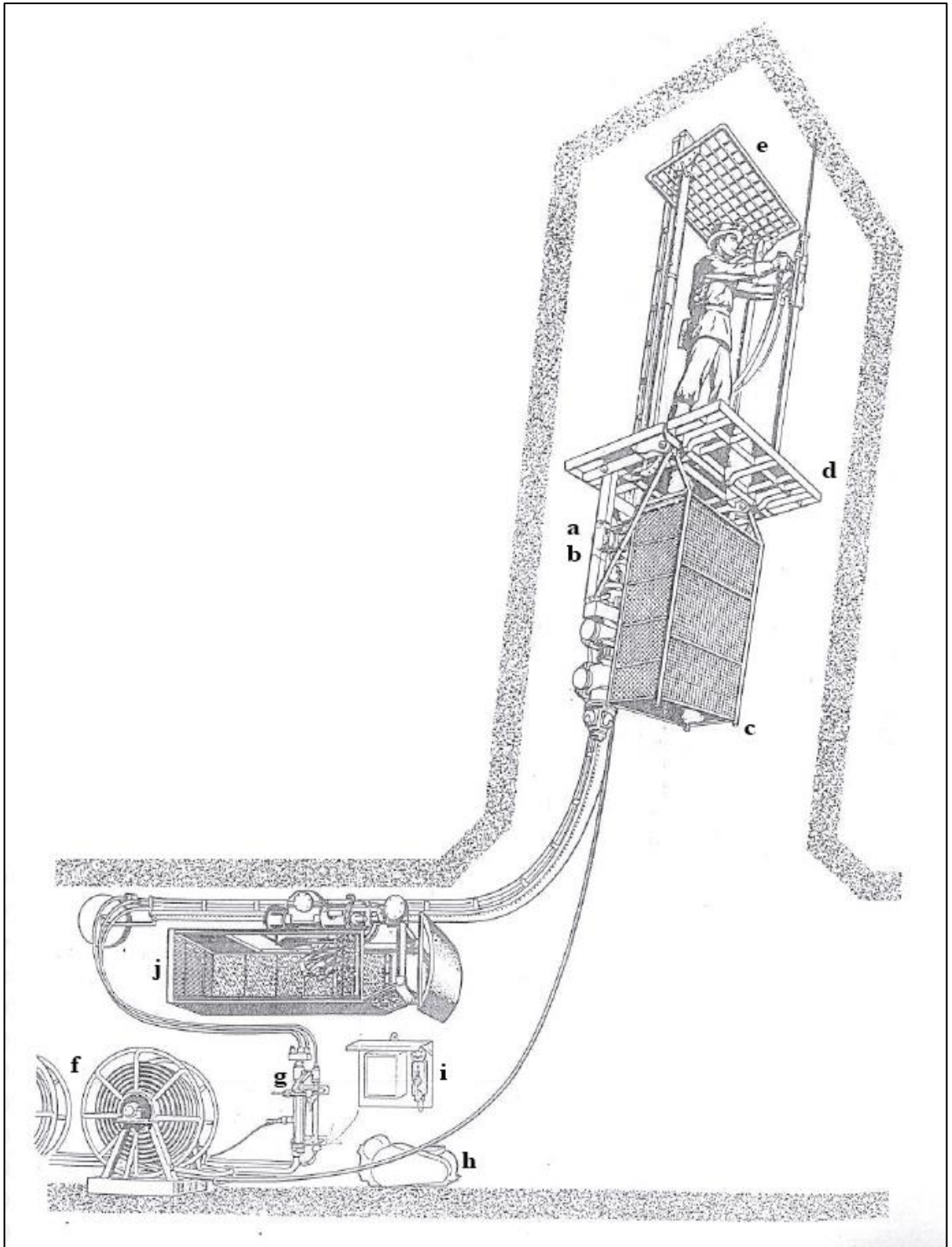


*Nota.* MOTOROLA SOLUTIONS

- j) **Trepadora de Servicio o Emergencia:** este equipo cuenta con los mismos componentes que la Plataforma Trepadora, con la excepción de la misma, no cuenta con plataforma. Como su nombre lo especifica solo es un equipo de emergencia, que su función se limitara cuando el equipo principal quede inoperativo en la chimenea, y se asciende al rescate del personal y posterior al traslado del mecánico. Este modelo es: **ALICAB** de propulsión eléctrica.

**Figura 13**

*Equipo Alimak*



*Nota.* Manual LINDEN ALIMAK

- **Accesorios**

Para la ejecución de la **CH-AK-510**, es indispensable contar con la cantidad necesaria de accesorios de anclaje, considerando un porcentaje de imprevistos, perdida o daño. Tenemos una longitud total de 380 metros, dato baso que se usara en nuestros cálculos. Es por eso que lo definiremos de la siguiente manera:

**LT: 380 metros**

**a) Carril de Servicio (CSr):**

Carril que se usara para el mantenimiento preventivo y correctivo del equipo Plataforma Trepadora, sobre todo de la unidad propulsora. Su longitud es de 2.0 metros. Para cualquier tipo de proyecto, independientemente de su longitud, solo se usa 1 carril se servicio.

Por eso lo definimos de la siguiente manera:

**CSr = 1**

**b) Carriles de Curvos (CCv):**

Los carriles curvos se calculan según la inclinación del proyecto. Su longitud es de 1 metro y tenemos de diferentes ángulos (3°, 7°, 8° IN, 8° OUT y 25°).

## Figura 14

### *Carriles curvos*



*Nota.* Elaboración propia.

Para nuestro proyecto **CH-AK-510**, cuyo ángulo de inclinación es de 87° se utilizará lo siguiente:

### **Tabla 7**

#### *Cantidad carriles de curvos*

<b>Carriles de Curvos</b>	<b>Cantidad</b>
Carril Curvo 7°	2 unidades
Carril Curvo 8 <sup>a</sup> IN	1 unidad
Carril Curvo 8 <sup>a</sup> OUT	1 unidad
Carril Curvo 25°	2 unidades
<b>TOTAL</b>	<b>6 unidades</b>

*Nota.* Elaboración propia.

Con estos carriles se realizará la combinación para aproximar al ángulo que se requiere:

$$CCv = 6$$

**c) Carril de Seguridad (CSg):**

El carril de Seguridad, se usa para estabilizar la columna de carriles guía. Según el manual Alimak, se debe de considerar colocar 01 carril de seguridad cada 50 metros de avance, cuando las condiciones de la roca sean favorables. Pero esto es variable dependiendo del tipo de excavación, sobre rotura o incluso cambio de roca intempestivo. Su longitud es de 2 metros.

Para el cálculo de la cantidad de carriles se seguridad para nuestro proyecto **CH-AK-510**, consideraremos la instalación de cada 50 metros es decir cada 25 carriles guía, ya que la longitud de cada carril guía es de 2 metros.

Es decir:

$$CSg = \frac{LT}{25} = \frac{380}{25} = 15.2 = 15 \text{ (Número teórico que se usará en los cálculos posteriores).}$$

$$CSg = 15$$

Por precaución ante cualquier tipo de variación de terreno o algún imprevisto o daño a este carril consideraremos un adicional.

$$CSga = 15 + 1 = 16$$

$$CSga = 16$$

Además de ellos definimos que la longitud de carriles de seguridad sería:

$$\mathbf{LCSg = 15 \times 2 = 30}$$

$$\mathbf{LCSg = 30}$$

**d) Carril Guía o Carril de Avance (CAv):**

El carril de Avance o Carril Guía, es el más usado en chimeneas Alimak, Considerado como el carril que sirve de camino a la plataforma trepadora. Su longitud es de 2 metros.

Para el cálculo teórico del número de carriles guía que se necesitara se restara la longitud total y la longitud de carril de seguridad y posterior a ellos dividir entre la longitud del carril.

Es decir:

$$\mathbf{CAv = \frac{LT-LCSg}{2} = \frac{380-30}{2} = 175}$$
 (Número teórico que se usará en los cálculos

posteriores).

$$\mathbf{CAv = 175}$$

Por ser una chimenea de longitud considerable, se contemplará el 3% adicional a número teórico por posibles daños o imprevistos.

$$\mathbf{CAva = 175 + 3\% (175) = 180.25 = 180}$$

$$\mathbf{CAva = 180}$$



**e) Junta Tórica u O´rings (O):**

Los o´rings son juntas de goma; sirve para fijar la uni3n de las cuatro tuberías entre todos los tipos de carriles. Se usan 4 o´rings entre cada uni3n de carriles. Para el c3lculo del n´mero de o´rings se considerar3 al cabezal de entrada (CE) y cabezal de salida (CS), que en teoría es el inicio y final de un conjunto de carriles montados.

Es decir:

$$O = 4 \times (CSr + CCv + CSg + CAv + CE + CS)$$

$$O = 4 \times (1 + 6 + 15 + 175 + 1 + 1)$$

$$O = 4 \times 199$$

$$O = 796$$

A esto se considerar3 un 15% adicional al c3lculo por perdidas o imprevistos en operaciones.

$$O_a = O + 15\% \times O$$

$$O_a = 796 + 0.15 \times 796$$

$$O_a = 915.4$$

$$O_a = 916$$

**f) Perno Hexagonal de Grado 8 de 3/4" x 5" (P5):**

Este perno de acero templado y de alta resistencia, se usa para unir todos los tipos de carriles, y unir el cabezal de entrada (CE) y cabezal de salida (CS). Para el c3lculo de pernos de este tipo se requiere 4 unidades por cada uni3n.

Es decir:

$$\mathbf{P5 = 4 \times (CSr + CCv + CSg + CAv + CE + CS)}$$

$$P5 = 4 \times (1 + 6 + 15 + 175 + 1 + 1)$$

$$P5 = 4 \times 199$$

$$\mathbf{P5 = 796}$$

A esto se considerará un 15% adicional al cálculo por pérdidas o imprevistos en operaciones.

$$\mathbf{P5_a = P5 + 15\% \times P5}$$

$$P5_a = 796 + 0.15 \times 796$$

$$P5_a = 915.4$$

$$\mathbf{P5_a = 916}$$

**g) Perno Hexagonal de Grado 8 de ¾" x 3 ½" (P3):**

Este perno se usa para unir los ángulos de soporte con los espaciadores o unir el ángulo de soporte con el mismo carril.

Para el cálculo de pernos de este tipo consideraremos 2 pernos por cada carril guía, carril curvo y carril de servicio, pero 8 unidades por cada carril de seguridad.

Es decir:

$$\mathbf{P3 = 2 \times (CSr + CCv + CAv) + 8 \times CSg}$$

$$P3 = 2 \times (1 + 6 + 175) + 8 \times 15$$

$$P3 = 2 \times 182 + 120$$

$$\mathbf{P3 = 484}$$

A esto se considerará un 15% adicional al cálculo por pérdidas o imprevistos en operaciones.

$$\mathbf{P3_a = P3 + 15\% \times P3}$$

$$P3_a = 484 + 0.15 \times 484$$

$$P3_a = 556.6 = 557$$

$$\mathbf{P3_a = 557}$$

**h) Perno Hexagonal de Grado 8 de ¾” x 2” (P2):**

Este perno se usa para unir espaciador con espaciador y espaciador con todo tipo de carril. Por cada unión ya mencionado se usan 2 pernos, y por cada carril se debería usar como máximo 4 unidades, esto quiere decir que la unión del carril con un máximo de dos espaciadores. A excepción del carril de seguridad que la cantidad máxima sería de 16 por llevar 4 anclajes.

Es decir:

$$\mathbf{P2 = 4 \times (CSr + CCv + CAv) + 16 \times CSg}$$

$$P2 = 4 \times (1 + 6 + 175) + 16 \times 15$$

$$P2 = 4 \times 728 + 240$$

$$\mathbf{P2 = 968}$$

A esto se considerará un 15% adicional al cálculo por pérdidas o imprevistos en operaciones.

$$\mathbf{P2_a = P2 + 15\% \times P2}$$

$$P2_a = 968 + 0.15 \times 968$$

$$P2_a = 1113.2$$

$$P2_a = 1114$$

**i) Tuerca Hexagonal de Grado 8 de ¾" (TG):**

Todos los pernos hexagonales de grado 8, requiere el uso de una tuerca independiente, de las mismas características. Para su cálculo se determina de la suma de las cantidades de todos los pernos hexagonales de grado 8 de ¾" por las diferentes medidas.

Es decir:

$$TG = P5_a + P3_a + P2_a$$

$$TG = 916 + 557 + 1114$$

$$TG = 2587$$

**j) Ángulos de Soporte (A):**

Los ángulos de soporte son los que fijan todos los tipos de carriles hacia la roca. Para el cálculo del número de ángulos de soporte de utiliza uno por cada carril que se quiere anclar y cuatro unidades por cada carril de seguridad.

**Figura 15**

*Ángulo*



*Nota.* Elaboración propia.

Es decir:

$$A = (CSr + CCv + CAv) + 4 \times CSg$$

$$A = (1 + 6 + 175) + 4 \times 15$$

$$A = 182 + 60$$

$$\mathbf{TG = 242}$$

A esto se considerará un 5% adicional al cálculo por perdidas o imprevistos en operaciones.

$$A_a = A + 5\% \times A$$

$$A_a = 242 + 0.5 \times 242$$

$$A_a = 254.1$$

$$\mathbf{A_a = 255}$$

**k) Pernos de Expansión o Pernos de cabeza expansiva (PE):**

Se utilizan como método de anclaje entre la roca y el ángulo de soporte. Este perno de expansión interactúa con la roca, mediante un taladro previo realizado. Para el cálculo del número de pernos de expansión, solo consideraremos que se utilizan dos unidades por cada ángulo de soporte.

## Figura 16

### *Pernos de expansión*



*Nota.* Elaboración propia.

Es decir:

$$PE = 2 \times A$$

$$PE = 2 \times 242$$

$$PE = 484$$

A esto se considerará un 15% adicional al cálculo por pérdidas o imprevistos en operaciones.

$$PE_a = PE + 15\% \times PE$$

$$PE_a = 484 + 0.15 \times 484$$

$$PE_a = 556.6$$

$$PE_a = 557$$

En este cálculo debemos de incluir las tuercas altas de pernos de expansión y las arandelas cuadradas que en conjunto forman el anclaje completo.

### **Tuercas de Pernos de Expansión (TPE):**

$$\mathbf{TPE = PE_a}$$

$$\mathbf{TPE = 557}$$

### **Arandelas Cuadradas (AC):**

$$\mathbf{AC = 2 \times PE_a}$$

$$\mathbf{AC = 2 \times 557}$$

$$\mathbf{AC = 1114}$$

Recordar que, para ambos cálculos, se está calculando con el número de pernos de expansión adicional. Es decir que el cálculo de ambos ya se está considerando el adicional requerido.

#### **1) Espaciadores o Distanciadores (E):**

Este accesorio nos ayuda a dar distancia entre los tipos de carriles y en ángulo de soporte, de acuerdo al espacio en que se encuentre la roca, nos permitirá tener estabilidad. Normalmente se maneja 3 tipos de medida de espaciadores. Pero en algunos casos, la distancia es considerable, es ahí entonces donde se maneja una fabricación alterna.

**Figura 17**

*Espaciadores*



*Nota.* Elaboración propia.

Las medidas que manejaremos en este proyecto serán:

**Tabla 8**

*Medidas de espaciador*

E10	Espaciador de 10 cm
E20	Espaciador de 20 cm
E30	Espaciador de 30 cm

*Nota.* Elaboración propia.

Para el cálculo de estos espaciadores utilizaremos como referencia al número de ángulos de soporte adicionales y su cantidad ira en disminución de acuerdo a la siguiente formula.

Es decir:

$$E10 = A_a$$



$$E10 = 255$$

$$E20 = 50\% \times E10$$

$$E20 = 0.5 \times 255$$

$$E20 = 127.5$$

$$E20 = 128$$

$$E30 = 25\% \times E10$$

$$E30 = 0.25 \times 255$$

$$E30 = 63.75$$

$$E30 = 64$$

Considerar que estos ya tienen en si el caculo del porcentaje adicional por perdidas o imprevistos en operaciones.

**m) Accesorios Alimak:**

Después de calcular todos los accesorios de anclaje que se va a requerir en la ejecución de los 380 metros de la CH-AK-510; se realiza la tabla N°4.

**Tabla 9**

*Resumen de accesorios de anclaje*

<b>ACCESORIOS DE ANCLAJE</b>	<b>COD.</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID</b>
Longitud de chimenea	LT	380	m
Longitud de Carriles de Seguridad	LCSg	30	m
Carril de Servicio	CSr	1	Unid.
Carriles Curvos	CCv	6	Unid.

Carril de Seguridad	CSg	16	Unid.
Carril de Avance	CAv	180	Unid.
Junta Tórica u O´rings	O	916	Unid.
Cabezal de Entrada	CE	1	Unid.
Cabezal de Salida	CS	1	Unid.
Pernos de Grado 8 de ¾” x 5”.	P5	916	Unid.
Pernos de Grado 8 de ¾” x 3 ½”.	P3	557	Unid.
Pernos de Grado 8 de ¾” x 2”.	P2	1114	Unid.
Tuercas de Grado 8 de ¾”.	TG	2587	Unid.
Ángulos de Soporte	A	255	Unid.
Pernos de Cabeza Expansiva de 4 pies.	PE	557	Unid.
Tuercas de Pernos de Cabeza Expansiva	TPE	557	Unid.
Arandelas Cuadradas	AC	1114	Unid.
Espaciador de 10 cm.	E10	255	Unid.
Espaciador de 20 cm.	E20	128	Unid.
Espaciador de 30 cm.	E30	64	Unid.

*Nota.* Elaboración propia.

#### **4.2.3. Determinar los parámetros de diseño en la excavación de chimenea de ventilación mediante la plataforma trepadora Alimak STH-5E.**

##### **1. PROCESO DE INSTALACIÓN**

**PASO 1: Instalación de rieles de 45 lbs, fierro corrugado de ø 1”, vaciado de concreto.**

- a) Instalación de rieles de 45 lbs, en forma horizontal (4 Und.) que serán ancladas con fierros de Ø 1” o 25 mm en la parte superior de la conexión de chimenea.

- b) Instalación de CIMBRA # 01 (cimbra base) y asegurado con soldadura, sobre los rieles.
- c) Encofrado de 0.50 m. alrededor de la CIMBRA BASE haciendo un área de influencia de 9.0 m<sup>2</sup> (3.0m x 3.0 m), y vaciado de concreto con enmallado de fierro de Ø ¾" corrugado, con una altura mínima de 0.3 m, de espesor.

### Figura 18

#### *Instalación de cimbra metálica y baseaso*



*Nota.* Elaboración propia

#### **PASO 2: Instalación de cimbra #01 (cimbra base) zona de conexión.**

- a) Para la instalación de la primera Cimbra en la zona de conexión, se colocarán con 16 "L" de Fierro de Ø 1" fijadas en roca con resina (2 unidad) y cembol (2 unidades), así mismo con los rieles que servirán como base de la cimbra.
- b) Posterior a ellos, la CIMBRA # 01 (cimbra base), quedara fijada con los anclajes y el vaciado que se realizado alrededor de la misma.

- c) Se armará la siguiente cimbra superior y se realizará el relleno de carga con material cuaternario, continuar con este procedimiento hasta garantizar una estabilidad mayor y luego comenzar con la instalación de cimbras en la chimenea netamente. Recordar dejar una altura para poder habilitar las cimbras y cargar al equipo Plataforma Trepadora, los cuales serán instalados en la columna de la chimenea.

### **PASO 3: Instalación de cimbra en la columna de chimenea**

- a) Para la instalación de las cimbras en la columna de la chimenea se realizará la instalación de cimbra base en roca firme, el cual será sobre soporte de rieles de 45 Lbs, con buenas patillas de mínimo 0.40 m y anclados con 16 pernos de 1" instalados con resina (2 unidades) y cembol (2 unidades).
- b) Se colocarán las planchas acanaladas en toda la sección, Se instalarán de forma paralela la cimbra y la plancha acanalada.

### **PASO 4: Cimbra base**

- a) En la columna de la chimenea se realizará la instalación de una cimbra base cada 7 cimbras o cada 8.40 m. estrictamente con base de rieles y fierro tipo "L" de 1".

### **PASO 5: Trabajos de soldadura**

- a) Las cimbras serán aseguradas con soldadura, entre las planchas acanaladas y entre cimbras, independientemente de la sujeción de pernos de grado.

## Figura 19

*Trabajos de soldadura*



Nota. Elaboración propia

## Figura 20

*Trabajo final de instalación de cimbras metálicas*



Nota. Elaboración propia

### a) **Chimenea de ventilación en mina AGROMIN “LA BONITA”**

El diseño de la chimenea de ventilación, comprende una excavación vertical desde la galería principal de extracción de mineral (NV. 1385 msnm), hasta superficie (1765 msnm). Con

sostenimiento de Split set puntual y sistemático en el proceso de excavación e instalación de cimbras metálicas en los últimos metros debido al tipo de roca que se presenta en la conexión. Además de ello, dicha excavación esta paralela a la veta principal, y es por eso que a cada cierto avance se ejecutara subniveles de reconocimiento. Para este proyecto se tiene las siguientes especificaciones técnicas:

**PROYECTO: CH-AK-510**

- ✓ Longitud: 380 m.
- ✓ Sección: Cuadrada de 2.0 m x 2.0 m
- ✓ Inclinación: 87°
- ✓ Estocadas: 5

• **Sellado de Chimenea**

Primero tener en cuenta que para realizar un correcto montaje del plataforma trepadora y carriles curvos, que te darán la inclinación correcta para comenzar el proyecto; se tiene que tener una altura mínima de 4.5 metros a 5.0 metros.

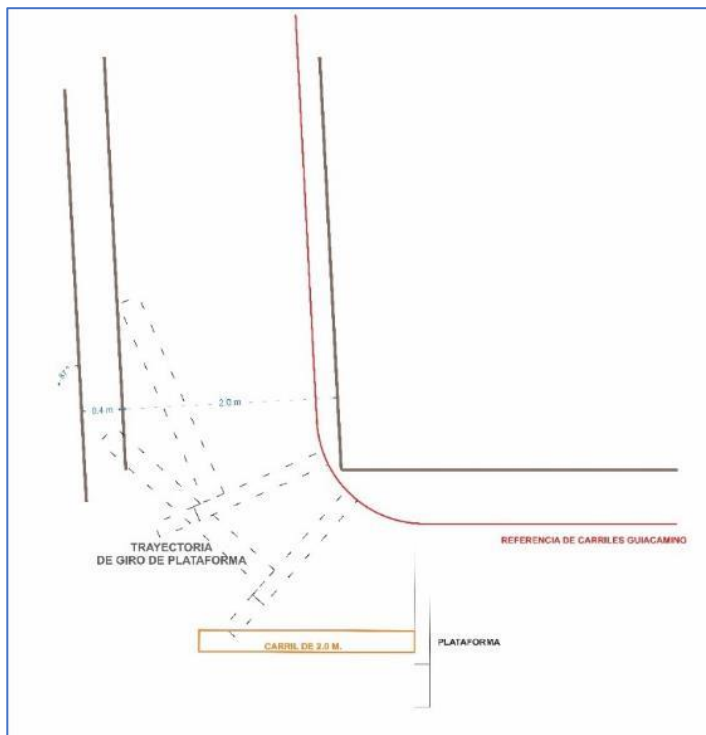
Entonces al no contar aun con la plataforma trepadora, el método de excavación de la chimenea piloto se realizará de método convencional. Para comenzar con la primera perforación (sellado de la chimenea), es indispensable tener eje de la chimenea marcada, eso corresponde al área de topografía de la mina.

Considerar también que la altura mínima de perforación es de 2.10 metros, y que la labor en la que se realizara el sellado tiene una altura de 2.50 metros, es por eso que se coordinó el relleno del piso de perforación con carga acumulada, hasta tener la altura deseada.

Una vez preparada la plataforma de perforación, se procede a marcar la malla de perforación. Para el sellado y los disparos siguientes se tiene que considerar, un radio de curvatura amplia, teniendo en cuenta también el giro que realizara el equipo con un carril de 2.0 metros de avance.

**Figura 21**

*Trayectoria de la plataforma trepadora*



*Nota.* Elaboración Propia.

Como se puede observar, el radio de giro, sobrepasa la sección del proyecto que es de 2.0 m. x 2.0 m. Por ello, los primeros metros, tiene que ser de sección amplia, en el lado que indica la imagen (según la orientación de la chimenea, el lado a sobre excavar es la caja piso), para garantizar que, en el ascenso de la plataforma trepadora, más el carril de avance de 2.0 metros, que va ubicado encima, no choque en los hastiales. Garantizando correcta trayectoria.

Según la sobre excavación que se calculó de acuerdo a la imagen, sería de 0.40 m., haciendo una sección final de 2.0 m. x 2.40 m. Y la distancia a que tendría que ser excavada a esa sección sería la misma que se correría con el método convencional, de 4.50 m a 5.0 m.

Teniendo ya la sección y la longitud a excavar, se inicia con la perforación del frente, usando la misma malla diseñada para la sección de 2.0m x 2.0m solo que se tiene que aumentar una fila adicional para aumentar los 0.40 m que se requiere.

Posterior a ellos proceder con el carguío, y voladura en los horarios establecidos.

Para los disparos sucesivos, se tiene que armar una plataforma de madera, para establecer piso firme de perforación. Esta plataforma de madera está conformada por puntales de 4" a 5", y tablas compuestas de 20 cm de ancho por la longitud



requerida de acuerdo a la excavación requerida, en forma andamios.

Esta tiene que ser armada para la perforación y posterior a ello desarmada para la voladura.

## **Figura 22**

*Sellado de Chimenea (método convencional).*



*Nota.* Elaboración propia

### **b) Excavación de Estocadas**

Como un objetivo secundario de la excavación de la CH-AK-510, es la exploración de la veta que tiene una orientación paralela a la excavación de la chimenea. Es por este motivo que se realizaran estocadas en forma horizontal al piso de la chimenea. A cada cierto metraje y previa aprobación del área de geología.

**Tabla 10**

*Detalles de estocadas excavadas*

<b>ESTOCADAS</b>	
<b>LABORES</b>	<b>NIVEL</b>
EST-509	NV- 1600
EST-508	NV- 1560
EST-507	NV-1520
EST-506	NV-1480
EST-505	NV-1440

*Nota.* Elaboración propia

Resaltar que la excavación de cada estocada es hasta encontrar y definir la veta. El ciclo de excavación de estas estocadas se realizaba de la siguiente manera:

- **Sellado de estocada**

Cuando la excavación de la chimenea se encuentre en el nivel que toca realizar la excavación de la estocada, se procede a la evaluación del macizo rocoso por parte del área de GEOLOGIA de la unidad minera. Ellos determinan y autorizan el sellado de la estocada previamente analizando el tipo de roca y que los demás hastiales de la chimenea están bien sostenidos.

Se procede con la perforación del frente al piso de la chimenea, con la sección de 1.50 m x 2.10 m. Tener en cuenta

que al momento de la primera voladura se tiene que retirar el carril anclado para no ser afectado por las ondas explosivas.

Otra recomendación que se debe tener en cuenta en el sellado de la estocada, es la perforación, considerando realizar taladros de alivio en los contornos, para la voladura controlada.

- **Desatado de rocas sueltas**

Después de la primera voladura, se asciende nuevamente con la plataforma trepadora, se estaciona el nivel del piso de la estocada, se procede a realizar el lavado de los hastiales y a continuación a realizar el desatado de rocas sueltas, de toda la zona afectada o perturbada.

Cuando la estocada ya se encuentra con un avance considerable, es menos riesgoso, porque el desatado de rocas ya se realiza con el procedimiento de labores horizontales. Siempre considerar el lavado de hastieles con abundante agua.

- **Limpieza de la estocada**

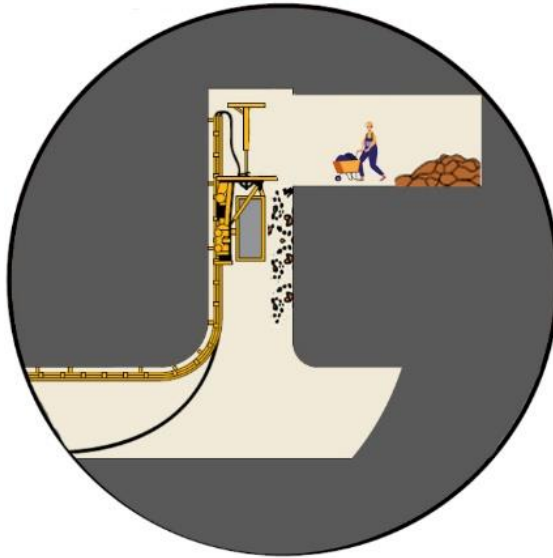
En cuanto a la limpieza de la estocada, se realizará de manera manual, es decir de la forma tradicional, usando picos y lampas mineras. Mientras la excavación de la estocada se va profundizando, la limpieza de la misma, se va complicando, y a un cierto metraje, ya se usa la carretilla tradicional.

Cabe resaltar que toda esta carga es echada por la chimenea, ya que nos encontramos a distintos metros del nivel principal.

A diferencia de la excavación de chimenea, aquí se usa un tercer hombre para el apoyo en la limpieza de la estocada.

**Figura 23**

*Limpieza de estocadas*



*Nota.* Modificación del Manual de especificaciones técnicas Alimak

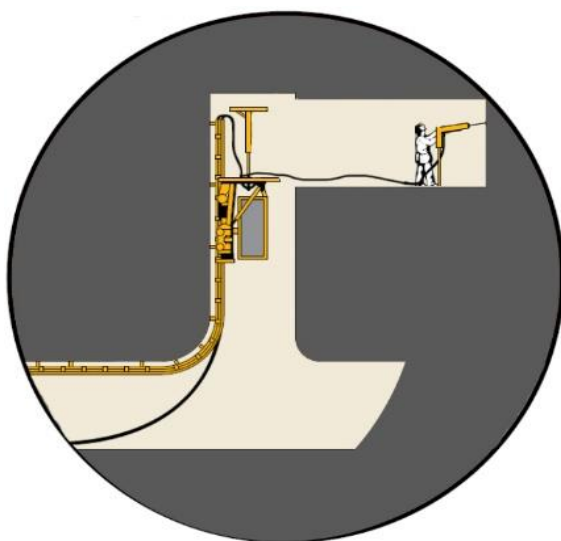
- **Perforación y voladura**

En el proceso de perforación es similar a la de un frente común, empleando maquinas perforadoras neumáticas (jackleg). Con la única diferencia, que los servicios auxiliares (agua industrial y aire comprimido) son suministrados por el ultimo carril de avance que se encuentra anclado, usando el cabezal de perforación.

El traslado de explosivos, es el mismo proceso del de la chimenea, con la única diferencia, que el encebado ya se realiza en el frente mismo de la estocada. Por el tema de explosivos se usan los mismos y la voladura también tiene el mismo proceso.

**Figura 24**

*Perforación de estocadas*



*Nota.* Modificación del Manual de especificaciones técnicas Alimak

**Tabla 11**

*Datos de excavación de estocadas*

<b>PARAMETROS DE PERFORACIÓN</b>		
Longitud de Perforación	4 ft	1.22 m
Eficiencia de Perforación	95 %	
Longitud de Perforación Relativa	3.8 ft	1.16 m
Eficiencia relativa	90 %	
Avance por disparo	1.04 m	
Nº de disparos	2 disparos/día	
Avance diario	2.08 m/día	
Longitud por excavar	encontrar veta	

*Nota.* Elaboración propia

- **Ventilación**

Los primeros metros de excavación de la estocada son ventilados de la misma forma que se usan en la excavación de la chimenea. Pero cuando la estocada tiene un avance considerable, se hace uso de una tercera línea, que hace que el aire comprimido se decía de forma vertical a la horizontal, por medio de una manguera de 1", que sale del cabezal de perforación. Recalcar que ya en este proceso ya no se usa el cabezal de disparo.

**Figura 25**

*Frente de perforación de estocada*



*Nota.* Elaboración propia

c) **Excavación de la chimenea CH-AK-510 (primera etapa)**

El ciclo de la excavación de la chimenea de ventilación con el método de plataforma trepadora, se describe de la siguiente forma.

- **Ventilación**

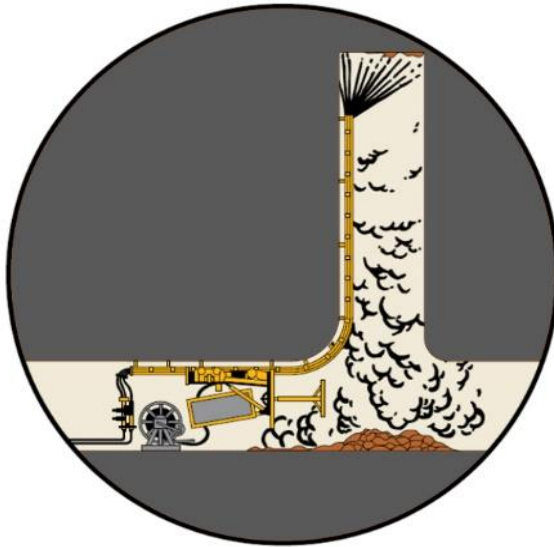
El proceso de ventilación en chimeneas Alimak, es el proceso más importante y relevante, cuyo procedimiento no puede ser omitido por ningún motivo.

Consiste en desplazar los gases generados por la voladura o maquinaria pesada que, debido a sus propiedades físicas y químicas, tienden a acumularse en la cúspide de la chimenea. Mediante las tuberías de los carriles se suministra aire comprimido a una presión elevada, y así conseguir un circuito de fluidez.

La guardia entrante deberá de verificar que las válvulas se encuentren abiertas y garantizar que se esté cumpliendo el circuito de ventilación. Adicional a ello se maneja un control de registro de monitoreo de gases, que como herramienta de gestión ayuda a tener control de tiempos en que se desplaza el aire viciado, y poder prever cualquier escenario que se pueda predecir o presentar.

## Figura 26

### *Ventilación de la chimenea*



Nota. Manual de especificaciones técnicas Alimak

- **Ascenso Alimak**

Comprobado que la ventilación es la óptima, teniendo en cuenta el tiempo y el buen flujo de aire comprimido suministrado a la chimenea, se garantiza que la ventilación es la correcta. En este proceso involucra la inspección de equipos, máquinas, herramientas, y equipo anti caídas.

Para poder ascender con la plataforma trepadora se debe pasar el check list correspondiente; adicionalmente para se deben de alistar un carril guía, accesorios de anclaje, barrenos de perforación, máquinas perforadoras, barretillas, etc., en función al trabajo que se realizara.

El personal, debe de colocarse los EPP's, especiales y adicionales a los comunes (priorizar un check list de equipos anti caídas). Recordar que desde que se ingresa a la jaula y en



todo el trayecto del ascenso el personal se debe de encontrar anclado en los diversos puntos de anclaje.

- **Desatado de rocas sueltas**

Cuando la plataforma trepadora se encuentre en la cúspide de la chimenea, se procede con el presentado del carril guía, para así poder ascender un poco más, y tener mayor facilidad de accesibilidad a las rocas sueltas que se encuentran en el frente de la chimenea y a los hastiales.

Se instala cabezal de perforación, y se solicita que se pueda suministrar agua para poder lavar el frente e identificar rocas suspendidas, fallas y verificar tiros fallidos. Para el proceso de desatado de rocas sueltas se utilizarán barretillas de 2', 4' y 6' en algunos casos incluso barretillas de 8'.

Se inicia con el desatado de rocas del frente de la chimenea, teniendo en cuenta la ubicación del perforista, que debe de ubicarse en una extremo y desatar al extremo contrario. Concluido el proceso de desatado del frente de la chimenea, se prosigue con los hastiales de la chimenea (techo, piso y laterales). Siempre teniendo en cuenta los procedimientos seguros.

- **Anclaje de carril**

Concluido el desatado de rocas sueltas, se procede con el anclaje del carril de avance de 2 metros, ya antes presentado. Mediante las diferentes medidas de los espaciadores, se cubre el espacio entre la roca y el carril de avance, para después estar

sujeta al ángulo de soporte. Se perfora dos taladros, previamente marcados para la inserción de los pernos de anclaje o de cabeza expansiva.

Para la fijación del carril de avance se hace uso del clinómetro para determinar el ángulo del proyecto y el uso del nivel de mano para no tener desviaciones hacia los hastiales. Para la unión de carriles se utiliza pernos de grado 8 de  $\frac{3}{4}$ " x 5"; para la unión de espaciador, espaciador y carril de avance, se utiliza pernos de grado 8 de  $\frac{3}{4}$ " x 2" y para la unión de espaciadores entre el espaciador y el ángulo se utiliza pernos de grado 8 de  $\frac{3}{4}$ " x 3  $\frac{1}{2}$ ".

- **Sostenimiento**

Instalado el del carril de avance, se procede a instalar el sostenimiento que para esta chimenea y según la evaluación de las áreas de CIA, se usaran **SPLIT SET DE FORMA PUNTUAL**, según se requiera necesario. Este sostenimiento será definitivo.

Según la evaluación constante que se realizó en la chimenea se determinó que en los últimos 50 a 60 metros, se cambió al sistema de **SPLIT SET** de forma sistemática, según el detalle adjunto.

- **Perforación de frente de chimenea**

Una vez garantizando las condiciones adecuadas del frente, se procede con la instalación de máquinas perforadoras. Para la

perforación de la chimenea que es una perforación vertical, se utiliza maquinas stopper's.

**Figura 27**

*Máquina Stopper RN-250S*

RN-250S STOPPER	
FICHA TÉCNICA / TECHNICAL DATA SHEET	
PESO/ WEIGHT (INCLUDE EMPUJADOR) / (PUSHER INCLUDED)	47kgs
LONGITUD/ LENGTH (INCLUDE EMPUJADOR) / (PUSHER INCLUDED)	1549 mm
DIÁMETRO DEL CILINDRO/ CYLINDER DIAMETER	79.4 mm
CARRERA DEL PISTÓN/ PISTON RACE	127 mm
CARRERA ÚTIL DEL PISTÓN / USEFUL PISTON RACE	65 mm
FRECUENCIA DE IMPACTO / IMPACT FREQUENCY	2250 g/m
PESO DE LA PERFORADORA (INCLUDE PIerna DIRECTA) / DRILL WEIGHT (INCLUDES DIRECT LEG)	47 kgs
CARRERA DE LA PIerna DIRECTA / DIRECT LEG RACE	780 mm
CONSUMO DE AIRE (90 PSI) / AIR CONSUMPTION (90 PSI)	4.9 m <sup>3</sup>
TAMAÑO DE BARRENA (STANDARD) / DRILL SIZE (STANDARD)	22mm x 100mm
REVOLUCIONES/ REVOLUTIONS	225 rpm

REFACCIONES NEUMÁTICAS LA PAZ S.A. DE C.V.

MEXICO: **MEXICO**  
 Calle Toluca 4100  
 Col. San Andrés Bica, San Andrés Bica  
 Estado de México, México D.F.  
 Tel: +52 55 5638 5144  
 e-mail: rnp@rnp.com.mx

PERFOREX PDRB  
 Calle Toluca 4100  
 Col. San Andrés Bica, San Andrés Bica  
 Estado de México, México D.F.  
 Tel: +52 55 5638 5144  
 e-mail: rnp@rnp.com.mx

PERFOREX CABLE  
 Av. Simón Bolívar 1000, San Andrés Bica  
 Estado de México, México D.F.  
 Tel: +52 55 5638 5144  
 e-mail: rnp@rnp.com.mx

www.rnp.com

**RNP**  
México®

*Nota.* Equipo de perforadoras neumáticas México

Antes de iniciar con la perforación se debe conocer la malla de perforación que se utilizara, y trazarlo en el frente. Utilizar barrenos de 2', 4' y 6' y brocas de 34 mm y 36 mm. En la excavación de esta chimenea se tiene que manejar una longitud de perforación de solo 6 pies, que por lo general en toda chimenea con el método de excavación usando la plataforma trepadora, es de 8 pies.

Esto debido al tipo de accesorio que se utiliza en esta mina convencional (Carmex® de 7 pies). En cuanto al abastecimiento del aire comprimido para las maquinas neumáticas perforadoras, son suministradas por las tuberías

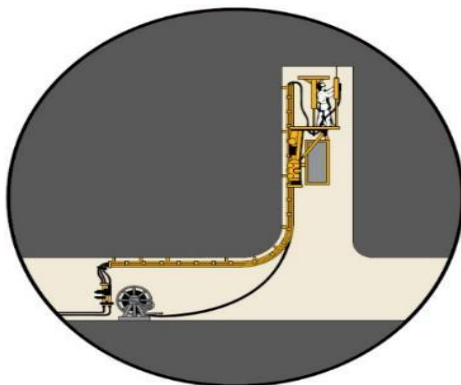
del carril que se adicionan válvulas de control por medio del cabezal de perforación. La presión mínima requerida para el buen funcionamiento óptimo y eficiente de las maquinas neumáticas es de 90 PSI.

Lo mismo sucede con el abastecimiento del agua industrial para las maquinas perforadoras, son suministradas por una de las tuberías del carril y controladas también por medio del cabezal de perforación. Esta a su vez es bombeada desde la cámara de estación por una Bomba de Pistones con un motor de 7.5 HP.

Ya teniendo todos los recursos para la perforación, se procede con la instalación de las maquinas neumáticas perforadoras y posterior a ello empezar a perforar el frente, encima de la Plataforma de trabajo. Siempre tener en cuenta que al realizar todos estos trabajos el personal debe encontrarse con los equipo anticaídas y enganchadas a los puntos de anclaje.

**Figura 28**

*Ventilación de la chimenea*



*Nota.* Manual de especificaciones técnicas Alimak

- **Traslado de explosivos y accesorios**

Antes de describir el proceso de traslado de los agentes de voladuras detallaremos los tipos de explosivo que se usan en AGROMIN “LA BONITA” S.A.C. Sistema De Iniciación:

- **CARMEX®:**

**Figura 29**

*Ficha técnica del CARMEX*

**SISTEMAS DE INICIACIÓN**  
**CARMEX®**  
**DETONADOR ENSAMBLADO**

**Descripción y composición**

El CARMEX® ha sido concebido y diseñado como un seguro y eficiente sistema de iniciación para efectuar voladuras convencionales.

El CARMEX® está compuesto por los siguientes componentes: un Fulminante Central NF 8, un tirador de Mocha de Seguridad, un Conector para Mocha Rápida y un Bloque de Sujeción, que visto a ser un seguro de plástico, cuya función es sujetar la Mocha Rápida al Conector para Mocha Rápida.

El CARMEX® es aprobado por personal especializado, mediante el uso de máquinas Sphero neumáticas, operando con aire a la temperatura del Fulminante – Mocha de Seguridad – Conector.

**NOTA:** Este es un tipo de CARMEX® que no lleva Conector para Mocha Rápida ni Bloque de Sujeción.

**Características técnicas**

**DEL FULMINANTE CENTRAL CARMEX®**

Diámetro del fulminante (mm)	6,3	Resistencia a la tracción mínima del 100 % por 24 horas	Distinta
Longitud del fulminante (mm)	45	Resistencia al impacto 7 según	Res. Distinta
Prueba de ensayo	M-9-p	Seguridad a la explosión de la	Distinta
Diámetro de perforación (mm)	14-15	mocha de seguridad	
Volumen (litros) (mm)	Vol. 25		

**DE LA MOCHA DE SEGURIDAD CARMEX®**

Color del componente plástico	Verde
Mocha de plásticos (mm)	5,1 x 0,7
Diámetro de perforación en 1 m. (mm)	160 x 10
Diámetro externo (mm)	3,7 x 0,7

**DEL CONECTOR CARMEX®**

Diámetro del conector (mm)	6,3
Longitud del conector (mm)	45
Ancho de la ranura (mm)	2,2 x 0,3
Carga de material prototípico (g)	0,5 x 0,1
Altura de carga (mm)	11 x 5,0

**DEL BLOQUE DE SUJECIÓN CARMEX®**

Diámetro del bloque de sujeción (mm)	10 x 2,3
Longitud total (mm)	14 x 2,3
Color del bloque de sujeción	Amarillo
Material	Plástico

**Presentación**

Envolvente 1.15	Material de env.	Capacidad de env. (gms)	Peso neto (kg)	Peso bruto (kg)	Divergencias adicionales (mm)
CARMEX® 2,10 m (7 pies)	Cartón	300	15,8	17,5	43,0 x 43,0 x 39,0
CARMEX® 2,40 m (8 pies)	Cartón	300	17,7	19,5	44,5 x 38,0 x 39,0
CARMEX® 2,70 m (9 pies)	Cartón	200	18,3	19,2	44,5 x 38,0 x 39,0

Envolvente 1.45	Material de env.	Capacidad de env. (gms)	Peso neto (kg)	Peso bruto (kg)	Divergencias adicionales (mm)
CARMEX® 1,00 m	Cartón	100	2,85	3,02	43,0 x 43,0 x 27,0
CARMEX® 2,00 m	Cartón	50	2,51	2,63	43,0 x 43,0 x 27,0
CARMEX® 3,00 m	Cartón	50	3,83	4,09	43,0 x 43,0 x 27,0
CARMEX® 4,00 m	Cartón	50	5,02	5,38	43,0 x 43,0 x 27,0
CARMEX® 5,00 m	Cartón	50	6,21	6,65	43,0 x 43,0 x 27,0
CARMEX® 1,00 m (sin conector)	Cartón	100	2,02	2,14	43,0 x 43,0 x 27,0
CARMEX® 2,00 m (sin conector)	Cartón	50	2,51	2,63	43,0 x 43,0 x 27,0
CARMEX® 3,00 m (sin conector)	Cartón	50	3,84	4,07	43,0 x 43,0 x 27,0
CARMEX® 4,00 m (sin conector)	Cartón	50	4,99	5,28	43,0 x 43,0 x 27,0
CARMEX® 5,00 m (sin conector)	Cartón	50	6,14	6,56	43,0 x 43,0 x 27,0

**Transporte**

Clase: 1.15  
 División: 1.1B  
 Nº ONU: 2330

Clase: 1  
 División: 1.4D  
 Nº ONU: 2330

1.4

Nota. Catálogo de FAMESA EXPLOSIVOS

El tipo de CARMEX®, que utilizamos en esta unidad minera es: **CARMEX® 2,10 m (7 pies)**. Al ser el este el único accesorio, con el que podemos contar, la longitud de perforación del frente en la chimenea es de 6 pies (aproximado de 1.80 m).

- **MECHA RÁPIDA:**

**Figura 30**

*Mecha rápida*

**SISTEMAS DE INICIACIÓN**  
**MECHA RÁPIDA**  
CORDÓN DE IGNICIÓN

**Descripción y composición**

La MECHA RÁPIDA es un componente del sistema tradicional de iniciación de voladuras, compuesto por una masa pastosa, dos alambres y una cobertura exterior de material plástico.

La MECHA RÁPIDA produce una llama instantánea durante su combustión con la suficiente temperatura para activar la masa pastosa del CONECTOR PARA MECHA RÁPIDA, el que a su vez asegura el eficiente encendido de la MECHA DE SEGURIDAD.

**Tipos y usos**

Para satisfacer los requerimientos de trabajo en minería y construcción civil, FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. ofrece los siguientes tipos:

- MECHA RÁPIDA Z - 18
- MECHA RÁPIDA Z - 19

La MECHA RÁPIDA suministrada con el CONECTOR PARA MECHA RÁPIDA tiene como objetivo eliminar el accidente o "cortape" habitual de las "mechas" o "primas" antes de la exposición del operador a labores con presencia de fuego y permite la asociación segura del personal ante la posibilidad de una iniciación prematura, ya que garantiza adecuadamente proporcióna el tiempo suficiente al operador para retirarse a un lugar seguro.

Para efectuar cada conexión en las redes de encendido, la MECHA RÁPIDA se inserta en la ranura del CONECTOR PARA MECHA RÁPIDA y la base de este se presiona para asegurar un buen contacto. Dicho contacto también puede realizarse por empujamiento o "brazado" o jalando el "cable de sujeción" (cable plástico) que se provee adicionalmente.

El plan de voladura llevado debe contemplar que la longitud de MECHA RÁPIDA a usarse debe ser tal que todos los "armados" o "primas" estén conectados, y en combustión dentro de los taballos antes que el primer "blatón" delono.

**Características técnicas**

	Mecha Rápida Z - 18	Mecha Rápida Z - 19
Color de la Mecha Rápida	Ripio	Verde
Materia de la cobertura exterior	Plástico	Plástico
Tiempo de combustión en 1 m (s/m)	35 ± 5	32 ± 5
Diámetro exterior (mm)	7 - 0,3	7 ± 0,3
Peso total (g/m)	Mín. 8,0	Mín. 8,5

**Presentación**

Materia de caja	Capacidad de caja	Peso neto (kg)	Peso bruto (kg)	Dimensiones exteriores (cm)
Mecha Rápida Z - 18	Cable	10 rollos x 150 m	10,4	45,3 x 27,5 x 14,0
Mecha Rápida Z - 19	Cable	10 rollos x 150 m	10,5	45,3 x 27,5 x 14,0

NOTA: Mechas especiales tipo cable a pedido: Z-02, Z-03 y Z-09

**Transporte**

Clase: 1  
División: 1.4G  
NF ONU: 0395

**FAMESA EXPLOSIVOS**

*Nota.* Catálogo de FAMESA EXPLOSIVOS

El tipo de **MECHA RÁPIDA**, que utilizamos en esta unidad minera es: **Mecha Rápida Z - 18**.

- **Alambre de nicrom:**

Este tipo de alambre sirve como conector, entre la mecha y el cable de disparo, tiene propiedades de resistir la conducción eléctrica y alcanzar altas temperaturas.

El alambre NiCrom tiene una alta resistencia extensible y un punto de fusión elevado. Cortadora de hilo de NiCrom (NiCr) tiene un equilibrio perfecto de la fuerza de tensión y requisitos de energía, haciéndolo ideal no sólo para cortar, sino que también se ajusta a las capacidades de la mayoría de las fuentes de alimentación. El tipo de **ALAMBRE DE NICROM** es:

**Tabla 12**

*Tipo de alambre de NiCrom*

CALIBRE	DIAMETRO		RESISTENCIA	
	SWG	MM	PULG MIL	OHMS/MTO
30	0.2540	0.0100	21.1000	2330.00

**Figura 31**

*Alambre de NiCrom*



*Nota.* Catálogo de SaoSan IMPORT - EXPORT S.R.L.



- **EXPLOSIVOS**

**Figura 32**

*Ficha técnica del EMULNOR*

**ALLOS EXPLOSIVOS**  
**EMULNOR®**  
EMULSIÓN / HIDROGEL ENCARTUCHADA

**Descripción y composición**  
El EMULNOR® es una emulsión explosiva encartuchada en una envoltura plástica que posee propiedades de seguridad, potencia, resistencia al agua y buena calidad de los gases de voladura.

**Tipos y usos**  
Para satisfacer los requerimientos del mercado, FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. cuenta con los siguientes tipos:  
• EMULNOR® 500 - Para la voladura de rocas muy suaves.  
• EMULNOR® 1000 - Para la voladura de rocas suaves e intermedias.  
• EMULNOR® 3000 - Para la voladura de rocas intermedias a duras.  
• EMULNOR® 5000 - Para la voladura de rocas muy duras.

Se usa solo orientado a cualquier tipo de trabajo. En explotaciones y descargas mineras, en obras de ingeniería civil, en canchales, en baldíos secos, húmedos e inundados, con una modalidad de aplicación similar a las demitras convencionales, pudiendo trabajar como columna explosiva o como "codos" de iniciación de columnas de nitro-carbonatos.

Debido a la buena calidad de los gases residuales y al no contener nitrógeno en su composición, permite que el personal realice a la labor en menor tiempo, obteniéndose mejores en los costos de trabajo, sin disminuir de la seguridad.

**Características técnicas**

	EMULNOR 500	EMULNOR 1000	EMULNOR 3000	EMULNOR 5000
Densidad relativa (gr/ml)	1.18 a 1.19	1.18 a 1.19	1.18 a 1.19	1.18 a 1.19
Volumen de gases (litros/m³)	2.400 a 2.500	2.500 a 2.600	2.500 a 2.600	2.500 a 2.600
Resistencia al agua (seg)	1.000 a 1.100	1.000 a 1.100	1.000 a 1.100	1.000 a 1.100
Peso de encartucho (kg)	90	90	90	90
Capacidad (kg)	100	100	100	100
Volumen de gases (litros/m³)	800	800	800	800
Potencia relativa por peso (kg)	70	80	100	110
Potencia relativa por volumen (kg/m³)	70	100	100	100
Velocidad de detonación (m/s)	3000	3000	3000	3000
Peso de encartucho (kg)	90	90	90	90

**Presentación**

	Modelo	Carga (kg)	Peso (kg)	Dimensiones (mm)
EMULNOR 500 1" x 7"	Cantos	210	210	25.0 x 6.0 x 20.0
EMULNOR 500 1" x 8"	Cantos	280	280	28.0 x 6.0 x 20.0
EMULNOR 500 1" x 7"	Cantos	180	180	18.0 x 6.0 x 20.0
EMULNOR 500 1" x 8"	Cantos	220	220	22.0 x 6.0 x 20.0
EMULNOR 500 1" x 7"	Cantos	180	180	18.0 x 6.0 x 20.0
EMULNOR 500 1" x 7"	Cantos	180	180	18.0 x 6.0 x 20.0
EMULNOR 500 1" x 7"	Cantos	220	220	22.0 x 6.0 x 20.0
EMULNOR 500 1" x 7"	Cantos	210	210	21.0 x 6.0 x 20.0
EMULNOR 500 1" x 8"	Cantos	210	210	21.0 x 6.0 x 20.0
EMULNOR 500 1" x 7"	Cantos	180	180	18.0 x 6.0 x 20.0

**Transporte**  
Clase 1  
División 1.1 D  
Nº ONU 0005

*Nota. Catálogo de FAMESA EXPLOSIVOS*

El **tipo** de EMULNOR, que utilizamos en esta unidad minera

es:

- ✓ EMULNOR® 5000 1" x 7"
- ✓ EMULNOR® 5000 1" x 7"

**Figura 33**

*Ficha técnica de Pentacord*

**ALLOS EXPLOSIVOS**  
**PENTACORD®**  
CORDÓN DETONANTE

**Descripción y composición**  
El CORDÓN DETONANTE PENTACORD® es un accesorio de voladura que posee características como alta velocidad de detonación, facilidad de manipulación y seguridad. Está formado por un núcleo de perlas (PETN), el cual está recubierto con filamentos sintéticos y forrado con un material plástico. En el caso de los cordones reforzados, se utilizan adicionalmente hilos y resinas para dar al producto de una mayor resistencia a la abrasión y tracción.

**Tipos y usos**  
Para satisfacer los requerimientos del mercado, FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. cuenta con los siguientes tipos:  
**PENTACORD® 3 P.** Es un Cordón Detonante de bajo gramaje desarrollado para iniciar al FANLE®, MINNEL® y para voladuras secundarias.  
**PENTACORD® 8 PE.** Es un Cordón Detonante reforzado de gran gramaje, de gran resistencia a la tracción, abrasión y un alto grado de impermeabilidad, desarrollado para trabajar en líneas de demarcación en taladros de pequeño diámetro.  
**PENTACORD® 8 P.** Características similares a las del PENTACORD® 8 PE.

en baldíos de diámetro pequeño o intermedio, tanto en minería superficial como subterránea. También se usa para iniciar al FANLE® y MINNEL®.

**PENTACORD® 5 PE.** Es un Cordón Detonante reforzado de gran resistencia a la tracción, abrasión y un alto grado de impermeabilidad por lo que puede utilizarse en trabajos de minería superficial y subterránea.

**PENTACORD® 8 P y 10 P.** Son cordones de mayor gramaje, que pueden usarse como líneas de demarcación y descargas en cualquier trabajo especial de minería superficial o subterránea.

**PENTACORD® 8 PE y 10 PE.** Son accesorios reforzados de gran resistencia a la tracción, abrasión y un alto grado de impermeabilidad para trabajos de voladura en las mejores condiciones de seguridad. Estos cordones pueden permanecer cargados durante un tiempo sin deteriorarse hasta realizar la voladura respectiva.

El uso de este accesorio está orientado a la minería superficial y minería subterránea, para trabajar especialmente en voladuras primarias, secundarias y en voladuras especiales.

**Características técnicas**

	3 P	5 PE	8 P	8 PE	10 P	10 PE
Peso de carga (gr)	Mín. 4	Mín. 5	Mín. 8	Mín. 8	Mín. 10	Mín. 12
Resistencia al tracción (kg)	Mín. 70	Mín. 80	Mín. 100	Mín. 100	Mín. 120	Mín. 150
Velocidad de detonación (m/s)	Mín. 5500	Mín. 5500	Mín. 10000	Mín. 10000	Mín. 10000	Mín. 10000

**Presentación**

	Modelo	Cantidad de cajas	Peso neto (kg)	Dimensiones (mm)
Cordón Minero 3 P	Cantos	2 Bultos x 750 m	10.5	10.5 x 55.0 x 22.0
Cordón Minero 5 PE	Cantos	2 Bultos x 750 m	10.2	10.2 x 55.0 x 22.0
Cordón Minero 8 P	Cantos	2 Bultos x 750 m	10.9	10.9 x 55.0 x 22.0
Cordón Minero 8 PE	Cantos	2 Bultos x 850 m	10.0	10.0 x 55.0 x 22.0
Cordón Minero 10 P	Cantos	2 Bultos x 850 m	10.0	10.0 x 55.0 x 22.0
Cordón Minero 10 PE	Cantos	2 Bultos x 850 m	10.0	10.0 x 55.0 x 22.0

**Transporte**  
Clase 1  
División 1.1 D  
Nº ONU 0005

*Nota. Catálogo de FAMESA EXPLOSIVOS*



El tipo de **PENTACORD**, que utilizamos en esta unidad minera es: **Cordón detonante 5 P.**

- **ANFO:**

En esta unidad minera, solo te brindan el EMULNOR®, como cebo, pero la columna del taladro es llenada con ANFO. Adicional a ello, cabe resaltar que el ANFO utilizado aquí no es más que: Nitrato de Amonio Estabilizado combinado con DIÉSEL.

**Figura 34**

*Ficha técnica del Nitrato de amonio estabilizado (NAE)*

**Ficha Técnica**  
**Fertilizantes Nitrogenados**

**Molinos & Cía**  
FERTILIZANTES  
PERU

**Nitrato de Amonio Estabilizado (NAE)**

**Composición:**  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  estabilizado con fósforo.

**Aspecto:** Gránulos blancos opacos.


**Solubilidad (aprox. a 20°C):** 190 kg en 100 l de agua pura.

**Nitrógeno total (N):** 33 %  
16.5 % nitrógeno nítrico ( $\text{NO}_3^-$ )  
16.5 % nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ )

**Fósforo disponible ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ):** 3 %

**Presentación:** Bolsa de polietileno de 50 kg.

**Uso:** Fertilizante para aplicación directa al suelo. Se puede emplear en fertirriego en cuyo caso hay que tomar en cuenta que el fósforo estabilizante y/o la cubierta de cada gránulo pueden ser factores limitantes.



*Nota.* Productos de MOLINOS & CIA

Este producto, viene en bolsas de 50 kg, y su composición química es:

- **Nitrógeno total (N) 33 %**
  - Nitrógeno nítrico ( $\text{NO}_3^-$ ) 16.5 %
  - Nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) 16.5 %
- **Fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)**

Por lo general este viene a ser un tipo de fertilizante, pero al combinarse con el diésel, se convierte en un agente de voladura con un poder rompedor muy alto.

- **DIÉSEL**

Es un hidrocarburo (carbono e hidrogeno), utilizado en motores de combustión interna que produce la ignición a altas temperaturas. En la unidad minera todos los equipos y vehículos usan este tipo de combustible, y su traslado a interior mina es en galoneras para que se use netamente en el preparado del ANFO.

Estos tipos de accesorios y explosivos, se solicitan en el POLVORÍN PRINCIPAL, del mismo nivel, y su traslado hacia la cámara de estación Alimak, es por medio de mochilas autorizadas por la unidad minera, manteniendo el distanciamiento según reglamento.

Cuando los explosivos se encuentran en la cámara de estación son almacenados en cajas de madera distintas debidamente rotuladas y separados (explosivos de accesorios), hasta que llegue el momento de su traslado a la chimenea. Cuando llega

el momento de su traslado a la cúspide de la chimenea, estos son trasladados en recipientes plásticos y separados, para así evitar cualquier energía estática. Ya en el tope se procede con el encebado y el debido carguío de taladros.

- **Carguío De Taladros**

Cuando el equipo jaula y plataforma trepadora se encuentre ya en la cúspide de la chimenea y a 2.0 metros del frente de trabajo, se procede con el estacionamiento y dar la orden de desenergizarlo completamente.

Se procede en preparar los cebos (carmex®, emulnor® 5000 y emulnor® 3000), haciendo uso de punzón de cobre o de madera. Ya culminado el encebado se procede a distribuirlos en los taladros del frente de la chimenea, e introducidas al fondo del taladro con ayuda de un atacador de madera o tubo de PVC.

A continuación, se procede a inyectar el ANFO (nitrato de amonio combinado con el Diesel), con ayuda de una pistola de succión o Cargador de Anfo tipo de pistola, dejando un taco de 30 cm aproximadamente. Para luego ser taponeado usando cartón mojado. Y así estaría conformado la distribución de los taladros del frente de la chimenea.

Culminado este procedimiento se procede a amarrar los carmex® con la mecha rápida, dándole la respectiva secuencia y retardo correspondiente (caso diferente al uso de faneles® y

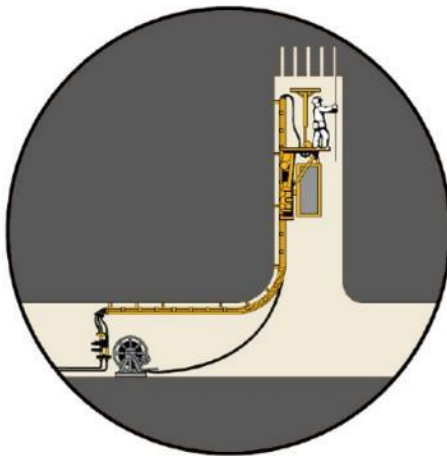
pentacord®, que por lo general son usados en chimeneas alimak).

Del arranque se coge un pedazo de mecha rápida que se prolonga hasta el cabezal de disparo, para posterior a ellos amarrar con el alambre de NiCrom con dos puntas, una en cada fase a su vez al cable de disparo (polo positivo y negativo).

Concluido con todo este proceso, el personal desciende de la chimenea hasta la cámara de estación en donde se estacionará el equipo y guardará el excedente de los explosivos en las cajas de almacenamiento temporal.

### **Figura 35**

*Carguío de taladros del frente de la chimenea*



*Nota. Manual de especificaciones técnicas Alimak*

## Figura 36

### *Carguío de taladros*



*Nota.* Elaboración propia

- **Voladura**

Para empezar el proceso de voladura, se tiene que esperar al horario establecido por la unidad minera.

Una vez dentro del horario, y mediante el explosor que se encuentra en la cámara de estación, unido a los polos del cable de disparo se acciona, esto ocasiona que el alambre NiCrom se recaliente y se queme, accionando a la mecha rápida y posterior a ello, acciona cada carmex.

Se tiene que esperar un tiempo prudente, para poder estar seguro de que se a ya consumido toda la mecha rápida y recién ahí abrir las válvulas de aire para proseguir con la respectiva ventilación.

**Figura 37**

*Voladura en chimeneas Alimak*



*Nota.* Manual de especificaciones técnicas Alimak

### **DISEÑO DE CÁMARA DE ESTACIÓN ALIMAK**

Basándonos en los siguientes datos se puede inferir el Diseño de la

#### **CÁMARA DE ESTACIÓN:**

- ✓ El punto de inicio de la **CH-AK-510**, está ubicado en el nivel principal de extracción de mineral, cuya sección es de 2.50 m x 2.50 m.
- ✓ La limpieza de la carga se efectuará mediante maquinaria de bajo perfil (scooptram de 1.5 m<sup>3</sup> de capacidad).
- ✓ Sección de la **CH-AK-510** es de 2.0 m x 2.0 m, este dato determina la sección mínima que debería de tener la **CÁMARA DE ESTACIÓN**.

Teniendo en cuenta se determina que el tipo de cámara de estación debe de ser:

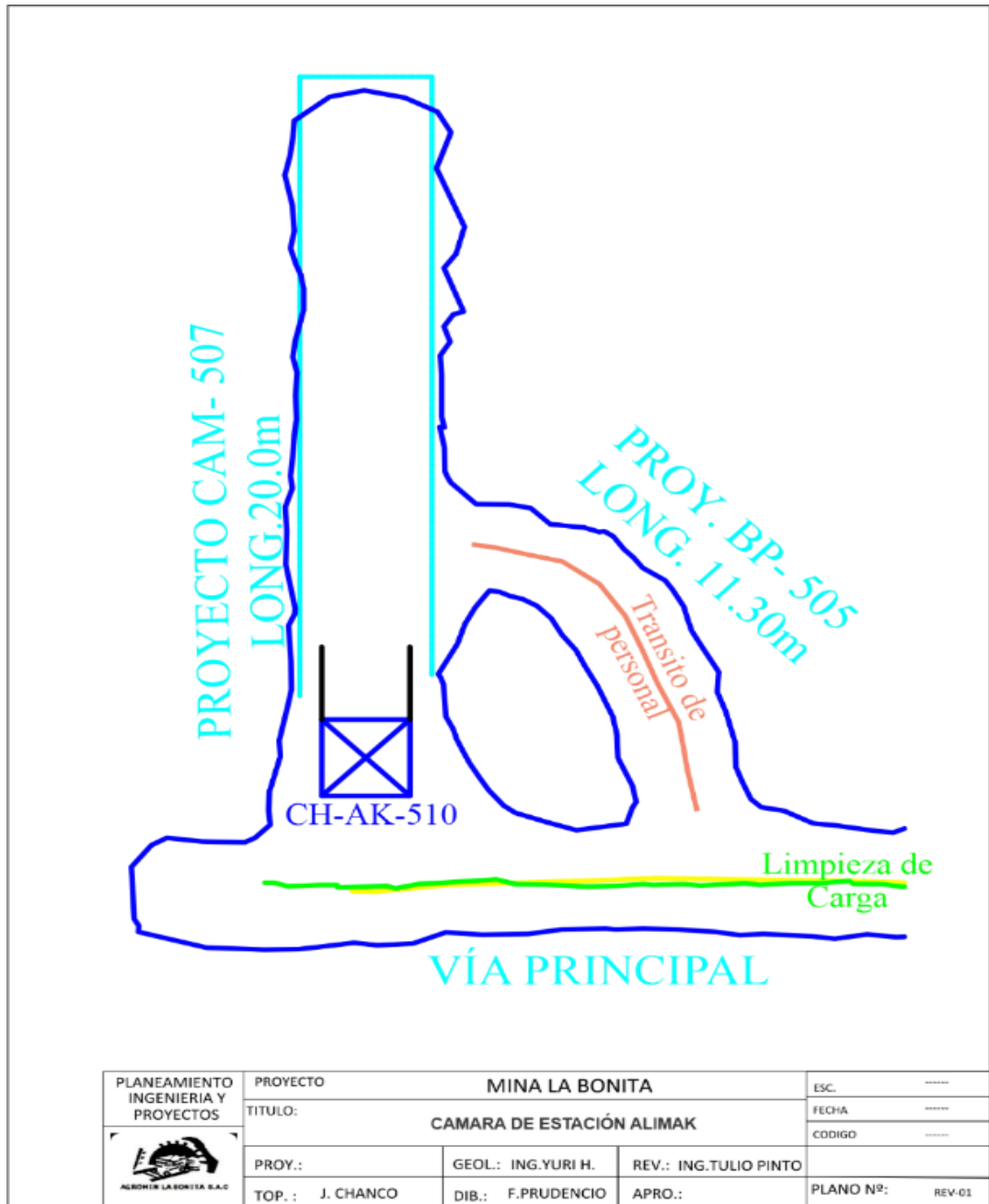
**cámara de estación con BY PASS**, con las siguientes características.

- ✓ Sección: 3.0 m x 3.0 m
- ✓ Longitud: 20 m.

- ✓ By Pass: Acceso de Personal con sección mínima de 2.40 m x 2.40 m
- ✓ Sostenimiento: Split set sistemático y Split set puntual

**Figura 38**

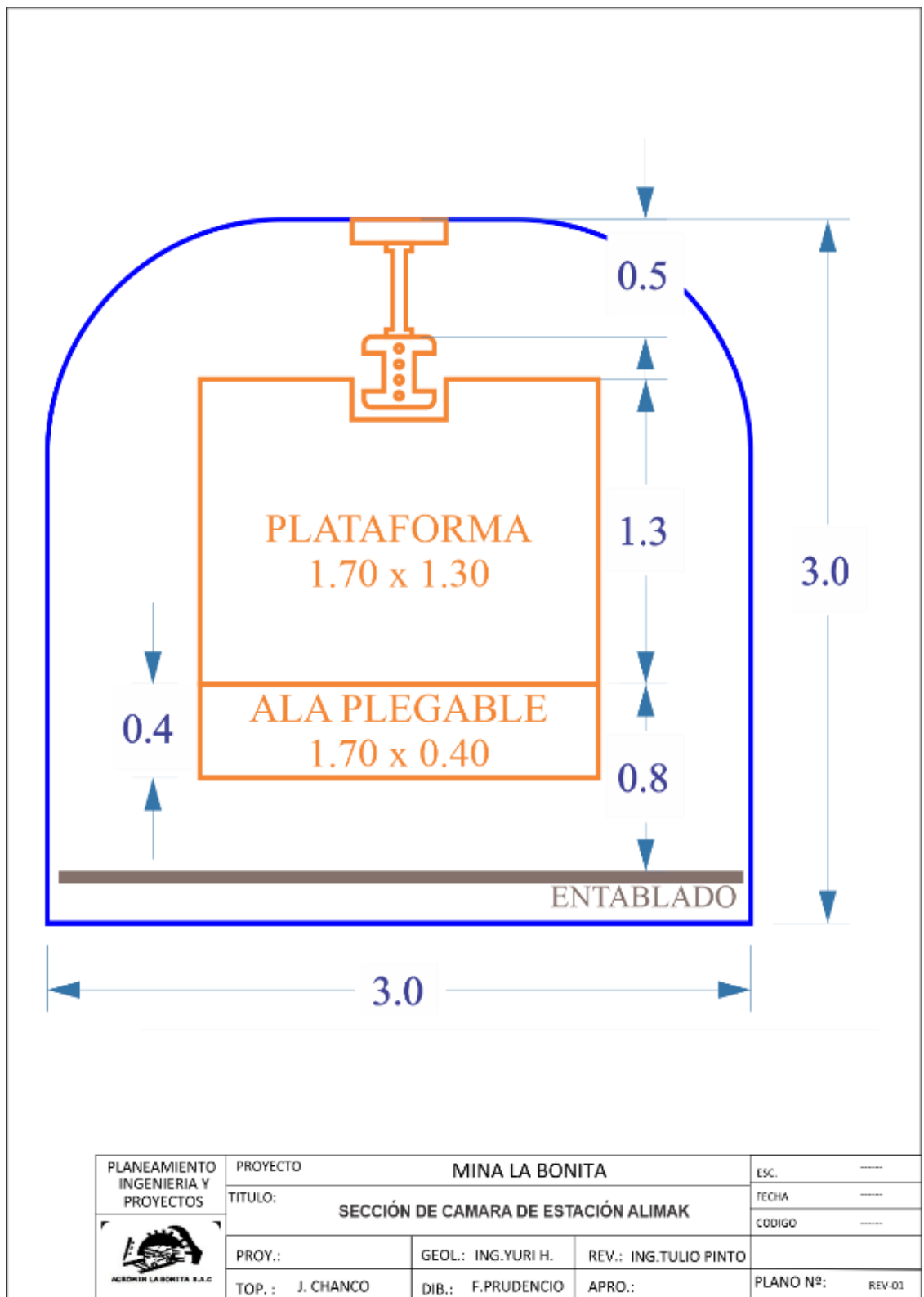
*Cámara Alimak*



*Nota.* Elaboración AGROMIN

**Figura 39**

*Sección de la cámara Alimak*



*Nota.* Elaboración AGROMIN



- **Diseño e infraestructura de la plataforma trepadora**

Para el diseño de la Plataforma Trepadora tenemos que tener presente la longitud y área a excavar de la chimenea.

Según esos datos nos permitirá tener un mejor panorama del diseño e infraestructura que tenemos que considerar para empezar con el armado y modificación el equipo, y que quede en condiciones para que realice los trabajos que se le programan.

Adicional a ello tenemos considerar los trabajos externos al equipo, como por ejemplo el diseño de la cámara de estación, sumideros cercanos, cámara de acumulación de carga, etc.

- **Método de excavación – plataforma trepadora**

Basados en las características del proyecto, y considerando las etapas que conllevaría su ejecución se determina que el método más apropiado para su excavación sería usando lo siguiente:

- ✓ Equipo: PLATAFORMA TREPADORA
- ✓ Modelo: STH-5E
- ✓ Marca: ALIMAK

## Figura 40

### *Cámara Alimak*



*Nota.* Elaboración propia

Es por eso la denominación de la chimenea: CH-AK-510. Con este equipo se empezará la excavación de la cota inferior a la cota superior de forma ASCENDENTE, hasta comunicar a superficie.

Este método permitirá la excavación de la chimenea, y la ejecución de las estocadas tocadas cada cierto metraje vertical. La longitud de la excavación horizontal de las estocadas dependerá del hallazgo de la veta (reconocimiento).

Culminando la excavación de las estocadas y la excavación de la chimenea a superficie, se procederá a la instalación de anillos metálicos como sostenimiento. Este método se aplicará a los últimos 20 metros finales, debido a que el tipo de roca

predominante es cuaternaria o de tipo IV. Este proceso se desarrollará con el equipo casi en un 80% del tiempo en la parte superior.

- **Montaje de plataforma trepadora**

Excavado la chimenea de forma convencional, y con la altura requerida aproximada, se comenzará con el montaje de la plataforma trepadora.

- a) **Montaje de carriles curvos**

Se debe coordinar con TOPOGRAFIA para el marcado en campo del proyecto a ejecutarse, tales como: eje de la Chimenea, inclinación, etc.

En el disparo se deja perforado un taladro en el techo de 4 pies para anclar un perno de expansión, que servirá como punto de anclaje para colocar un tecla y poder izar los carriles curvos armados.

Del último carril curvo anclado o presentado, hacia el tope de la chimenea debe haber una distancia como mínimo de 80 cm. y como máximo de 1.0 m. para evitar dañar el carril anclado producto de las voladuras que se empezaran a realizar con la plataforma trepadora.

Se arma los carriles curvos a una inclinación de  $87^\circ$  (aproximando), y se realiza en la cámara sobre una superficie recta, a fin de evitar las desalineaciones que puede surgir en la unión de los carriles.

La combinación que se realizó para este proyecto son las siguientes:

$$7^{\circ} + 8^{\circ} \text{ IN} + 25^{\circ} + 25^{\circ} + 8^{\circ} \text{ OUT} + 7^{\circ}$$

Resaltando que para la unión de carriles se usa pernos de grado 8 de  $\frac{3}{4}$ " x 5", y entre carriles se coloca 4 juntas tóricas u o' rings.

#### **COMO RECOMENDACIÓN:**

- Por ningún motivo se debe instalar un carril de 3° y 7° antes y después directamente al carril de 25°.
- Los carriles 8° IN y 8° OUT siempre van directamente al carril de 25°.

Ya con los carriles curvos unidos, se procede con el izaje desde el punto superior que realizamos, con la ayuda del teclé instalado en el punto de anclaje y otro instalado en la cámara de estación (punto estratégico en el eje).

Izamos con la ayuda de la plataforma que se acondiciono previamente a estos trabajos, y se pega lo más posible a la roca. De ahí a de ver el espaciado prudente para instalar los espaciadore y los ángulos de soporte para cada carril curvo. Y proceder con el anclaje de cada carril. Así ya tendríamos instalados los carriles curvos, luego se procede con el desarmado de la plataforma acondicionada, y a retirar los tecles respectivos. Se procede con la limpieza de la carga acumulada de los disparos anteriores, dejando toda la cámara limpia.

Es indispensable el uso de 02 tecles de 1.1/2 Tn. Cada uno, para levantar la curva armada. Primero tener en cuenta que para realizar un

correcto montaje del plataforma trepadora y carriles curvos, que te darán la inclinación correcta para comenzar el proyecto; se tiene que tener una altura mínima de 4.5 metros a 5.0 metros.

Entonces al no contar aun con la plataforma trepadora, el método de excavación de la chimenea piloto se realizará de método convencional. Para comenzar con la primera perforación (sellado de la chimenea), es indispensable tener eje de la chimenea marcada, eso corresponde al área de topografía de la mina.

Considerar también que la altura mínima de perforación es de 2.10 metros, y que la labor en la que se realizara el sellado tiene una altura de 2.50 metros, es por eso que se coordinó el relleno del piso de perforación con carga acumulada, hasta tener la altura deseada.

Una vez preparada la plataforma de perforación, se procede a marcar la malla de perforación. Para el sellado y los disparos siguientes se tiene que considerar, un radio de curvatura amplia, teniendo en cuenta también el giro que realizara el equipo con un carril de 2.0 metros de avance.

## Figura 41

### *Carriles curvos en montaje*



*Nota.* Elaboración propia

#### **b) Armado de plataforma de cámara**

Por lo general en cuanto a cámaras de estación Alimak, se utiliza una plataforma que da estabilidad a los equipos, y para que el tránsito en esa zona sea lo más regular posible. Es por eso que se utiliza una serie de tablas de 0.2m x 3.0m y de forma consecutiva y debajo de puntales que van como soporte.

Es decir, se utiliza tres puntales de línea, que van de forma transversal a la cámara, luego se coloca una serie de tablas paralelas a la cámara hasta cubrirla totalmente, estas tablas al ser de 3.0 metros de largo, tienen que posar entre los tres puntales que

se ubicaron, es decir al inicio, medio y final, para evitar el bandeo y que sirvan como puntos de carga axial para tener mayor estabilidad. Todo esto conformaría una plataforma o un paño de entablado.

En la cámara de estación de este proyecto se utilizó 4 paños de entablados, con una distribución adecuada tanto al inicio y al final de la misma. Y se utilizó lo siguiente:

**Tabla 13**

*Datos entablado*

<b>DATOS ENTABLADO</b>				
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>UND. MEDIDA</b>	<b>CANTIDAD</b>
1	PUNTALES	Ø 5"	UND.	12
2	TABLAS	3.0 m x 0.2 m x 1"	UND.	60

*Nota.* Elaboración propia

**Figura 42**

*Plataforma de cámara de estación*



*Nota.* Elaboración propia

**c) Monataje de plataforma trepadora (equipo principal y secundario).**

Cuando tengamos la plataforma o entablado de la cámara de estación, ya se puede comenzar con el montaje del equipo principal, de tal forma que ya se podrá tener una superficie estable y regular.

Luego de los carriles curvos, que ya se encuentran debidamente anclados se procede a instalar un carril de avance de 2.0 metros en el eje del proyecto que previamente fue marcado por topografía para alargar la “cola”. Luego se procede con el montaje de la viga “H”, encima del carril de avance que se montó anteriormente.

En la parte baja, ya se procede con el montaje de la transmisión completa del equipo principal, con el carril de servicio, ya que ambos van juntos para poder ser izados.

Cuando se tenga listo se procede a izar dicho componente (con la ayuda de teces de 2 tn y punto de anclaje previamente realizado), para posterior montarlo uniendo carril con carril y luego con la ayuda de espaciadores y ángulo anclarlo al techo de la cámara de estación.

Se repite el procedimiento con la transmisión del equipo secundario o auxiliar, hasta que también se encuentre anclado en nuestra “cola” de carriles.

Posteriormente se procede a montar el Yugo al equipo principal, y la plataforma, verificando que todos estos estén bien ajustados con



sus pernos respectivos. Incluimos los bastidores (estos unirán la plataforma y el yugo, y es aquí que estos determinan el ángulo en el que el equipo principal trabajara 87°).

Y por último viene el montaje de la jaula del equipo principal, con las eslingas que fijan la jaula al yugo. En el equipo secundario o auxiliar, el montaje es el mismo, después de haber montado la transmisión, se procede con el montaje de la jaula y el guarda cabeza. Así culminaríamos con el montaje de ambos equipos finalizando con la parte mecánica.

Luego se procede con la intervención de la parte eléctrica, recordando que este modelo es un STH-5E, modelo eléctrico. Primero se energiza el motor eléctrico de 15 HP, con el tablero de mando que va en la jaula, teniendo en cuenta el giro del motor de forma horario (ascendente), y de forma antihorario (descendente).

Luego se procede con la energización del tablero de mando a la tambora indicada, del equipo correspondiente, mediante el cable autoportado. El cable autoportado va sujeto a un colector que tiene cada tambora y de ahí se procede a energizar el colector al **TABLERO PRINCIPAL**. En este tablero principal lleva todas las llaves termomagnéticas, relay`s y conectores de todos los equipos (Alimak, alicab y bomba de agua). El tablero principal distribuye todas las conexiones eléctricas a toda la cámara de estación.

El mismo procedimiento se realiza para energizar el equipo secundario. La compañía son los encargados de energizar nuestro

TABLERO PRINCIPAL, y con esto se culmina la intervención de la parte eléctrica.

**Figura 43**

*Montaje de plataforma*



*Nota.* Elaboración propia

**d) Instalación de servicios auxiliares**

La instalación de servicios auxiliares: agua y aire. Dependió del lugar donde va ubicado nuestra **CENTRAL MULTIPLE**, es de ahí donde se realiza la conexión de estos servicios. Desde ahí se distribuirá al cabezal de entrada, que estaba ubicado en el último carril de la cola.

Teniendo en cuenta que se tiene que adicionar salidas de aire y agua independientes para algunos servicios que se pueden

necesitar, lavar equipos, realizar pruebas de máquinas perforadoras.

**e) PRUEBAS DEL EQUIPOS**

Después de haber culminado con las instalaciones, se procede con las pruebas respectivas del equipo.

- Energización del equipo principal y secundario; prueba de ascenso y descenso, prueba de frenos (estacionamiento, de pie, centrífugos superior e inferior y GA5).
- Prueba de agua y aire, se tiene que identificar fugas en la unión de carriles de la “cola” y los carriles curvos. Si los hay; eliminar antes de comenzar con las siguientes operaciones.

Después de realizar las pruebas respectivas, se puede comenzar con la excavación de la chimenea de ventilación ya netamente con el equipo **PLATAFORMA TREPADORA**.

**4.2.4. Cronograma de ejecución**

Para la ejecución del proyecto sobre la excavación de la chimenea de ventilación, mediante el empleo de la plataforma trepadora en mina AGROMIN “LA BONITA”, se estimó un plazo de 6 meses, según el cronograma mostrado a continuación.

El planeamiento del proyecto, estimado fue dado por la misma unidad minera, pero no se consideró lo siguiente: preparación de cámara de estación, by pass, montaje de equipo Alimak, traslado de equipo Alimak y desmontaje de equipo Alimak. Es por estas razones que el tiempo de ejecución se extiende más de lo establecido, y porque no se consideró todos los puntos líneas arriba.

**Tabla 14***Cronograma de ejecución del proyecto CH-AK-510*

<b>Descripción</b>	<b>Metros</b>	<b>Días</b>
Excavación de chimenea de ventilación CH-AK-510		178
Excavación de chimenea	380m=2x2m	163
Excavación de chimenea con plataforma trepadora	380m	163
Sostenimiento con cimbras metálicas		15
Sostenimiento en la zona de conexión con cimbras metálicas		15

*Nota.* GROMIN “LA BONITA”

Ante esta perspectiva se replantea el cronograma considerando todos los trabajos que se realiza ante un proyecto con PLATAFORMA TREPADORA. Y se le presenta a la Unidad Minera.

**Tabla 15***Cronograma modificado de ejecución del proyecto CH-AK-510*

<b>EXCAVACIÓN DE CHIMENEA DE VENTILACIÓN CH-AK-510</b>		<b>238 día</b>
<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>		<b>18 día</b>
Excavación de Cámara de Estación		7 día
Excavación de By Pass		4 día
Excavación de Chimenea CH-AK-510 (Método Convencional)		2 día
Traslado de componentes del equipo Alimak y accesorios		2 día
Montaje de equipo Alimak		3 día
<b>EXCAVACIÓN DE CHIMENEA DE 380 m = 2.0m x 2.0m, con ALIMAK</b>		<b>130 día</b>
Excavación de chimenea con PLATAFORMA TREPADORA = 380 m		130 día
Sostenimiento puntual y sistemático con Split Set		130 día
<b>EXCAVACIÓN DE ESTOCADAS = 2.10m x 1.50m</b>		<b>35 día</b>
Excavación de Estocada EST-505 = 15.0 m		7 día
Excavación de Estocada EST-506 = 15.0 m		7 día

Excavación de Estocada EST-507	= 15.0 m	7 día
Excavación de Estocada EST-508	= 15.0 m	7 día
Excavación de Estocada EST-509	= 15.0 m	7 día
<b>MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y COLUMNA</b>		<b>25 día</b>
Mantenimiento de equipo Alimak y maquinarias		10 día
Mantenimiento de columna excavada		15 día
<b>SOSTENIMIENTO CON CIMBRAS METÁLICAS</b>		<b>15 día</b>
Sostenimiento en la zona de conexión con cimbras metálicas		15 día
<b>FINALIZACIÓN DE TRABAJOS</b>		<b>15 día</b>
Desmontaje de Equipo Alimak		10 día
Revisión de Trabajos y Certificación de conformidad		5 día

*Nota.* J&R MINING SAC

**Tabla 16***Excavación de Chimenea de Ventilación CH-AK-510*

<b>EXCAVACIÓN DE CHIMENEA DE VENTILACIÓN CH-AK-510</b>	<b>may-</b>	<b>jun-</b>	<b>jul-</b>	<b>ago-</b>	<b>sep-</b>	<b>oct-</b>	<b>nov-</b>	<b>dic-</b>	<b>216</b>	<b>día</b>
	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>21</b>		
<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>									<b>25</b>	<b>día</b>
Excavación de Cámara de Estación	7.0								7	día
Excavación de By Pass	4.0								4	día
Excavación de Chimenea CH-AK-510 (Método Convencional)		2.0							2	día
Traslado de componentes del equipo Alimak y accesorios		8.0							8	día
Montaje de equipo Alimak		4.0							4	día
<b>EXCAVACIÓN DE CHIMENEA DE 380 m = 2.0m x 2.0m, con ALIMAK</b>									<b>122</b>	<b>día</b>
Excavación de chimenea con PLATAFORMA TREPADORA = 380 m		12.0	18.0	21.0	21.0	21.0	24.0	5.0	122	día
Sostenimiento puntual y sistemático con Split Set		4.0	3.0	1.0		1.0			9	día
<b>EXCAVACIÓN DE ESTOCADAS = 2.10m x 1.50m</b>									<b>25</b>	<b>día</b>
Excavación de Estocada EST-505			5.0						5	día
Excavación de Estocada EST-506				6.0					6	día
Excavación de Estocada EST-507					6.0				6	día

Excavación de Estocada EST-508								5.0	5	día	
Excavación de Estocada EST-509								3.0	3	día	
<b>MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y COLUMNA</b>									<b>18</b>	<b>día</b>	
Mantenimiento de equipo Alimak y maquinarias				2.0	1.0	1.0	1.0		5	día	
Mantenimiento de columna excavada				3.0	2.0	2.0	3.0	3.0	13	día	
<b>SOSTENIMIENTO CON CIMBRAS METÁLICAS</b>									<b>20</b>	<b>día</b>	
Sostenimiento en la zona de conexión con cimbras metálicas									20.0	20	día
<b>FINALIZACIÓN DE TRABAJOS</b>									<b>6</b>	<b>día</b>	
Desmontaje de Equipo Alimak									5.0	5	día
Revisión de Trabajos y Certificación de conformidad									1.0	1	día
				11.0	30.0	31.0	31.0	30.0	31.0	30.0	31.0

*Nota.* Elaboración propia

#### 4.2.5. Costos con plataforma trepadora Alimak

Se detallarán a continuación todos los costos resúmenes y tablas de P.U. que se emplearon en la ejecución de este proyecto.

**Tabla 17**

*Costo por excavación de chimeneas con plataforma trepadora Alimak*

---

### RESUMEN DE PRECIOS UNITARIOS - EXCAVACIÓN DE CHIMENEAS CON ELEVADOR PLATAFORMA TREPADORA ALIMAK STH - 5E

---

ITEM	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	P.U. (U.S. \$)	OBSERVACIONES
<b>1.0</b>	<b>MOVILIZACION E INSTALACION DE OBRA</b>				
1.1	Movilización de Jaula Trepadora - Alimak a la Obra	Gbl	1.0	0.00	MINA ACARI - AGROMIN - LA BONITA
1.2	Movilización de Personal (Dirección Técnica - Obreros Especializados) a la Obra	Gbl	1.0	0.00	MINA ACARI - AGROMIN - LA BONITA
1.3	Movilización de Jaula Trepadora - Alimak al lugar de Origen	Gbl	1.0	0.00	MINA ACARI - AGROMIN - LA BONITA
1.4	Tramites SUCAMEC	Gbl			Con sustento de factura
1.5	Afiliación e Inducción Personal (Obrero - Empleados) (Planilla Diaria)	Dias	5.0	1,997.27	
1.6	Exámenes Médicos ocupacionales	Glb			Con sustento de factura
<b>2.0</b>	<b>TRASLADO, MONTAJE Y DESMONTE DE JAULA TREPADORA - ALIMAK POR PROYECTO</b>				
2.1	Traslado de Equipo a la Cámara de Estación	Gbl	3.0	407.75	
2.2	Montaje de Equipo Alimak	Gbl	3.0	1,223.23	
2.3	Desmontaje de Equipo Alimak	Gbl	3.0	2,038.74	

---



<b>3.0</b>	<b>EXCAVACION DE CHIMENEAS CON ELEVADOR JAULA TREPADORA - ALIMAK</b>				
	<b><u>Sección: 2.0 x 2.0 m. CHIMENEA DE (VENTILACIÓN - ORE PAS)</u></b>				
<b>3.1</b>	Excavación Chimenea 75° - 90° Sección 2.0 x 2.0 (000 - 100) m.	<b>M</b>	300.0	491.77	
<b>3.2</b>	Excavación Chimenea 75° - 90° Sección 2.0 x 2.0 (100 - 200) m.	<b>M</b>	230.0	503.40	
<b>3.3</b>	Excavación Chimenea 75° - 90° Sección 2.0 x 2.0 (200 - 300) m.	<b>M</b>	50.0	515.03	
<b>4.0</b>	<b>SOSTENIMIENTO CON EQUIPO ALIMAK</b>				
<b>4.1</b>	Instalación de Pernos helicoidales de 5 pies	<b>Pza</b>	1.0	18.56	Materiales para sostenimiento a cuenta de MINA ACARI - AGROMIN - LA
<b>4.2</b>	Instalación de Split set de 5 pies	<b>Pza</b>	1.0	15.02	BONITA
<b>4.3</b>	Instalación de Malla Electrosoldada	<b>M2</b>	1.0	10.85	
<b>5.0</b>	<b>GASTOS GENERALES</b>				
<b>5.1</b>	Gastos generales mensuales	<b>mes</b>	6.0	19,730.79	Inclinados, Subniveles e Instalaciones en Columna de Chimenea
<b>5.0</b>	<b>TRABAJOS ADICIONALES</b>				
<b>5.1</b>	Jaula Trepadora - Alimak x equipo operado	<b>Gdia.</b>	1.0	491.77	Inclinados, Subniveles e Instalaciones en Columna de Chimenea
<b>6.0</b>	<b>STAND BY y DIAS DE CUARENTENA</b>				
<b>6.1</b>	Obrero Especializado por persona por turno	<b>Tarea</b>	1.0	67.70	
<b>6.2</b>	Supervisor por persona por turno	Tarea	1.0	81.12	
<b>Los Precios Unitarios No Incluye el I.G.V.</b>					

*Nota. J&R MINING SAC*

**Tabla 18***Detalle de Gastos Generales*

<b>ESTRUCTURA DE GASTOS GENERALES</b>					
<i>DESCRIPCION</i>	<i>CANT.</i>	<i>US \$ / MES</i>	Tipo de cambio <i>B.S.</i>	<i>INCIDENCIA</i>	<i>TOTAL (\$)</i>
			62.25%	3.60	
<b>SUELDOS SUPERVISION Y</b>					
<b>ADMINISTRACION</b>					
Ingeniero Residente	1	1,944.44	1,210.42	1.0	3,155.86
Ingeniero Jefe de Guardia	2	1,111.11	691.67	1.0	3,607.56
Ing. Jefe de Seguridad	1	1,111.11	691.67	1.0	1,803.78
Capataz	1	972.22	605.21	1.0	1,578.43
Inspector de seguridad	1	694.44	432.29	1.0	1,127.73
Administrador	1	750.00	466.88	1.0	1,217.88
Logística	1	416.67	259.38	1.0	677.05
Chofer	2	500.00	311.25	1.0	1,624.50
<b>GASTOS EN UNIDAD MINERA</b>					
Radio Motorola W/T - Comunicación	6	40.00			240.00
<b>Chimenea Alimak</b>					
Detector de Gases	1	225.00			225.00
Explosor	1	75.00			75.00
Señaléticas y Seguridad	1	100.00			100.00
Autorescatadores	2	100.00			200.00
Gastos Útiles Oficina - Obra	1	50.00			50.00
Computadoras	1	100.00			100.00
Camioneta	1	2,000.00			2,000.00

<b>Combustible diésel para camioneta 100 gln mensuales nos da Agromin</b>	1			-
		US\$/día	Días	
<b>Implementos de seguridad personal Indirecto</b>	7	5.70	20.00	798.00
<b>Visita a Obras</b>	1	300.00		300.00
<b>SEGUROS</b>				
<b>Seguro TREC - Equipo Alimak</b>	1	850.00		850.00
<b>GASTOS VARIOS - MINA</b>				
<b>Pasajes Días Libres (traslado por cuenta de AGLB)</b>	30			-
<b>Total Gastos Generales U.S.\$ / Mes</b>				<b>19,730.79</b>

*Nota.* J&R MINING SAC

**Tabla 19**

*Precio unitario de excavación con plataforma Alimak*

PARTIDA	:	<b>Chimenea Ventilación - Ore Pass</b>	Rendimiento (m).	:	<b>1.57</b>	5.1 m:pie
DIMENSIONES (m.)	:	<b>2.0 x 2.0</b>	Longitud barra.	:	1.83	6.0 m:pie
LONGITUD (m.)	:	<b>0 - 100</b>	Longitud efectiva.	:	1.68	5.5 m:pie
ELABORADO POR	:	<b>J&amp;R MINING S.A.C.</b>	Eficiencia voladura	:	93.6%	%
PROYECTO	:	<b>Chimenea Ventilación - Ore Pass</b>	No. De taladros Perforados	:	38.0	Tal / frente
TIPO DE ROCA	:	<b>II, III</b>	No. De taladros disparados	:	35.0	Tal / frente
			Volumen roto	:	6.28	m3 / disparo
Densidad Roca	:	2.7 Ton/m3	Hr efectivas x Guardia -Obreros	:	11.00	Hr / guardia
EQUIPOS CTTA.	:		Tonelaje Total a Limpiar	:	16.95	Toneladas
Alimak Eléctrico STH - 5E	:		Seccion	:	4.00	m2
Perforadoras Neumáticas (Jack leg + Stopper )	:		Sistema de Trabajo	:	20 x 10	dias
FECHA DE ELABORACION: dic-20	:		Pies perforados	:	209.00	pies

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	% Incid.	P.U (US\$)	Parcial	Sub Total	TOTAL (US\$) / M
1.0	<b>MANO DE OBRA</b>							
	<b>Mano de Obra Directa</b>							
	Perforista Alimak	Hh	12.0	1.00	6.19	74.28	47.34	
	Perforista	Hh	12.0	1.00	5.85	70.20	44.74	
	Operador Alimak	Hh	12.0	1.00	5.50	66.00	42.06	
	Valvulero	Hh	12.0	1.00	4.13	49.56	31.58	
	Mecanico Especialista de Alimak	Hh	12.0	1.00	6.54	78.48	50.02	<b>215.74</b>
2.0	<b>MATERIALES</b>							
	Barra Conica de 2'	Pp	209.0	33%	0.11	7.59	4.84	
	Barra Conica de 4'	Pp	209.0	33%	0.12	8.28	5.27	
	Barra Conica de 6'	Pp	209.0	33%	0.17	11.72	7.47	
	Broca de 40 mm.	Pp	209.0	100%	0.11	22.99	14.65	
	Manguera 1" (Perforación y Ventilación)	ml	10.0		0.07	0.70	0.45	
	Manguera 1/2"	ml	10.0		0.03	0.30	0.19	
	Grampas y Accesorios	Unid	8.0		0.12	0.96	0.61	
	Aceite de perforación	Gal	0.25		15.60	3.90	2.49	<b>35.97</b>
3.0	<b>IMPLEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL</b>							
	Implementos de Seguridad Perforistas	Unid.	4.0		7.74	30.96	19.73	
	Implementos de Seguridad Ayudantes	Unid.	1.0		5.88	5.88	3.75	<b>23.48</b>
4.0	<b>HERRAMIENTAS</b>							
	Herramientas Manuales 3.5% M.O.	%	3.5%		215.74	7.55	7.55	<b>7.55</b>
5.0	<b>EQUIPOS Y MAQUINARIAS</b>							
	Equipo Alimak	Hm	6.0		33.18	199.08	126.87	
	Perforadora Stoper	Pp	209.0		0.12	25.08	15.98	
	Lámparas Mineras	Hm	60.0		0.02	1.20	0.76	<b>143.61</b>
6.0	<b>VOLADURA</b>							
	ANFO o EMULSION	kg						
	CARMEX	Pza	35.0					
	IGNITER CORD	m	6.00					
	FULMINANTE ELECTRICO INSTANTANEO DE 4m	Pza	2.00					
	CINTA AISLANTE DE ¼ x 20 mts.	Rollo	1.00					
	CINTA VULCANIZANTE No. 23, DE ¼ x 3 mts.	Rollo	0.50					
	TUBO PVC 1/2" x 6mts P/LUZ	Pza	3.00					<b>0.00</b>
8.0	<b>ACCESORIOS DE EQUIPO ALIMAK</b>							
	Bracket (Ángulo)	Und	1.0		30.00	30.00	19.12	
	Espaciadores	Global	1.0		25.00	25.00	15.93	
	Pernos con tuercas (3/4"x 2,5" ,3" y 5")	Juego	10.0		2.50	25.00	15.93	
	Pernos de Anclaje	Und	2.0		25.00	50.00	31.87	<b>20.71</b>
<b>COSTO DIRECTO (US \$/ML)</b>								<b>447.06</b>
<b>UTILIDAD</b> 10.0%								<b>44.71</b>
<b>COSTO TOTAL (US \$/ML)</b>								<b>491.77</b>

### **4.3. Prueba de hipótesis**

La prueba de hipótesis se realizó mediante la estadística descriptiva, en los siguientes cuadros se detalla los cumplimientos mensuales, desde que inicio el proyecto, hasta finalizar, detallando el ejecutado, y la eficiencia.

**Tabla 20***Detalles de los avances lineales*

<b>CUADRO DE AVANCES LINEALES</b>										
	<b>UND.</b>	<b>may-21</b>	<b>jun-21</b>	<b>jul-21</b>	<b>ago-21</b>	<b>sep-21</b>	<b>oct-21</b>	<b>nov-21</b>	<b>dic-21</b>	
CAMARA EST.	ML	21.89								21.89
BY PASS	ML	12.51								12.51
PILOTO	ML		5.50							5.50
CH-467	ML		39.48	55.30	61.45	66.83	66.06	71.99	12.81	373.92
EST-505	ML			10.97						10.97
EST-506	ML				13.45					13.45
EST-507	ML					13.61				13.61
EST-508	ML						11.59			11.59
EST-509	ML							6.51		6.51
<b>TOTAL ML MES</b>		<b>34.40</b>	<b>44.98</b>	<b>66.27</b>	<b>74.90</b>	<b>80.44</b>	<b>77.65</b>	<b>78.50</b>	<b>12.81</b>	<b>469.95</b>

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 21***Detalle de los días ejecutados*

<b>RESUMEN DE CUMPLIMIENTO EN LA EJECUCIÓN DE LA EXCAVACIÓN DE LA CH-AK-510</b>										
	<b>UND.</b>	<b>May-21</b>	<b>jun-21</b>	<b>jul-21</b>	<b>ago-21</b>	<b>sep-21</b>	<b>oct-21</b>	<b>nov-21</b>	<b>dic-21</b>	
CAMARA	DÍAS	7.0								<b>7.00</b>
EST.										
BY PASS	DÍAS	4.0								<b>4.00</b>
PILOTO	DÍAS		2.0							<b>2.00</b>
CH-467	DÍAS		12.0	18.0	21.0	21.0	21.0	24.0	5.0	<b>122.00</b>
EST-505	DÍAS			5.0						<b>5.00</b>
EST-506	DÍAS				6.0					<b>6.00</b>
EST-507	DÍAS					6.0				<b>6.00</b>
EST-508	DÍAS						5.0			<b>5.00</b>
EST-509	DÍAS							3.0		<b>3.00</b>
<b>TOTAL DIAS AL MES</b>		<b>11.00</b>	<b>14.00</b>	<b>23.00</b>	<b>27.00</b>	<b>27.00</b>	<b>26.00</b>	<b>27.00</b>	<b>5.00</b>	<b>160.00</b>

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 22***Eficiencia (%) mensual y por labores ejecutadas*

<b>EFICIENCIA DE EXCAVACIÓN SEGÚN LABORES</b>									
	<b>UND.</b>	<b>may-21</b>	<b>jun-21</b>	<b>jul-21</b>	<b>ago-21</b>	<b>sep-21</b>	<b>oct-21</b>	<b>nov-21</b>	<b>dic-21</b>
<b>CAMARA EST.</b>	%	85.5							<b>85.50</b>
<b>BY PASS</b>	%	85.5							<b>85.50</b>
<b>PILOTO</b>	%		75.0						<b>75.00</b>
<b>CH-467</b>	%		90.0	84.0	80.0	87.0	86.0	82.0	70.0
<b>EST-505</b>	%			90.0					<b>90.00</b>
<b>EST-506</b>	%				92.0				<b>92.00</b>
<b>EST-507</b>	%					93.0			<b>93.00</b>
<b>EST-508</b>	%						95.0		<b>95.00</b>
<b>EST-509</b>	%							89.0	<b>89.00</b>
<b>PROMEDIO %</b>		<b>85.50</b>	<b>82.50</b>	<b>87.00</b>	<b>86.00</b>	<b>90.00</b>	<b>90.50</b>	<b>85.50</b>	<b>70.00</b>

*Nota.* Elaboración propia.



#### **4.4. Discusión de resultados**

En cuanto al primer objetivo específico: analizar los trabajos preliminares antes de la excavación de chimenea de ventilación mediante la plataforma trepadora Alimak STH-5E, se muestra que es importante los trabajos preliminares ya que antes de iniciar la excavación de la chimenea, se deben realizar los trabajos necesarios para asegurar el alojamiento de la plataforma Alimak que la proteja al instante de la voladura, así como la inspección, verificación y mantenimiento, así como el franqueo al acceso a la cabina Alimak que es una caja fuerte por donde circula el personal en la plataforma. Donde esto queda corroborado por Aburto (2020) teniendo como resultado que al mostrar el uso de la plataforma Alimak es principalmente para la velocidad de operación, nuevamente se pueden conseguir distancias respectivamente largas incluso hasta 1000 metros, y con su control efectivo, se puede optimizar el tiempo de operación, aunque estas operaciones son costosas en comparación con los métodos tradicionales. Asimismo, Chinchiercoma (2018) refiere que se denomina jaula trepadora Alimak, son empleadas para las chimeneas y ampliaciones de piques con cara libre, esto se debe a su economía, velocidad y flexibilidad, convirtiéndose en uno de los más utilizados a nivel mundial. Por otro lado, Villalba (2016) señala que es un equipo donde se permite la construcción de chimeneas a través de una plataforma trepadora que se va desplazando por los carriles anclados en el macizo rocoso, estas se utilizan en la perforación de chimeneas verticales. Esta plataforma se realiza mediante un carril guía curvado utilizando motor de aire eléctrico, comprimidos y diésel. Entonces, para el franqueo de chimeneas con ángulos de 60 a 90 grados, en rocas estables, existen diferentes tipos de equipos mecánicos, uno de ellos es la plataforma

eléctrica Alimak STH-5E, que consta de un conjunto de engranajes motrices con carriles guías de 1018 mm y 1998 mm de longitud con la respectiva cremallera.

Por otro lado, el segundo objetivo específico describir los componentes y accesorios básicos de la plataforma trepadora Alimak STH-5E para la excavación de chimenea de ventilación, se evidencia los componentes como: unidad propulsora, armazón en conjunto, plataforma de trabajo, techo protector, tamboras, central múltiple, bomba de alta presión para agua, equipo de comunicación, trepadora de servicio o emergencia; en cuanto a los accesorios como: carril de servicio, carriles de curvos, carril de seguridad, carril guía o carril de avance, junta teórica u O rings, perno hexagonal de grado 8 de  $\frac{3}{4}$  x 5", perno hexagonal de grado 8 de  $\frac{3}{4}$ " x 3  $\frac{1}{2}$ " (P3), Perno Hexagonal de Grado 8 de  $\frac{3}{4}$ " x 2" (P2), Tuerca Hexagonal de Grado 8 de  $\frac{3}{4}$ " (TG), Ángulos de Soporte (A), Pernos de Expansión o Pernos de cabeza expansiva (PE), Espaciadores o Distanciadores (E). Donde Tecsi (2019) en su estudio muestra que la implementación de la plataforma de trabajo de equipos y kit de voladura Alimak optimizó la ejecución de las operaciones de dragado de pozos en Manuelita, reduciendo el tiempo de terminación de pique en un 55% con métodos convencionales, además con este sistema se realizó una chimenea de 7x5" y un avance de 64 metros con un tiempo corto. Concluyendo que el sistema Alimak es beneficio para la empresa ya que la reducción de tiempo y se genera un avance. Por otro lado, Chinchiercoma (2018) indica que un armazón que consta de un conjunto de pequeñas herramientas y rodillos protectores; una plataforma de trabajo utilizada por los trabajadores para ensamblar, cargar, perforar y nivelar la vía; el rodillo, que es una manguera automática que funciona cuando el escalador desciende; una bomba de alta presión que consta de un sistema de pistones accionados por poleas que bombean agua

cuando baja la presión; el escalador de servicio, que es un sistema de emergencia que brinda apoyo al escalador líder; el cabezal de perforación, que es un sistema de encapsulación agua-aire activado para la comunicación agua-aire con la plataforma de perforación; el cabezal de disparo, que es un sistema de guiado situado al final de la pista; y guías que consisten en rieles rectos, rieles auxiliares, rieles curvos, ángulos, espaciadores, tornillos de excavación y un juego de tuercas. Entonces, la plataforma trepadora Alimak STH-5E es un equipo esencial la cual permite la construcción de chimeneas a través de una plataforma trepadora que se va desplazando por los carriles anclados en el macizo rocoso, estas se utilizan en la perforación de chimeneas verticales. Esta plataforma se realiza mediante un carril guía curvado utilizando motor de aire eléctrico, comprimidos y diésel.

En cuanto al tercer objetivo específico: determinar los parámetros de diseño en la excavación de chimenea de ventilación mediante la plataforma trepadora Alimak STH-5E, se evidencia que para el diseño e infraestructura de la plataforma trepadora tenemos que tener presente la longitud y área a excavar de la chimenea; según esos datos nos permitirá tener un mejor panorama del diseño e infraestructura que tenemos que considerar para empezar con el armado y modificación del equipo, y que quede en condiciones para que realice los trabajos que se le programan; y adicional a ello tenemos que considerar los trabajos externos al equipo, como por ejemplo el diseño de la cámara de estación, sumideros cercanos, cámara de acumulación de carga, etc. Ante ello, Medina (2020) su investigación tuvo como resultado que el método tradicional no puede construir chimeneas de más de 50 m, donde puede ser muy insegura, mientras con Raise Boring los trabajos del personal en áreas subterráneas los riesgos se han reducido, por otro lado, el método Alimak describe un ambiente de baja calidad, donde el desnivel de las paredes es alto y el

estado del macizo rocoso es inestable. Llegando a la conclusión que después de haber realizado la comparación técnica económica, se recomienda elegir al método Raise Boring, a pesar de que es un poco elevado en cuanto a su costo por metro de construcción, su tiempo de ejecución es menor, aportando un riesgo menor para los trabajadores comparando con la metodología Alimak. Además, Aburto (2020) dice que para que realizar una excavación de chimenea es de acuerdo a sus especificaciones técnicas de esta plataforma, constando con dos unidades propulsoras que cuentan con un motor eléctrico, lo cual, se tiene el área aproximada de la chimenea vertical es de 7m<sup>2</sup>, el área aproximada máxima de la chimenea a 45° de inclinación es de 10m<sup>2</sup>, la máxima altura de excavación es de 400m, la máxima longitud de excavación es de 900m, la velocidad de ascenso de 60 ciclos es de 0,36 m/s, y la velocidad de caída por gravedad es de 0,4 -0,5 m/s con una potencia de motor de 7,5 Kw y cables especiales.

Finalmente, el objetivo general: Determinar la influencia en la excavación de chimenea de ventilación mediante la plataforma trepadora Alimak STH-5E en mina AGROMIN "LA BONITA", se evidencia que el diseño de la chimenea de ventilación, comprende una excavación vertical desde la galería principal de extracción de mineral (NV. 1385 msnm), hasta superficie (1765 msnm). Además, en los siguientes datos se puede inferir el diseño de la cámara de estación: El punto de inicio de la CH-AK-510, está ubicado en el nivel principal de extracción de mineral, cuya sección es de 2.50 m x 2.50 m. La limpieza de la carga se efectuará mediante maquinaria de bajo perfil (scooptram de 1.5 m<sup>3</sup> de capacidad), y sección de la CH-AK-510 es de 2.0 m x 2.0 m, este dato determina la sección mínima que debería de tener la cámara de estación. Donde Aguirre y Mallqui (2019) su investigación teniendo como resultado que la chimenea construida con la ayuda de

Alimak tuvo un impacto significativo en la mejora del sistema de ventilación de la fábrica, porque anteriormente la edificación de chimenea la cobertura inicial era del 71% y se utilizaron 15 ventiladores, pero después de la construcción de chimenea con Alimak 081 se logró la cobertura al 121%, estando dentro de la cobertura aceptable actual dentro de la especificación, donde el número de ventiladores también se ha reducido a 10. Concluyendo que esta construcción de chimenea con Alimak influye de modo significativo para la mejoría de la ventilación en las labores, asimismo, los costos operativos unitarios (\$/m) para la construcción de chimeneas con Alimak son óptimos, ya que se reflejan en ahorros mensuales de \$30,307.07. Por otro lado, Bedoya (2019) en su estudio muestran que los resultados muestran que usando este método Raise Boring, la chimenea se completó en 46 días, reduciendo con éxito el tiempo de entrega en un 50 % en comparación con el otro método (90 días). Concluyó que dicho sistema permite un avance y así lograr aumentar la producción en la empresa minera. Entonces la excavación de chimeneas de ventilación es un proceso de construir un ducto de manera circular o rectangular, esta excavación se edifica de una manera ascendente, vertical o inclinada, enlazándose dos galerías y niveles; además, pueden ser de diferentes dimensiones y aplicar tecnologías diversas y de acuerdo a los requerimientos de la actividad minera.

## CONCLUSIONES

1. Se concluye que, los trabajos preliminares ya que antes de iniciar la excavación de la chimenea, se deben realizar los trabajos necesarios para asegurar el alojamiento de la plataforma Alimak que la proteja al instante de la voladura, así como la inspección, verificación y mantenimiento, así como el franqueo al acceso a la cabina Alimak que es una caja fuerte por donde circula el personal en la plataforma.
2. Se concluye que, los componentes como: unidad propulsora, armazón en conjunto, plataforma de trabajo, techo protector, tamboras, central múltiple, bomba de alta presión para agua, equipo de comunicación, trepadora de servicio o emergencia; en cuanto a los accesorios como: carril de servicio, carriles de curvos, carril de seguridad, carril guía o carril de avance, junta teórica u O´rings, perno hexagonal de grado 8 de  $\frac{3}{4}$  x 5”, perno hexagonal de grado 8 de  $\frac{3}{4}$ ” x 3  $\frac{1}{2}$ ” (P3), Perno Hexagonal de Grado 8 de  $\frac{3}{4}$ ” x 2” (P2), Tuerca Hexagonal de Grado 8 de  $\frac{3}{4}$ ” (TG), Ángulos de Soporte (A), Pernos de Expansión o Pernos de cabeza expansiva (PE), Espaciadores o Distanciadores (E).
3. Se concluye que, el diseño e infraestructura de la plataforma trepadora tenemos que tener presente la longitud y área a excavar de la chimenea; según esos datos nos permitirá tener un mejor panorama del diseño e infraestructura que tenemos que considerar para empezar con el armado y modificación el equipo, y que quede en condiciones para que realice los trabajos que se le programan; y adicional a ello tenemos considerar los trabajos externos al equipo, como por ejemplo el diseño de la cámara de estación, sumideros cercanos, cámara de acumulación de carga, etc.
4. Se concluye que, el diseño de la chimenea de ventilación, comprende una excavación vertical desde la galería principal de extracción de mineral (NV. 1385 msnm), hasta superficie (1765 msnm). Además, en los siguientes datos se puede inferir el diseño

de la cámara de estación: El punto de inicio de la CH-AK-510, está ubicado en el nivel principal de extracción de mineral, cuya sección es de 2.50 m x 2.50 m. La limpieza de la carga se efectuará mediante maquinaria de bajo perfil (scooptram de 1.5 m<sup>3</sup> de capacidad), y sección de la CH-AK-510 es de 2.0 m x 2.0 m, este dato determina la sección mínima que debería de tener la cámara de estación.

## **RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda que antes de trabajar con equipos Alimak, realizar una inspección minuciosa de los accesorios y diversos materiales para evitar tiempos de inactividad debido a la carga y descarga de la plataforma.
2. Se recomienda al equipo de Alimak dar seguimiento a su mantenimiento regular, pero lo primero a lo que hay que prestar atención son los soportes que sostienen la plataforma, ya que tiende a moverse hacia arriba y hacia abajo con más holgura.
3. Para evitar accidentes o ciertas muertes, se recomienda la formación continua del personal que realiza tareas con equipos Alimak.
4. Subiendo componentes como Alimak, las máquinas perforadoras, etc. Debe cargarse uniformemente en la plataforma, ya que una distribución inadecuada de la carga puede provocar el desgaste de los cojinetes o del volante y la caída del equipo.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aburto, M. (2020). *Eficiencia del equipo Alimak STH-5E en los costos de construcción de chimeneas en la empresa minera Sierra Antapite S.A.C.-2019* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional “San Luis Gonzaga” de Ica]. Repositorio UNICA.

<https://repositorio.unica.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/20.500.13028/3812/Eficiencia%20del%20equipo%20Alimak%20STH-5E%20en%20los%20costos%20de%20construcci%20c3%b3n%20de%20chimeneas%20en%20la%20empresa%20minera%20Sierra%20Antapite%20S.A.C.-%202019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Aguirre, W. y Mallqui, A. (2019). *Influencia en la construcción de la chimenea 081 con Alimak para el mejoramiento del sistema de ventilación de las labores del nivel 4230 Compañía Minera Kolpa S.A.-Huachocolpa Huancavelica 2018* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. Repositorio UNH. <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/ff9d2e56-b363-4439-8903-1a4abe3e4d41/content>

Andia, F. (2019). *Diseño de chimeneas gemelas para mejorar la ventilación en los niveles 1790-2050 veta Paula CIA Minera Yanaquihua* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio UNAS. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/10842/IMangrff.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Arocutipa, F. (2015). *Alternativa de construcción de chimeneas con el sistema plataforma y escaleras metálicas PEM vs Convencional con puntales de madera*

*EE AESA Mina San Rafael* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio UNAS.  
<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/244/B2-M-18431.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Bedoya, W. (2019). *Ejecución de chimenea con el método raise boring para la optimización del sistema de ventilación en la unidad minera San Rafael Minsur* 2018 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. Repositorio UNSAM. <https://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/4061>

Calva, V. (2019). *Determinar la viabilidad económica en la construcción de dos chimeneas para optimizar el transporte subterráneo de mineral y esteril en la empresa minera Produmin SA en la veta Kathy* [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio UCE.  
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/19632/1/T-UCE-0012-FIG-141.pdf>

Chacón, J. (2022). Método convencional de construcción de la chimenea. SCRIBD.  
<https://es.scribd.com/doc/271504734/Metodo-Convencional-de-Construccion-de-La-Chimenea>

Duran, J. (2018). *Mejoramiento de la ventilación en la mina subterránea mina Colquijirca CIA de Minas Buenaventura SAA* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Repositorio UNDAC.  
[http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/512/1/T026\\_72490254\\_T.pdf](http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/512/1/T026_72490254_T.pdf)

Espinoza, F. (2019). *Construcción de la chimenea circular mediante el sistema Alimak* [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio UCE.

<https://pdfcoffee.com/universidad-central-del-ecuador-facultad-de-ingenieria-en-geologia-minas-petroleos-y-ambiental-pdf-free.html>

Giron, G. (2015). *Implementación del sistema alimak en la unidad minera final del arco iris* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Piura]. Repositorio UNP. <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/965/MIN-GIR-CAS-15.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hernández, R, Fernández, C. y Baptista, P. (2015). *Metodología de la investigación*. Editorial Mc Graw Hill. Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

ITA. (2022). Construcción mecanizada. <https://tunnel.ita-aites.org/es/how-to-go-underground/construction-methods/mechanized-tunnelling>

Llano, C. (2017). *Estudio de ventilación e implementación de mejoras en el circuito de ventilación de minera Sotrami SA UEA Santa Filomena aplicando el software Ventsim* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio UNAS. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3095/MIcally.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Medina, C. (2020). *Estudio comparativo técnico-económico de diseño de chimenea, caso chimenea mina Pajonales (Manual-Alimak-Raise Boring)* [Tesis de pregrado, Universidad Andrés Bello]. Repositorio UNAB. [https://repositorio.unab.cl/xmlui/bitstream/handle/ria/22270/a135326\\_Medina\\_C\\_Estudio\\_comparativo\\_tecnico\\_economico\\_de\\_2020\\_tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unab.cl/xmlui/bitstream/handle/ria/22270/a135326_Medina_C_Estudio_comparativo_tecnico_economico_de_2020_tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Navarro, J. (2020). *Aplicación del sistema Raise Climber ascendente para optimizar el avance de construcción de chimeneas en UM Orcopampa Buenaventura 2020* [Tesis de pregrado, Universidad Continental]. Repositorio Continental.  
[https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/12300/4/IV\\_FIN\\_110\\_TE\\_Navarro\\_Romero\\_2020.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/12300/4/IV_FIN_110_TE_Navarro_Romero_2020.pdf)
- Ramírez, D. y Rico, F. (2021). *Proyecto de diseño de chimeneas para mejorar la ventilación en la Unidad Minera Pallasca* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio UCV.  
[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/96145/Ramirez\\_TDM-Rico\\_MFA-SD.pdf?sequence=1](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/96145/Ramirez_TDM-Rico_MFA-SD.pdf?sequence=1)
- Ramirez, N. y Fuentes, C. (2019). *Modelamiento del sistema de ventilación y control de metano con el simulador Ventsim en la mina subterránea de carbón Fezmine Polonia* [Tesis de pregrado, Universidad de Concepción]. Repositorio UDEC.  
[http://repositorio.udec.cl/xmlui/bitstream/handle/11594/332/Tesis\\_Modelamiento\\_del\\_sistema\\_de\\_ventilacion\\_y\\_control\\_de\\_metano.Image.Marked.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.udec.cl/xmlui/bitstream/handle/11594/332/Tesis_Modelamiento_del_sistema_de_ventilacion_y_control_de_metano.Image.Marked.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Rebolledo, C. y Reyes, C. (2019). *Propuesta de ventilación para minería Blanco II, Comuna de los Vilos* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica Federico Santa María]. Repositorio USM.  
<https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/46926/3560901064324UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rivera, G. (2020). *Análisis del circuito de ventilación mediante simulación con ventsim una mina subterránea de carbón artesanal en la provincia de Arauco, región del Biobío* [Tesis de pregrado, Universidad de Concepción]. Repositorio UDEC.

<http://repositorio.udec.cl/jspui/bitstream/11594/4630/1/Tesis%20Analisis%20de%20circuito%20de%20ventilacion.pdf>

Rodríguez, A. y Pérez, A. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Revista escuela de administración de negocios*, 1(82), 1-26.  
<https://www.redalyc.org/pdf/206/20652069006.pdf>

Roque, R. (2019). *Empleo del sistema de plataforma escalera metálica para optimizar la construcción de chimeneas convencionales, Compañía Brexia Gold Plata S.A.C.-2017* [Tesis de pregrado, Universidad Alas Peruanas]. Repositorio UAP.  
[https://repositorio.uap.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/20.500.12990/3931/Tesis\\_Sistema\\_Escalera\\_Chimeneas.pdf?sequence=1](https://repositorio.uap.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/20.500.12990/3931/Tesis_Sistema_Escalera_Chimeneas.pdf?sequence=1)

Rus, E. (2020). Investigación aplicada. Economipedia.  
<https://economipedia.com/definiciones/investigacion-aplicada.html>






Sánchez, F. (2019). Fundamentos epistémicos de la investigación cualitativa y cuantitativa: Consensos y disensos. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 13(1).  
[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2223-25162019000100008](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-25162019000100008)



Tecsi, H. (2019). *Profundización del pique Manuelita utilizando equipo Alimak y plataforma Blasting set en la CIA. Minera Morococha-Junín* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio UNSAAC.  
[https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/5472/253T20190898\\_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/5472/253T20190898_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Trujillo, B. (2018). *Costos operativos de la construcción de chimeneas para el mejoramiento del sistema de ventilación en la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.-Unidad Julcani* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Repositorio UNDAC.  
<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/540>
- Trujillo, J. y Milton, D. (2020). Alternativa de explotación de rajos por chimeneas en vetas angostas en la empresa Minera Huanuni. *Revista de Medio Ambiente y Minería*, 5(1).  
[http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2519-53522020000100004](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2519-53522020000100004)
- Villalba, C. (2016). Alimak. SlidePlayer. <https://slideplayer.es/slide/10716947/>
- Yepes, V. (2016). Raise Boring Rig (RBR). Universitat Politècnica de Valencia. <https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/raise-boring/>
- Yucás, V. (2015). *Análisis geomecánicos del macizo rocoso para la construcción de la chimenea Glory Hole mediante el sistema Alimak* [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio UCE.  
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6783/1/T-UCE-0012-369.pdf>

## ANEXOS

### ANEXO 01: INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

COMPONENTES Y ACCESORIOS DE LA PLATAFORMA ALIMAK						
Supervisor					Unidad	
Tec. Mecánico						
Fecha:						
	Descripción	FOTO	Alimak	Descripción	FOTO	
<b>VIGA H</b>	Terminado el vaciado del concreto realizar el retirado del encofrado para luego proceder a instalación de la estructura H. La base de la estructura se asegurará perforando e inyectando pernos helicoidales de 7 pies en los 4 lados.		<b>PERNOS DE EXPANSIÓN O PERNOS DE ANCLAJE</b>	Los pernos de anclaje consisten en una varilla de acero corrugado de un diámetro no menor de 25,4 milímetros (1 pulgada), sin tensionar. El anclaje en estos pernos se deberá obtener mediante el uso de mortero de cemento con acelerante o de resinas sintéticas.		
<b>PIÑÓN</b>	La jaula tiene un piñón que encaja en la cremallera y es autopropulsado desde el interior de la jaula.		<b>ESPACIADORES</b>	Elemento complementario a los ángulos de soporte, que sirve como regulador de distancia entre carril guía y roca, estos espacios tienen dimensiones variables (10,20,30,40 y50) cm.		
<b>FRENO CENTRÍFUGO SUPERIOR</b>	La cual está montada sobre la transmisión superior que consta con 04 zapatas que van sobre una nave que solamente actúan en rotación en sentido horario por torsión de los resortes de copas.		<b>TRANSMISIÓN COMPLETA</b>	Con piñones engranados a la cremallera de linterna del carril guía la propulsión que en este caso es mediante accionamiento eléctrico. Un elemento importante es el freno centrífugo que limita la velocidad de la plataforma		

				trepadora en descenso por gravedad.	
<b>CARRILES CURVOS</b>	Estos elementos permiten la excavación a un determinado ángulo de dirección, si quisiéramos realizar una chimenea recta de 90°, entonces tendríamos que utilizar 3 carriles de 25°, uno de 7° y otro de 8°,		<b>ÁNGULOS</b>	Elemento importante que sirve para anclar los carriles a la roca mediante los pernos de expansión.	

*Nota. Elaboración propia*



## ANEXO 02: MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	RECOLECCIÓN DE DATOS
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	TIPO DE INVESTIGACIÓN	TÉCNICAS
	Realizar la excavación de chimenea de ventilación mediante la plataforma trepadora Alimak STH-5E en mina AGROMIN "LA BONITA".		Excavación de chimenea de ventilación	Aplicada	Observación Análisis de datos
	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>		<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	<b>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>
¿Cuál es la influencia en la excavación de chimenea mediante la plataforma trepadora Alimak STH-5E en mina AGROMIN "LA BONITA"?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Analizar los trabajos preliminares antes de la excavación de chimenea de ventilación mediante la plataforma trepadora Alimak STH-5E.</li> <li>- Describir los componentes y accesorios básicos de la plataforma trepadora Alimak STH-5E para la excavación de chimenea de ventilación.</li> <li>- Determinar los parámetros de diseño en la excavación de chimenea de ventilación mediante la plataforma trepadora Alimak STH-5E.</li> </ul>	La excavación de chimenea mediante la plataforma trepadora Alimak STH-5E influye de forma significativa en la mina AGROMIN "LA BONITA".	Plataforma trepadora Alimak STH-5E	Pre experimental	Guía de observación Guía de análisis de datos

<b>ACCESORIOS DE ANCLAJE</b>	<b>COD.</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID</b>
Longitud de chimenea	LT	380	m
Longitud de Carriles de Seguridad	LCSg	30	m
Carril de Servicio	CSr	1	Unid.
Carriles Curvos	CCv	6	Unid.
Carril de Seguridad	CSg	16	Unid.
Carril de Avance	CAv	180	Unid.
Junta Tórica u O´rings	O	916	Unid.
Cabezal de Entrada	CE	1	Unid.
Cabezal de Salida	CS	1	Unid.
Pernos de Grado 8 de ¾” x 5”.	P5	916	Unid.
Pernos de Grado 8 de ¾” x 3 ½”.	P3	557	Unid.
Pernos de Grado 8 de ¾” x 2”.	P2	1114	Unid.
Tuercas de Grado 8 de ¾”.	TG	2587	Unid.
Ángulos de Soporte	A	255	Unid.
Pernos de Cabeza Expansiva de 4 pies.	PE	557	Unid.
Tuercas de Pernos de Cabeza Expansiva	TPE	557	Unid.
Arandelas Cuadradas	AC	1114	Unid.
Espaciador de 10 cm.	E10	255	Unid.
Espaciador de 20 cm.	E20	128	Unid.
Espaciador de 30 cm.	E30	64	Unid.