

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“IMPLEMENTACIÓN DE LA TERCERA LÍNEA DE AIRE COMPRIMIDO PARA VENTILAR SUB ESTACIONES ELÉCTRICAS EN UNA MINA SUBTERRÁNEA EN LA LIBERTAD, 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autoras:

Anshela Yessenia Rudas Chavez  
Geraldine Janet Vasquez Huangal

Asesor:

M.Sc. Daniel Alejandro Alva Huamán  
<https://orcid.org/0000-0002-1053-9347>

Cajamarca - Perú

2023

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	<b>Miguel Ricardo Portilla Castañeda</b>	<b>45209190</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	<b>Oscar Arturo Vásquez Mendoza</b>	<b>46795074</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>Gladys Sandi Licapa Redolfo</b>	<b>41379556</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## INFORME DE SIMILITUD

das\_Chavez\_Anshela\_Yessenia\_Vasquez\_Huangal\_Geraldine\_J...

INFORME DE ORIGINALIDAD



ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

8%  
★ [repositorio.upn.edu.pe](http://repositorio.upn.edu.pe)  
Fuente de Internet

Excluir citas      Apagado      Excluir coincidencias < 1%  
Excluir bibliografía      Activo

## **DEDICATORIA**

A mis padres con todo el amor y cariño pues ellos fueron quienes me motivaron en todo el transcurso de mi vida profesional y brindaron deseos de superación.

Anshela

A Dios y a mis padres. A Dios porque ha estado conmigo, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo incondicional en todo momento.

Geraldine

## **AGRADECIMIENTO**

Primero, a Dios por darme fuerzas y salud, a mis padres por haberme dado su apoyo incondicional durante todos estos años y por ser esa razón el más grande aliciente para el cumplimiento de mis objetivos, brindándome confianza de superación profesional.

Anshela

Agradezco a Dios por haberme brindado una familia maravillosa, dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio. Gracias a sus consejos me han ayudado a crecer como profesional. Gracias a todas las personas que de una y otra forma me apoyaron en la realización de este proyecto de tesis.

Geraldine

## TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR .....	2
INFORME DE SIMILITUD .....	3
DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO.....	5
TABLA DE CONTENIDO .....	6
ÍNDICE DE TABLAS.....	7
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	8
RESUMEN.....	9
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>29</b>
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>34</b>
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>39</b>
<b>3.5 Discusión .....</b>	<b>39</b>
<b>3.6 Conclusiones.....</b>	<b>42</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>44</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>48</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Límites máximos permisibles de emisiones presentes en el aire .....	13
Tabla 2. Matriz FODA para análisis estratégico .....	33
Tabla 3. Medición de velocidad y temperatura en subestaciones eléctricas .....	34
Tabla 4. Presupuesto para la implementación de la tercera línea de aire comprimido. ....	37

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Puntos de medición en la subestación eléctrica .....	32
Ilustración 2. Subestación eléctrica con manga de ventilación.....	34
Ilustración 3. Subestación eléctrica con tercera línea de aire comprimido .....	34
Ilustración 4. Gráfico velocidad del aire por niveles. ....	36
Ilustración 5. Gráfico temperatura del aire por niveles .....	36



## RESUMEN

La presente investigación titulada “Implementación de la tercera línea de aire comprimido para ventilar sub estaciones eléctricas en una mina subterránea en La Libertad 2021”; nace a partir de la mejora continua que rige la industria minera en los procesos de ventilación en minería subterránea, tomando en primer lugar el análisis con la problemática de la situación actual de la ventilación en las subestaciones eléctricas instaladas en los subniveles de la mina, diseño de la red para la tercera línea de aire comprimido en las subestaciones eléctricas instaladas en los subniveles de la mina, la evaluación de la velocidad del aire y temperatura de los equipos en las subestaciones eléctricas, haciendo una comparación con la manga de ventilación y el aire comprimido; por último la determinación del monto de inversión de la implementación de la tercera línea de aire comprimido. Se utilizó el tipo de investigación aplicada, experimental. La muestra lo constituyó las subestaciones eléctricas en la mina subterránea de La Libertad, situados en los niveles 1467, 1600, 1680, 1730, 1800, 1840, 1915 y 1987. Se concluye que, la tercera línea tiene que tener dos entradas hacia la puerta de la subestación (formando unos cachos); en la tubería se hace unos orificios apuntando hacia la parte inferior. El tramo de tubería que traspasa la puerta, tiene que ser de 25 cm. Las subestaciones deberán estar ubicadas fuera del eje de la galería principal, en cruceros especialmente acondicionados para este fin, con iluminación de al menos 300 lux, puertas, candados, letreros de seguridad, anuncios y estar provistas de los equipos necesarios para la desconexión, reconexión y contraincendios en condiciones de seguridad.

**Palabras clave:** Tercera línea de aire comprimido, ventilación, sub estaciones eléctricas.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

En la mina subterránea en la Libertad, que es el caso de nuestra investigación, actualmente la ventilación en subestaciones eléctricas ha abarcado muchas observaciones en las auditorias de Osinerming en ventilación. El recinto donde se localizan las subestaciones eléctricas, están prácticamente socavada en la roca, sin posibilidad de instalar extractores en la cubierta. Existe un extractor helicoidal instalado en la fachada del recinto, pero que no realiza la función para la cual se instaló debido a que el flujo de aire generado no circula de forma adecuada para enfriar el foco productor del calor generado por la subestación. Este lugar tiene forma de paralelepípedo rectangular con unas dimensiones aproximadas de 12 m x 5 m x 3,5 m, volumen total 210 m<sup>3</sup>, tiene 2 puertas, en las que se instalan 3 transformadores con capacidad de 1000 kVA cada uno.

Esta técnica no es efectiva al 100% pues durante la instalación de la tubería de aire comprimido no se hace tal cual se requiere; por ejemplo, en algunas no tienen los orificios, la distancia de la tubería no tiene que ser excesiva, no están bien adaptadas o al momento de abrir la llave la tubería está sale disparada por la presión, etc. El principal problema a resolver en esta sala de transformadores era que las altas temperaturas alcanzadas dispararían el sistema de protección, haciendo que se apagara y causara daños graves.

Minuciosamente y con el fin de amparar la firmeza en el tratamiento de la investigación, se presentan antecedentes internacionales, nacionales y locales.

(Prieto, 2015), en su tesis expuesta en España: Optimización y modelización del circuito de ventilación de una mina subterránea, de la Universidad Politécnica de Madrid, se mencionó que es necesario parametrizar la minería subterránea con el fin de modelar y adaptar sus circuitos de ventilación a las nuevas condiciones ambientales. Para fines de modelado, uno de los factores a considerar es la atmósfera del túnel, el clima del túnel, como la temperatura de secado, la humedad, los gases de la mina. Usando este tipo de análisis, el método puede transferirse a otras operaciones mineras subterráneas para crear mejores sistemas de ventilación.

(Sanga, 2016), en su tesis expuesta en el Ecuador: Ventilación en sub estaciones eléctricas utilizando aire comprimido de la Escuela Politécnica del Litoral; menciona que la finalidad del estudio es diseñar un sistema de ventilación rápida y de control automático, el sistema de ventilación tradicional brinda un cambio o renovación del aire en el local, lo que hace que el aire se contamine por el calor en este caso, se puede ir afuera y asegúrese de que la temperatura interior sea aproximadamente igual a la temperatura exterior.

(Tecsup, 2017) menciona que, para la marcha del proceso productivo, se requiere soporte específico, lo que es conocido como Servicios Auxiliares de Mina (SAM). Estos servicios pueden ser los siguientes: Transporte, Izaje, Carga, Relleno, Aire comprimido, Ventilación y el Bombeo, los cuales en su conjunto posibilitan la obtención de un producto listo para ser comercializado.

(Quevedo, 2017) de Perú, en la investigación del Sistema de ventilación de diez kilómetros de túnel de conducción de la central hidroeléctrica Huanza usando aire comprimido, en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, menciona que el propósito de un sistema de

ventilación que utiliza aire comprimido es proporcionar el caudal necesario exigido por las normas peruanas vigentes y que el sistema de tuberías también debe ser lo más recto posible cuando se ensambla; evitando tanto curvaturas como 10 desniveles muy bruscos, que aumentan la presión estática del sistema y reducen la vida útil de la tubería o conducto.

(Pinela, 2014), en su tesis expuesta en el Perú: “Diseño del sistema de protección y control de subestaciones eléctricas”, nos dice que el proceso de obtención de electricidad desde la producción hasta el consumo es largo y es necesario garantizar un suministro continuo de alta calidad a los consumidores. El problema que se plantea es que técnicamente es imposible evitar la aparición de fallos en la red eléctrica, por lo que se ha creado un sistema de protección en las subestaciones, cuya función es minimizar las consecuencias de estos fallos inesperados y accidentales.

(Lavado, 2020), en su tesis: “Tercera línea de aire comprimido: Nuevo método para ventilar subestaciones eléctricas, Vijus-Pataz – La Libertad”, nos dice que, se puede mejorar la velocidad de aire requerida por el reglamento en subestaciones eléctricas, pero usando una tercera línea de aire comprimido en lugar de ventiladores y manga, para esto propone que: La tercera línea tiene que tener dos entradas hacia la puerta de la subestación (formando unos cachos), en la tubería se hace unos orificios apuntando hacia la parte inferior y el tramo de tubería que traspasa la puerta, tiene que ser de 25 cm.

(Sotelo, 2018), en su proyecto: Mejora Continua en Planeamiento-Ventilación, planteó la perspectiva de alcanzar la velocidad de aire adecuada en las subestaciones eléctricas

mediante una instalación particular de tercera línea de aire comprimido con tubería. Se hizo una evaluación sobre la ventilación en subestaciones y no necesariamente tiene que ser con ventiladores, sino que se podría utilizar otras formas con la condición de que cumpla con la velocidad de aire impuesta en el reglamento SST. Entonces se procedió a realizar una prueba en una subestación eléctrica, primero se instaló según el diseño la tercera línea en la subestación 1915-4 ubicada en la veta choloque. Luego con el equipo multifunción 435-4 TESTO se tomó los datos y efectivamente se alcanzó el objetivo.

(Condori, 2017), en su tesis “Evaluación del sistema de ventilación de la mina San Vicente – Compañía Minera San Ignacio de Morococha, aplicación del software Ventsim 3.9”, presentado a la Universidad Nacional del Altiplano, Departamento de Ingeniería de Minas – Puno concluye que: "Es importante minimizar los cambios en el sistema de ventilación durante su evaluación, ya que reparar puertas y enchufes durante el estudio puede generar resultados confusos". Para obtener las mejores y más precisas lecturas, evite mover el equipo, apague el ventilador principal y manténgalo lo más estático posible”.

(Roy, 2018), en su tesis, afirmó: “Optimización del Sistema de Ventilación en Mina Charito de Empresa Minera poderosa S.A.” menciona que es necesario estudiar las características de ventilación y circulación del aire fresco para que los trabajadores puedan realizar cómodamente la operación de minado de acuerdo al volumen y resultados esperados, de lo contrario se presentarán problemas relacionados con la acumulación de gases posteriores a la voladura, junto con las emisiones de combustión de los motores diésel (scooptram y dumper), así como los gases generados al ingresar a las operaciones de limpieza de la carga,

ocasionando serios inconvenientes para la continuación de las actividades de preparación y desarrollo, incluida la minería, hasta el momento, falta de continuidad circulación de aire y tóxicos debido a la acumulación de gases, las empresas a veces se ven obligadas a detener las operaciones mineras.

En dependencia con los antecedentes citados, se muestran las siguientes bases teóricas para tener un conocimiento sobre las variables en estudio y los métodos que van a emplear en nuestra investigación.

La ventilación de una mina subterránea es el proceso de hacer circular el aire dentro de ella para proporcionar una atmósfera respirable y segura para el trabajo a realizar. La ventilación se logra creando una circulación de aire que circula por todas las labores. Para ello, la mina debe tener dos labores de entrada separadas: dos piques, dos relaves, un pique y un tajo nivelado, y en labores con una sola entrada (por ejemplo, una galería en avance) se debe utilizar a través de tuberías, canales. ubicada entre la entrada y el final de la labor, a esta ventilación se le llama ventilación secundaria, en oposición que pasa por toda la mina se le llama ventilación primaria. (SEONARGEOMIN, 2013)

Los objetivos generales de la ventilación son:

- a) Proporciona el aire necesario para la vida laboral y operación de mineros y equipos;
- b) Dilución y extracción de gases no respirables, tóxicos o inflamables que ocurren ocasionalmente en las minas;

- c) Monitorear la concentración de polvo y contaminantes que son dañinos y nocivos para la maquinaria y el equipo a través de la filtración, humidificación, dilución y extracción,
- d) Controlar la temperatura ambiente en la mina mediante calefacción o refrigeración.
- e) Control del caudal de aire en piques de mina en caso de incendio subterráneo.

La ventilación busca distribuir y controlar el flujo de aire alrededor de las operaciones mineras. Hay dos tipos de ventilación. La ventilación natural, es decir, el movimiento de corrientes de aire, y la ventilación artificial, es decir, la ventilación secundaria, son sistemas para ventilar áreas limitadas de minas subterráneas mediante conductos y ventiladores adicionales, que se utilizan para este fin en los circuitos eléctricos. Extracción de aire fresco y viciado por todo el sistema de ventilación. (Vargas, 2017)

El flujo de aire es aquella cantidad que ingresa a la mina y se usa para ventilar, la condición debe ser que el aire fluya de manera constante y sin interrupciones, el movimiento del aire se da cambiando el equilibrio: presión en los canales por causas naturales (gradientes térmicos) o medios mecánicos. (Cáceres, 2015)

La tercera línea de aire comprimido, es la red del suministro de aire comprimido que ingresa por las galerías y acompaña a las otras dos redes de suministro como es el agua industrial y el aire por mangas de ventilación. La tercera línea de aire comprimido nos ayuda a ventilar de manera efectiva las subestaciones eléctricas, alcanzado lo requerido por el reglamento. Para construir la tercera línea de aire comprimido usamos tubería de 1 pulgada, acoplada a

un adaptador de dos salidas (una TEE), la tercera línea de aire comprimido es un sustituto seguro y más económico para la ventilación en subestaciones eléctricas y sobrepasa los 20 m/min. (Sánchez, 2019)

El aire comprimido es aire atmosférico bajo presión, generalmente compuesto por un 78 % de nitrógeno, un 21 % de oxígeno y un 1 % de otros gases; físicamente es inodoro, incoloro e insípido. La presión atmosférica depende de la altitud geográfica. Para la altitud de referencia de presión y temperatura se suele utilizar:  $P_0 = 1,013 \text{ bar}$  y  $T_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  (condiciones estándar) o  $P_0 = 1,013 \text{ bar}$  y  $T_0 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$  (condiciones normales). (Paredes, 2015)

El sistema de aire comprimido se divide en dos partes: suministro y demanda. Por el lado de la oferta, encontramos paquetes de compresión compuestos por compresores, motores compresores, reguladores y tanques de almacenamiento, así como equipos de tratamiento de aire como filtros, enfriadores, secadores, tanques de almacenamiento, etc. Por el lado de la demanda se encuentra el cabezal principal, que consta de líneas principales de distribución, mangueras, reguladores de presión, válvulas, lubricadores, neumática, etc. (Prieto, 2017)

Veamos las ventajas y desventajas de usar el aire comprimido como fluido de trabajo. Como ventajas tenemos:

- Alta disponibilidad: La extracción de energía mediante un compresor es una forma sencilla, no se requiere compra y como el aire cuantificable se hace en un solo paso, no



hay cambio. Se puede comprimir prácticamente en cualquier parte del mundo en cantidades ilimitadas.

- Transporte: El aire comprimido se puede transportar fácilmente a través de tuberías, incluso a largas distancias. La ventaja es que no se requiere línea de retorno.
- Puede almacenarse: El aire comprimido producido por un compresor generalmente se almacena en tanques cuya capacidad se elige para mantener la demanda en un nivel de presión predeterminado. No es necesario que el compresor funcione continuamente. El aire comprimido se puede almacenar en el sedimento y tomar desde allí. Además, se puede transportar en un recipiente cerrado.
- Temperatura: El aire comprimido no es sensible a los cambios de temperatura; garantiza un funcionamiento seguro incluso en temperaturas extremas.
- Antideflagrante: sin peligro de explosión o incendio; por lo tanto, no hay necesidad de costosos dispositivos a prueba de explosiones.
- Limpio: El aire comprimido es limpio siempre que pase por un filtro que contenga trazas de impurezas en el aire y en caso de fugas en tuberías o componentes.

Según (Vilca, 2016), La ventilación de minas es lograr el trabajo de aire acondicionado a través de un ciclo de trabajo subterráneo. El objetivo principal es garantizar que los trabajadores tengan un ambiente libre de riesgos, saludable y un entorno conveniente. Los posibles costos deben mantenerse de menos costo posible, en cuanto a la calidad de aire deberá estar dentro de los límites permisibles, establecidas en las reglas del entorno laboral aprobadas por el MEM en el D. S. N° 024- 2016-EM.

Tabla 1

*Límites máximos permisibles de emisiones presentes en el aire*

Emisiones presentes en el aire	Límite máximo permisible
Polvo inhalable	10 mg/mm <sup>3</sup>
Polvo respirable	3 mg/mm <sup>3</sup>
Oxígeno (O <sub>2</sub> )	Minimo 19.5 % y máximo 22.5 %
Monoxido de Carbono (CO)	Máximo 29 mg/mm <sup>3</sup> ó 25 ppm
Dioxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	Máximo 9000 mg/mm <sup>3</sup> ó 5000 ppm
Metano (CH <sub>4</sub> )	Máximo 29 mg/mm <sup>3</sup> ó 25 ppm
Sulfuro de Hidrogeno (H <sub>2</sub> S)	Máximo 14 mg/mm <sup>3</sup> ó 10 ppm
Gases Nitrosos (NOx)	Máximo 0.7 mg/mm <sup>3</sup> ó 5 ppm
Anhidrido Sulfuroso (SO <sub>2</sub> )	Minimo 2 ppm y máximo 5 ppm
Aldehídos	Máximo 5 ppm
Hidrogeno (H <sub>2</sub> )	Máximo 5000 ppm
Ozono	Máximo 0.1 ppm

Fuente: Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional. Decreto Supremo 024-2016-EM

Según el reglamento SST en minería (D. S. N° 024-2016- EM), se deberá utilizar aire limpio para la ventilación de todas las operaciones mineras de acuerdo a las necesidades de los trabajadores, equipos para la realización de las labores y escape de gases, humos y polvos en suspensión que puedan afectar la salud del trabajador y mantener condiciones ambientales térmicas confortables. (Vélez Á. , 2017)

Teniendo en cuenta lo dispuesto en el reglamento (D. S. N° 024-2016-EM), se tendrá en cuenta que se asegurará la circulación de aire limpio y fresco en todas las labores subterráneas de acuerdo al número de empleados. Para motores, así como para la dilución de gases, se debe asegurar al menos un 19,5% de disponibilidad de oxígeno en un ambiente

de trabajo. En minas ubicadas hasta los 1500 metros sobre el nivel del mar, la cantidad mínima requerida de aire por persona deberá ser 3 m<sup>3</sup>/min. Para otras altitudes, la cantidad de aire será:

- De 1,500 a 3,000 msnm aumenta en 40% será 4 m<sup>3</sup>/min
- De 3,000 a 4,000 msnm aumentará en 70% será 5 m<sup>3</sup>/min
- Sobre los 4,000 msnm aumenta en 100% será 6 m<sup>3</sup>/min

Durante el trabajo de desarrollo (incluido el desarrollo y la preparación), la velocidad del aire no será inferior a veinte metros por minuto (20 m/min) ni superior a doscientos cincuenta metros por minuto (250 m/min) bajo ninguna circunstancia. Cuando se utilicen explosivos ANFO, la velocidad del aire no será inferior a 25 m/min. (D. S. N° 024-2016-EM).

Un sistema de potencia (SEP) es un grupo de elementos componentes y equipo eléctrico interconectado diseñado para la transmisión y distribución de electricidad producida por generadores a los consumidores. La electricidad debe cumplir con los principales indicadores de calidad, a saber: confiabilidad del servicio (continuidad del servicio), fluctuación de voltaje  $\pm 10$ , desviación de frecuencia  $\pm 2\%$ , distorsión de forma de onda de voltaje y corriente, asimetría de voltaje trifásico. Principales componentes del sistema eléctrico de potencia (SEP): centrales eléctricas, subestaciones, líneas de transmisión, subestaciones de distribución, redes de distribución y centros de carga o consumo (Barrantes, 2017)

El sistema de energía eléctrica (S.E.P.) tiene como finalidad asegurar el suministro continuo de energía en la zona de su aplicación y al mismo tiempo asegurar el suministro de energía al menor precio y mejor aprovechamiento posible, debiendo cumplir con el nivel de calidad especificado. Un SEP está compuesto por centrales eléctricas, líneas de transmisión y sistemas de distribución necesarios para el consumo de energía eléctrica. La estación de transformación de potencia es una parte básica porque son responsables de unirse a las diferentes partes. (Barrantes, 2017)

Una subestación es un grupo de componentes o dispositivos eléctricos que pueden cambiar las características de la energía (voltaje y corriente) o mantenerla dentro de ciertas características. En algunos casos se puede observar que la electricidad requerida para hacer funcionar equipos eléctricos industriales o comerciales puede estar a una tensión de alimentación muy alta a las cargas que lo componen, por lo que es necesario suministrar a una instalación eléctrica ya sea industrial o comercial. Para convertir la electricidad de un nivel de voltaje a un nivel de voltaje más adecuado, se utiliza un conjunto de equipos que no solo convierten la electricidad, sino que también la controlan y regulan, llamados subestación. Por lo tanto, una subestación es un conjunto de equipos y circuitos cuya función es cambiar los parámetros de la electricidad, como el voltaje y la corriente, y que permite la conexión de diferentes líneas del sistema. (Barrantes, 2017)

Una subestación es un conjunto de equipos utilizados para transformar y/o distribuir energía eléctrica. El sistema recibe energía de la red primaria y la distribuye a la red secundaria.

Muchas subestaciones cuentan con equipos muy similares y son parte esencial de cualquier industria, ya que la industria actual pierde producción irremediablemente cuando se interrumpe el suministro eléctrico. (Penadillo, 2018)

Las subestaciones deberán estar ubicadas fuera del eje de la galería principal, en cruceros especialmente acondicionados para tal fin, con iluminación de al menos 300 lux, puertas, candados, letreros de seguridad, anuncios y estar provistas de los equipos necesarios para la desconexión, reconexión y contraincendios en condiciones de seguridad. Todas las subestaciones deben estar equipadas con equipos funcionales de protección contra incendios. (Sánchez, 2019).

Los elementos que componen la subestación deben especificarse y seleccionarse teniendo en cuenta las exigencias máximas a las que están sometidos durante su funcionamiento, principalmente las derivadas de sobretensiones y sobre corrientes. Para situaciones especiales en instalaciones industriales, existe una clasificación general de las denominadas subestaciones de tipo compacto y abierto. Es por eso que se llama subestación eléctrica de la unidad compacta para pequeñas industrias, apartamentos y comercios principales. (Gonzales y Ochoa, 2015).

Las subestaciones requieren ventilación para eliminar el calor generado por los transformadores y otros equipos y para secarse después de las estaciones húmedas o

lluviosas. Pero varios estudios han demostrado que una ventilación excesiva puede aumentar significativamente la condensación. (Electricaplicada, 2020)

Las Observaciones relativas a subestaciones prefabricadas exteriores de HV (Alto voltaje) / LV (Bajo voltaje) en condiciones especiales de servicio:

- a) Cualquier transformador instalado en la misma habitación o en el mismo recinto que el equipo de potencia de alto y bajo voltaje afectará la vida útil del equipo.
- b) Cualquier flujo de aire generado por el calentamiento del transformador reducirá el efecto de la radiación. Este flujo de aire es convección natural según la norma IEC 62271-202.
- c) La separación del transformador de las salas de equipos de alta y baja tensión con paredes de separación mejora el estado de servicio de los equipos de conmutación en climas templados y evita su exposición a entornos hostiles, como parques eólicos en zonas costeras..

Para instalaciones al aire libre, es mejor montar un cuadro de distribución en un recinto con aislamiento térmico para protegerla de las condiciones de funcionamiento al aire libre (polvo, humedad, luz solar, etc.), especialmente en climas muy cálidos y fríos.

Dentro de las recomendaciones para la ventilación de la subestación HV (Alto voltaje) / LV (Bajo voltaje):

- a. La ventilación debe mantenerse al mínimo necesario y tampoco debe provocar cambios bruscos de temperatura que puedan hacer que se alcance el punto de rocío. Por lo tanto, se debe utilizar la ventilación natural tanto como sea posible

- b. Las subestaciones pueden requerir calefacción durante cortes de energía prolongados; está diseñado para mantener la resistencia al mínimo. Si se requiere ventilación forzada, los ventiladores deben funcionar continuamente para evitar fluctuaciones de temperatura.
- c. Si la ventilación forzada no es suficiente para garantizar las condiciones de uso interior del equipo de conmutación o cuando la instalación que rodea es un área peligrosa, el equipo HVAC (aire acondicionado) debe separar completamente las condiciones de uso interior de las condiciones de operación.

La ventilación natural es el método más utilizado en las instalaciones de MT (media tensión). Para facilitar la evacuación del calor generado por el transformador a través de la convección natural, las aberturas de ventilación deben estar ubicadas en la parte superior e inferior de la pared cerca del transformador. Los cuadros de distribución de MT (media tensión) emiten un calor insignificante. Para evitar problemas de condensación, las válvulas de la subestación deben ubicarse lo más lejos posible del cuadro de distribución.

Para reducir las fluctuaciones de temperatura, instale siempre calentadores anti-condensación en gabinetes de MV (voltaje medio) donde la humedad relativa promedio puede permanecer alta durante largos períodos de tiempo. Los calentadores deben funcionar las 24 horas del día durante todo el año. Nunca deben conectarse a un sistema de control o regulación de temperatura ya que esto puede causar fluctuaciones de temperatura y condensación y acortar la vida útil del calentador. Asegúrese de que el calentador tenga suficiente vida.

Teniendo en cuenta los cambios de temperatura en la subestación, se pueden tomar las siguientes medidas para reducir los cambios de temperatura en la subestación:

- Mejorar el rendimiento del aislamiento térmico de la subestación y reducir el efecto de los cambios de temperatura exterior sobre la temperatura interior de la subestación.
- Evite el calentamiento de la subestación tanto como sea posible. Si se requiere calefacción, asegúrese de que el sistema de control y/o el termostato sean lo suficientemente precisos y estén diseñados para evitar fluctuaciones de temperatura excesivas (por ejemplo, no más de 1 °C). Sin un sistema de termorregulación suficientemente preciso, se requiere calefacción continua las 24 horas del día, durante todo el año.
- Evite las corrientes de aire frío de las zanjas de cables debajo de los gabinetes de distribución o las aberturas de las subestaciones (debajo de las puertas, costuras del techo, etc.).

Con respecto al ambiente y la humedad dentro de la subestación, existen varios factores fuera de la subestación que pueden afectar la humedad en el interior. Estos factores están relacionados con la humedad entre plantas de tratamiento, subestaciones y cables. Se debe evitar la contaminación alrededor de las subestaciones en las instalaciones de descontaminación y se deben cerrar todas las aberturas. En la subestación, el techo de la subestación no debe deslizar agua, evitar los techos planos, es difícil instalar y mantener las salidas de agua. En cuanto a la humedad entre los cables, debe asegurarse de que las ranuras entre los cables estén secas en todas las condiciones. Parte de la solución es agregar arena al fondo de la zanja del cable (pozo del piso).



Los tanques y cilindros de aire comprimido deben estar equipados con manómetros, tener una o más válvulas de seguridad y serán inspeccionados regularmente junto con la línea principal de aire. El propietario de la mina llevará registros de operaciones, limpieza y mantenimiento. Cuando se usa aire comprimido, se deben tomar todas las medidas preventivas necesarias para evitar daños corporales. En cualquier momento, la compresión del aire no debe ser dirigida a los empleados.

Ponce (2006) menciona que el Análisis FODA. Proviene del acrónimo en inglés SWOT, en español las siglas son FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas). El análisis FODA consiste en realizar una evaluación de los factores fuertes y débiles que en su conjunto diagnostican la situación interna de una organización, así como su evaluación externa; es decir, las oportunidades y amenazas. También es una herramienta que puede considerarse sencilla y permite obtener una perspectiva general de la situación estratégica de una organización determinada. El análisis FODA estima el hecho que una estrategia tiene que lograr un equilibrio o ajuste entre la capacidad interna de la organización y su situación de carácter externo; es decir, las oportunidades y amenazas.

Un análisis FODA requiere una evaluación de ambos una vez que se han identificado las fortalezas y debilidades de una organización. Es importante señalar que algunos factores tienen mayores fortalezas que otros: mientras que los aspectos de una organización que se consideran fortalezas son activos competitivos, las debilidades también son pasivos competitivos. (Ponce, 2006).

Finalmente, este trabajo de investigación se planteó desde la perspectiva de alcanzar la velocidad de aire adecuada en las subestaciones eléctricas mediante una instalación particular de tercera línea de aire comprimido con tubería. Se hizo una evaluación sobre la ventilación en subestaciones y no necesariamente tiene que ser con ventiladores, sino que se podría utilizar otras formas con la condición de que cumpla con la velocidad de aire impuesta en el reglamento.

La presente investigación se justifica en que de acuerdo con el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería – Decreto Supremo 024 MEM en el artículo 402, inciso i; indica lo siguiente: i) Instalar las subestaciones eléctricas, Instalaciones de bombas, Ventiladores, Winches de Izaje y demás fuentes potenciales de incendios subterráneos, en casetas construidas con materiales incombustibles o preservados por tratamientos químicos o protegidos por revestimientos adecuados. Además, estarán provistos de conveniente ventilación. La entidad del estado Osinerming se ampara en este artículo, para realizar los monitoreos de ventilación en las subestaciones eléctricas. Para ello se están implementando mecanismo para brindar la velocidad suficiente de aire en estas instalaciones eléctricas subterráneas.

El siguiente proyecto se plantea desde la perspectiva de alcanzar la velocidad de aire adecuada en las subestaciones eléctricas mediante una instalación particular de una tercera línea de aire comprimido con tubería. Se hizo una evaluación sobre la ventilación en subestaciones y no necesariamente tiene que ser con ventiladores, sino que se podría utilizar

otras formas con la condición de que cumpla con la velocidad de aire impuesta en el Reglamento (SST). Para tal fin se procederá a realizar una prueba en una subestación eléctrica, para lo cual primero se instalará según el diseño la tercera línea en la subestación 1915-4, luego con el equipo multifunción 435-4 TESTO se tomará los datos para alcanzar el objetivo.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Se puede ventilar subestaciones eléctricas con aire comprimido en una mina subterránea en La Libertad 2020?

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

Implementar la tercera línea de aire comprimido para ventilar sub estaciones eléctricas en una mina subterránea en La Libertad 2021.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Analizar la problemática de la situación actual de la ventilación en las subestaciones eléctricas instaladas en los subniveles de la mina subterránea en La Libertad.
- Diseñar la red para la tercera línea de aire comprimido en las subestaciones eléctricas instaladas en los subniveles de la mina subterránea en La Libertad.
- Evaluar la velocidad del aire y temperatura de los equipos en las subestaciones eléctricas, haciendo una comparación con la manga de ventilación y el aire comprimido.

- Determinar el monto de inversión de la implementación de la tercera línea de aire comprimido.

## 1.4 Hipótesis

### 1.4.1 Hipótesis general

La implementación de la tercera línea de aire comprimido para ventilar sub estaciones eléctricas en una mina subterránea en La Libertad 2019, proporcionan velocidades de aire por encima de los 20 m/min de acuerdo a la norma.

Según Izcara (2014), las hipótesis son explicaciones tentativas de un fenómeno investigado, formuladas a manera de proposiciones. Una hipótesis debe desarrollarse con una mente abierta y dispuesta a aprender, pues de lo contrario se estaría tratando de imponer ideas, lo cual es completamente erróneo. Una hipótesis no necesariamente tiene que ser verdadera. La Hipótesis general, es cuando trata de responder de forma amplia a las dudas que el investigador tiene acerca de la relación que existe entre las variables. Por otro lado, la Hipótesis específica es aquella que se deriva de la general, estas tratan de concretizar a la hipótesis general y hace explícitas las orientaciones concebidas para resolver la investigación.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1 Tipo de investigación

El presente proyecto corresponde a una investigación de tipo Aplicada, del tipo Experimental, la cual tiene como objetivo principal evaluar la velocidad del aire y temperatura de los equipos de las sub estaciones eléctricas, para al final realizar una comparación entre los datos obtenidos por la manga de ventilación y la tercera línea de aire comprimido y determinar si el efecto es positivo para la ventilación de las sub estaciones eléctricas.

El tipo de investigación aplicada se centra en el análisis y solución de problemas de varias índoles de la vida real, así como también se nutre de avances científicos y se caracteriza por su interés en la aplicación de los conocimientos. Indica que el tipo de investigación Aplicada es una forma de conocer las realidades con una prueba científica; requiere obligatoriamente de un marco teórico, sobre el cual se basará para generar una solución al problema específico que se quiera resolver (Vargas, 2009).

Paella y Martins, (2012) “El diseño experimental es aquel según el cual el investigador manipula una variable experimental no comprobada, bajo condiciones estrictamente controladas. Su objetivo es describir de qué modo y porque causa se produce o puede producirse un fenómeno. Busca predecir el futuro, elaborar pronósticos que una vez confirmados, se convierten en leyes y generalizaciones tendentes a incrementar el cúmulo de conocimientos pedagógicos y el mejoramiento de la acción educativa” (p.86).

## **2.2 Población y muestra**

### **2.2.1 Población**

Subestaciones eléctricas en una mina subterránea de La Libertad.

### **2.2.2 Muestra**

Subestaciones eléctricas en una mina subterránea de La Libertad, situados en los niveles 1467, 1600, 1680, 1730, 1800, 1840, 1915 y 1987.

## **2.3 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos**

### **a) Para la recolección de datos**

La técnica de recolección de datos incluyó primero el desarrollo de una matriz FODA que nos permitió comprender y evaluar cuatro conceptos (dos internos y dos externos) que fueron fundamentales a la hora de establecer objetivos en nuestros proyectos. Además, tenemos que analizar estos cuatro componentes: dos de ellos los consideramos de manera positiva y, por lo tanto, pueden percibirse como beneficiosos para los objetivos que nos proponemos (fortalezas y oportunidades), mientras que los otros dos complican, incluso pueden dificultar el logro de los objetivos establecidos. objetivos (debilidades y amenazas). El análisis FODA nos permitirá comprender las oportunidades reales para lograr nuestros objetivos, ser conscientes de los obstáculos que encontraremos en el camino y nos permitirá explorar estos lados positivos. Estas técnicas han sido adaptadas para la investigación.

Luego se elaboraron instrumentos de recolección de datos para registrar la medición de velocidad de aire, temperatura, distanciamiento y gases con los siguientes equipos:

Equipo multifunción 435-4 TESTO

Higro Termo Anemómetro (PACER).

Distanciómetro digital LEICA.

Medidor multigases DRAGUER.

El instrumento para la recolección de datos fue la ficha de Registro de medición y la ficha de la matriz FODA para el análisis estratégico (Ver anexo 4 y 5). La primera ficha fue creada y la segunda ficha fue adaptada para la investigación.

Los instrumentos se validaron previamente con el juicio de expertos, con el propósito de determinar la pertinencia de las variables estudiadas y la calidad de recolección de la información. (Ver anexo 6).

#### **b) Para el análisis de datos**

Una vez conocido los factores claves tanto internos como externos de ventilación para describir la Problemática de la Situación Actual, el siguiente paso es identificar a través de la matriz cuadrática FODA los factores estratégicos que nos servirán para establecer objetivos y estrategias adecuadas para la empresa. Esto nos permitió manejar escalas donde se relacionaron las Fortalezas con Oportunidades y Amenazas; como también se relacionó las Debilidades con Oportunidades y Amenazas.

De esta relación entre variables se obtuvo sumas y promedios donde estuvimos en la posibilidad de detectar e identificar factores estratégicos que son aquellos valores mayores o iguales que 3, y la escala que utilizamos para medir las relaciones alta, media y baja fue la siguiente:

Cuando la relación entre la variable sea alta se da 5

Cuando la relación entre la variable sea media se da 3

Cuando la relación entre la variable sea baja se da 1

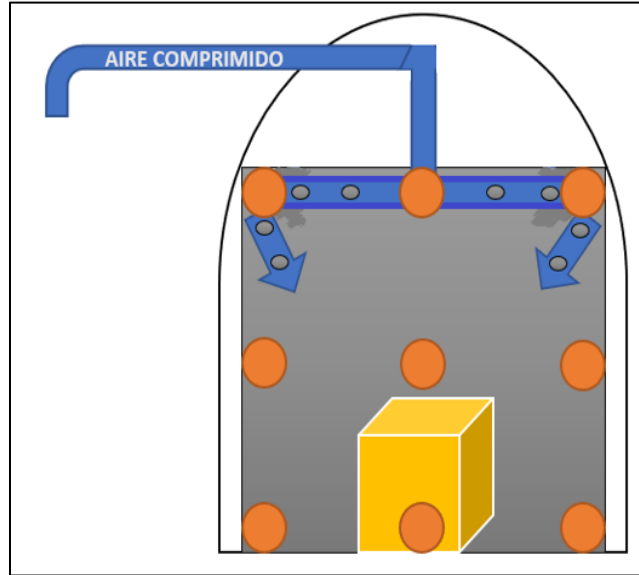
Cuando la relación entre la variable sea nula se da 0.

## **2.4 Procedimiento**

Con fines de realizar la medición de la velocidad del aire, temperatura, con este nuevo método se procederá a visitar todas las subestaciones eléctricas, ubicadas en distintos puntos de la mina subterránea en La Libertad.

Se procederá a unir el Equipo multifunción 435-4 TESTO con la sonda, para realizar mediciones en todas las subestaciones, la metodología consiste en ubicar nueve puntos distintos en la puerta de la subestación, luego en el equipo se selecciona la opción de promedio por tiempo para medir con 10 segundos de promedio. Después de hacer las 9 mediciones en la subestación, para calcular la velocidad (m/min) se saca el promedio y se multiplica por 60.





*Ilustración 1.* Puntos de medición en la subestación eléctrica.

## 2.5 Aspectos éticos

En cuanto a la recolección de datos de campo, no se han presentado conflictos sociales o ambientales en la mina estudiada. Se respetó el cuidado del medio ambiente, las relaciones con la comunidad también fueron óptimas durante las dos visitas a las instalaciones, ya que no se presentaron inconvenientes. En este sentido, los aspectos éticos se abordan mejor en las visitas de campo.

Asimismo, se utilizó el formato de tesis de la universidad y se redactó de acuerdo con el protocolo, evitando el plagio del documento original disponible en Internet.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 3.1 Estrategia FODA para identificar la problemática de la situación actual de la ventilación en las subestaciones eléctricas

Tabla 1

*Matriz FODA para análisis estratégico.*

FACTORES INTERNOS DE LA EMPRESA		FACTORES EXTERNOS A LA EMPRESA	
<b>DEBILIDADES (-)</b>		<b>AMENAZAS (-)</b>	
1	D1. Poco interés por parte de los encargados de las empresas contratistas y mineras	1	A1. Ocurrencia de fatales por motivo de gaseamiento
2	D2. Mala comunicación entre encargados del proceso y sus trabajadores	2	A2. Multas por mala ventilación o por fatales
3	D3. Poco conocimiento de los trabajadores con respecto a la implementación de la nueva técnica	3	A3. Riesgo de sordera si no se usa el epp completo (tapones para oídos)
4	D4. Problemas con organismos como Osinerming		
<b>FORTALEZAS (+)</b>		<b>OPORTUNIDADES (+)</b>	
1	F1. Técnica de implementación bien definida	1	O1. Se requiere mejorar el compromiso del trabajador y evitar pérdidas materiales
2	F2. Materiales y herramientas necesarias y en buen estado	2	O2. Disminución de peligros de gaseamiento
3	F3. Se cuenta con un supervisor que está al tanto de todo el trabajo	3	O3. Ahorro en compra de ventiladores

Fuente: Análisis situacional

### 3.2 Diseño e implementación de la tercera línea de aire comprimido en las subestaciones eléctricas instaladas en los subniveles de la mina subterránea en La Libertad.

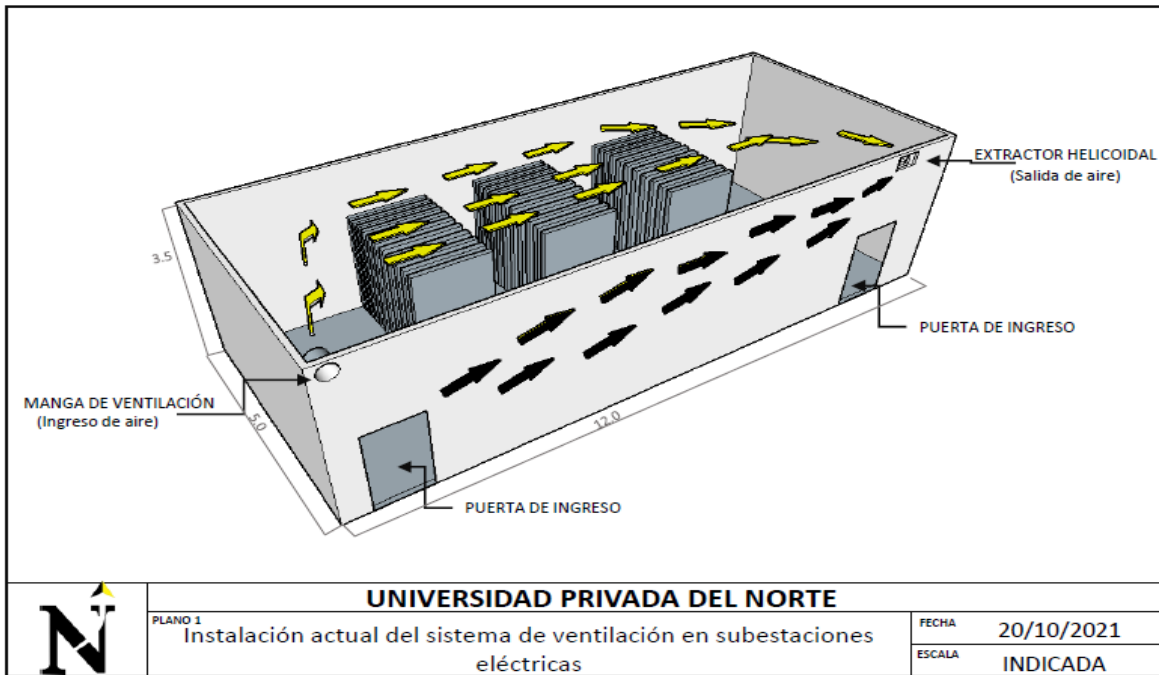


Ilustración 2. Subestación eléctrica con manga de ventilación

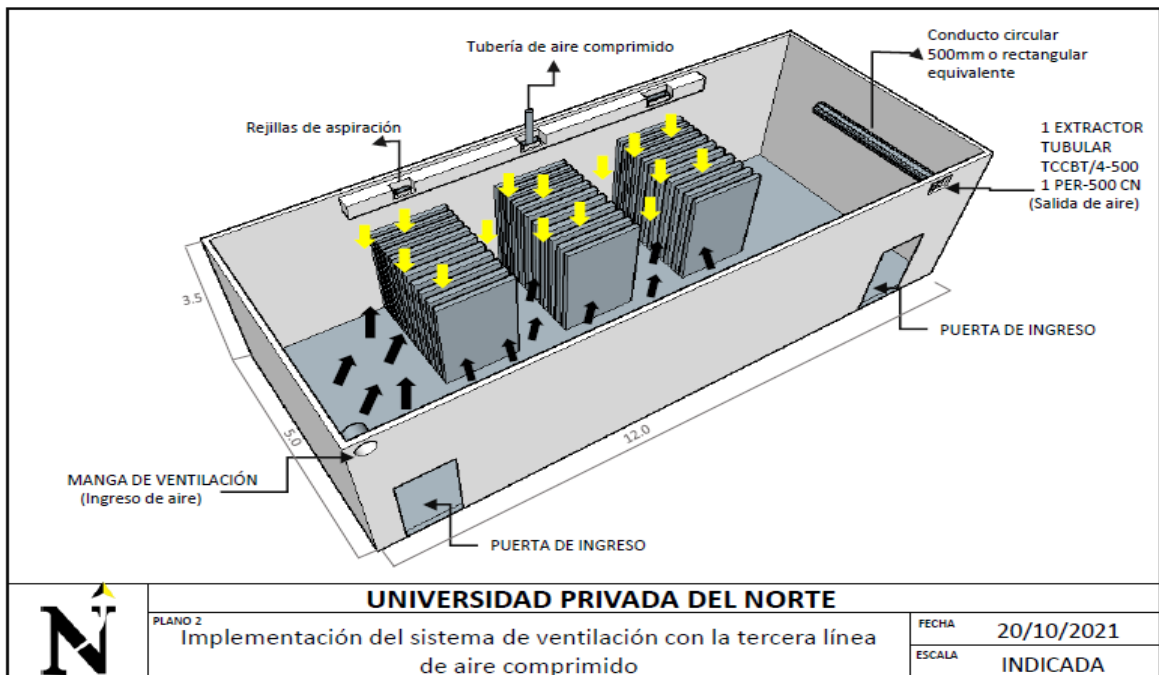


Ilustración 3. Subestación eléctrica con tercera línea de aire comprimido

### 3.3 Evaluación de la velocidad del aire y temperatura de los equipos en las subestaciones eléctricas, haciendo una comparación con la manga de ventilación y el aire comprimido.

Tabla 3

*Medición de velocidad y temperatura en subestaciones eléctricas*

ZONA	FECHA	HORA	NIVEL	INFRAESTRUCTURA	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	Vprom	VELOCIDAD (m/min)	TEMPERATURA (°C)
NORTE	16-feb-20	9:24 a.m.	1467	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 1	0.71	0.67	0.67	0.41	0.54	0.43	0.41	0.48	0.41	0.53	31.53	20.16
NORTE	16-feb-20	9:55 a.m.	1467	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 2	0.49	0.66	0.46	0.54	0.47	0.32	0.55	0.39	0.58	0.50	29.73	26.80
NORTE	19-feb-20	10:10 a.m.	1600	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 3	0.28	0.42	0.39	0.44	0.51	0.35	0.40	0.35	0.32	0.38	23.07	27.30
NORTE	19-feb-20	10:31 a.m.	1600	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 4	0.57	0.51	0.57	0.46	0.58	0.68	0.45	0.42	0.47	0.52	31.40	25.20
NORTE	19-feb-20	11:00 a.m.	1600	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 5	0.75	0.71	0.70	0.44	0.59	0.49	0.46	0.52	0.45	0.57	34.07	24.60
NORTE	20-feb-20	10:06 a.m.	1600	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 6	0.47	0.58	0.57	0.47	0.50	0.61	0.53	0.42	0.49	0.52	30.93	28.00
NORTE	23-feb-20	9:30 a.m.	1680	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 7	0.72	0.68	0.67	0.47	0.51	0.50	0.46	0.57	0.44	0.56	33.47	19.30
NORTE	23-feb-20	9:55 a.m.	1680	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 8	0.55	0.43	0.49	0.55	0.54	0.64	0.45	0.57	0.42	0.52	30.93	19.40
NORTE	24-feb-20	8:37 a.m.	1730	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 9	0.35	0.35	0.37	0.35	0.54	0.46	0.40	0.28	0.32	0.38	22.80	23.20
NORTE	24-feb-20	9:08 a.m.	1730	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 10	0.34	0.45	0.37	0.35	0.31	0.35	0.41	0.50	0.33	0.38	22.73	23.30
NORTE	24-feb-20	9:23 a.m.	1730	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 11	0.91	0.84	0.70	0.55	0.69	0.63	0.81	0.76	0.65	0.73	43.60	27.60
NORTE	24-feb-20	9:41 a.m.	1730	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 12	0.41	0.51	0.40	0.41	0.65	0.69	0.74	0.48	0.44	0.53	31.53	20.26
NORTE	27-feb-20	10:00 a.m.	1800	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 13	0.62	0.66	0.58	0.46	0.47	0.42	0.55	0.42	0.51	0.52	31.27	25.30
NORTE	27-feb-20	10:24 a.m.	1800	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 14	0.74	0.71	0.76	0.49	0.52	0.48	0.48	0.54	0.49	0.58	34.73	25.10
NORTE	27-feb-20	10:54 a.m.	1800	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 15	0.71	0.69	0.67	0.46	0.54	0.47	0.47	0.51	0.50	0.56	33.47	19.30
NORTE	27-feb-20	11:15 a.m.	1800	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 16	0.55	0.39	0.58	0.59	0.66	0.56	0.48	0.47	0.42	0.52	31.33	19.30
NORTE	28-feb-20	9:49 a.m.	1800	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 17	0.41	0.48	0.41	0.41	0.53	0.43	0.61	0.67	0.67	0.51	30.80	25.30
NORTE	28-feb-20	10:36 a.m.	1800	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 18	0.50	0.53	0.52	0.45	0.47	0.46	0.49	0.58	0.62	0.51	30.80	25.20
NORTE	02-mar-20	11:25 a.m.	1840	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 19	0.75	0.71	0.70	0.48	0.52	0.49	0.41	0.62	0.50	0.58	34.53	25.40
NORTE	02-mar-20	11:56 a.m.	1840	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 20	0.42	0.58	0.47	0.47	0.51	0.49	0.73	0.68	0.67	0.56	33.47	19.20
NORTE	05-mar-20	8:38 a.m.	1915	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 21	0.74	0.63	0.68	0.45	0.47	0.42	0.44	0.48	0.41	0.52	31.47	19.40
NORTE	05-mar-20	9:11 a.m.	1915	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 22	0.51	0.40	0.56	0.45	0.49	0.42	0.55	0.62	0.56	0.51	30.40	25.30
NORTE	05-mar-20	9:32 a.m.	1915	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 23	0.35	0.34	0.38	0.44	0.50	0.43	0.39	0.45	0.47	0.42	25.00	26.00
NORTE	05-mar-20	10:45 a.m.	1915	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 24	0.91	1.01	0.98	0.75	0.77	0.77	0.81	0.86	0.82	0.85	51.20	28.20
NORTE	09-mar-20	11:07 a.m.	1987	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 25	0.69	0.72	0.66	0.58	0.55	0.60	0.91	0.85	0.90	0.72	43.07	28.70
NORTE	09-mar-20	11:28 a.m.	1987	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 26	0.40	0.36	0.37	0.39	0.54	0.46	0.51	0.38	0.42	0.43	25.53	25.50

Fuente: Datos tomados en campo

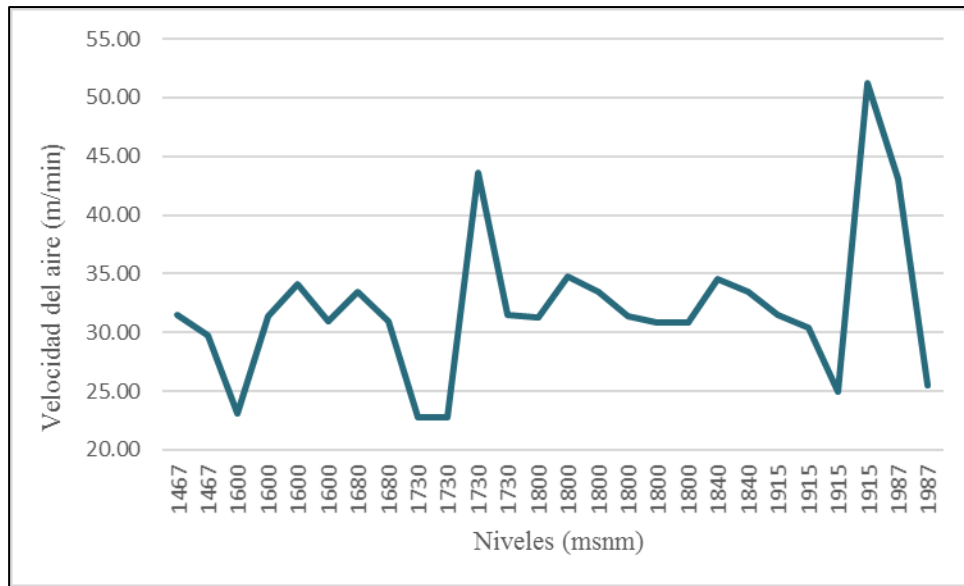


Ilustración 4. Gráfico velocidad del aire por niveles

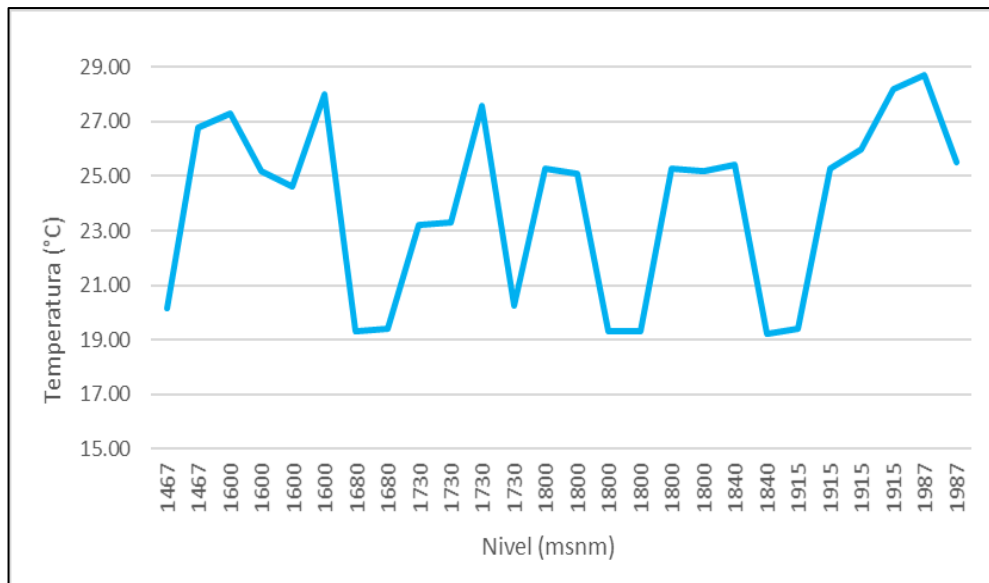


Ilustración 5. Gráfico temperatura del aire por niveles

### 3.4 Inversión para la implementación de la tercera línea de aire comprimido

Tabla 4

*Presupuesto para la implementación de la tercera línea de aire comprimido*

		<b>Monto</b>	
<b>PERSONAL REQUERIDO</b>	Sistemas 8 HRS	<b>S/.</b>	120.00
	N° de personal		4
	N° de guardias		4
	<b>Total de Gastos de Personal</b>	<b>S/.</b>	<b>960.00 ok</b>
<b>MATERIALES</b> ( Tuberías, bridas, una T, etc)	materiales por cada subestación eléctrica	<b>S/.</b>	<b>200.00</b>
	N° de subestaciones		26
	<b>Total de Gastos de Materiales</b>	<b>S/.</b>	<b>5,200.00 ok</b>
<b>SERVICIOS</b> (Empresas Especializadas, Consultoria, Proveedores, Alquiler de Servicios)	-	<b>\$3,000.00</b>	<b>ok</b>
	<b>S/.</b>	<b>3,960.00</b>	<b>S/.</b> <b>5,200.00</b>
<b>Total de Gastos de Servicios</b>			
<b>COSTO TOTAL DE IMPLEMENTACION DEL PROYECTO DE MEJORA</b>		<b>S/.</b>	<b>9,160.00</b>

El monto de la inversión es de S/. 9,160

Los tanques de aire comprimido y los balones de gas deben estar equipados con manómetros, deben tener una o más válvulas de seguridad y serán revisados regularmente junto con la línea principal de aire. El propietario de la mina llevará registros de operación, limpieza y mantenimiento. Al utilizar aire comprimido, se deben tomar todas las precauciones necesarias para evitar lesiones personales. El aire comprimido nunca debe dirigirse a los trabajadores.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 3.5 Discusión

A partir de los hallazgos encontrados, con la información expuesta y la información estadística presentada, se implementó la tercera línea de aire comprimido para ventilar sub estaciones eléctricas en una mina subterránea en La Libertad, 2021.

Los resultados del primer objetivo específico, en lo referente a aplicar la estrategia FODA para identificar la problemática de la situación actual de la ventilación en las subestaciones eléctricas instaladas en los subniveles de la mina subterránea en La Libertad. Se identificaron tres fortalezas y tres oportunidades, que se deben aprovechar al máximo para contribuir con el desarrollo de la empresa. Después de levantar las amenazas y oportunidades como resultado de todo el análisis externo para describir la problemática de la situación actual, podemos decir que las principales amenazas que tiene la mina subterránea en la Libertad son básicamente tres, y son la ocurrencia de fatales por motivo de gaseamiento, multas por mala ventilación y fatales y riesgo de sordera sino se utiliza los tapones para oídos. Por otro lado, las principales oportunidades de crecimiento consisten en que se requiere mejorar el compromiso del trabajador, la disminución de peligros de gaseamiento y el ahorro en compra de ventiladores.

Los resultados del segundo objetivo específico, realizar un diseño e implementar la tercera línea de aire comprimido en las subestaciones eléctricas instaladas en los subniveles de la mina subterránea en La Libertad. Entre las características más resaltantes es que, la tercera línea tiene que tener dos entradas hacia la puerta de la subestación (formando unos cachos)

En la tubería se hace unos orificios apuntando hacia la parte inferior. El tramo de tubería que traspasa la puerta, tiene que ser de 25 cm. Las subestaciones deberán estar ubicadas fuera del eje de la galería principal, en cruceros especialmente acondicionados para este fin, con iluminación de al menos 300 lux, puertas, candados, letreros de seguridad, anuncios y estar provistas de los equipos necesarios para la desconexión, reconexión y contra incendios en condiciones de seguridad. Todas las subestaciones deben tener extintores disponibles. Los resultados confirman a la investigación realizada por (Sotelo, 2018), en su proyecto: Mejora Continua en Planeamiento-Ventilación, planteó la perspectiva de alcanzar la velocidad de aire adecuada en las subestaciones eléctricas mediante una instalación particular de tercera línea de aire comprimido con tubería.

Los resultados del tercer objetivo específico, evaluar la velocidad del aire y temperatura de los equipos en las subestaciones eléctricas, haciendo una comparación con la manga de ventilación y el aire comprimido. De la tabla 4 y la ilustración 2 se observa que, de los monitoreos de la velocidad del aire en cada nivel con la implementación de la tercera línea de aire comprimido, las velocidades de aire se encuentran por encima de los 20 m/min y menos de 250 m/min, de acuerdo al DS N° 024-2016-EM. De la tabla 4 y la ilustración 3 se observa que, de los monitoreos de la temperatura del aire por niveles con la implementación de la tercera línea de aire comprimido, las temperaturas del aire se encuentran por encima de los 19°C y menos de 30°C, de acuerdo al DS N° 024-2016-EM. Se hizo una evaluación sobre la ventilación en subestaciones y no necesariamente tiene que ser con ventiladores, sino que se podría utilizar otras formas con la condición de que cumpla con la velocidad de aire impuesta en el reglamento de seguridad y salud ocupacional.



Entonces se procedió a realizar una prueba en una subestación eléctrica, primero se instaló según el diseño la tercera línea en la subestación 1915-4 ubicada en la veta choloque. Luego con el equipo multifunción 435-4 TESTO se tomó los datos y efectivamente se alcanzó el objetivo. Nuestros resultados confirman la investigación de (Sanga, 2016), en su tesis expuesta en el Ecuador: Ventilación en sub estaciones eléctricas utilizando aire comprimido de la Escuela Politécnica del Litoral; menciona que, el objetivo de la investigación es diseñar un sistema de ventilación rápido y control automático, que el sistema de ventilación tradicional proporcionando un cambio o renovación de aire dentro del lugar, y esto hace que el aire contaminado en este caso por el calor, puede salir al exterior, asegurando que la temperatura interior sea aproximadamente igual a la temperatura exterior.

Los resultados del cuarto objetivo específico, determinar el monto de inversión de la implementación de la tercera línea de aire comprimido. El monto de la inversión es de S/. 9,160 y es una alternativa de bajo costo de ventilar una subestación eléctrica, ya que su uso es puntual (El costo de ventilar con aire comprimido es muy alto cuando se usa con frecuencia).

Con respecto a las limitaciones de la investigación, la presente tesis se realizó específicamente en una empresa minera del departamento de La Libertad, por lo que no nos permitieron utilizar el nombre y los datos de las mediciones del flujo de aire y temperatura en las áreas donde se ubican las subestaciones eléctricas dentro de las galerías; por eso se han tenido que hacer otras mediciones que no son las mismas de las originales que tiene la

empresa, pero son similares; asimismo los planos y tablas para la presentación de resultados forman parte de nuestra investigación.

### 3.6 Conclusiones

Se implementó la tercera línea de aire comprimido para ventilar sub estaciones eléctricas en una mina subterránea en La Libertad, tomando en cuenta para ello en primer lugar el análisis con la problemática de la situación actual de la ventilación en las subestaciones eléctricas instaladas en los subniveles de la mina, diseño de la red para la tercera línea de aire comprimido en las subestaciones eléctricas instaladas en los subniveles de la mina, la evaluación de la velocidad del aire y temperatura de los equipos en las subestaciones eléctricas, haciendo una comparación con la manga de ventilación y el aire comprimido; por último la determinación del monto de inversión de la implementación de la tercera línea de aire comprimido. Esta conclusión valida la hipótesis general que indica: “La implementación de la tercera línea de aire comprimido para ventilar sub estaciones eléctricas en una mina subterránea en La Libertad 2019, proporcionan velocidades de aire por encima de los 20 m/min de acuerdo a la norma”.

Se aplicó la estrategia FODA para analizar la problemática de la situación actual de la ventilación en las subestaciones eléctricas instaladas en los subniveles de la mina subterránea en La Libertad, identificándose tres fortalezas y tres oportunidades, que se deben aprovechar al máximo para contribuir con el desarrollo de la empresa. Se concluye que las principales amenazas que tiene la mina subterránea en la Libertad son, la ocurrencia de fatales por motivo de gaseamiento, multas por mala ventilación y fatales y riesgo de

sordera sino se utiliza los tapones para oídos. Por otro lado, las principales oportunidades de crecimiento consisten en que se requiere mejorar el compromiso del trabajador, la disminución de peligros de gaseamiento y el ahorro en compra de ventiladores.

Se diseñó la red para la tercera línea de aire comprimido en las subestaciones eléctricas instaladas en los subniveles de la mina subterránea en La Libertad. Se concluye que, la tercera línea tiene que tener dos entradas hacia la puerta de la subestación (formando unos cachos); en la tubería se hace unos orificios apuntando hacia la parte inferior. El tramo de tubería que traspasa la puerta, tiene que ser de 25 cm. Las subestaciones deberán estar ubicadas fuera del eje de la galería principal, en cruceros especialmente acondicionados para este fin, con iluminación de al menos 300 lux, puertas, candados, letreros de seguridad, anuncios y estar provistas de los equipos necesarios para la desconexión, reconexión y contra incendios en condiciones de seguridad.

Se evaluó la velocidad del aire y temperatura de los equipos en las subestaciones eléctricas, haciendo una comparación con la manga de ventilación y el aire comprimido. Se concluye las velocidades de aire se encuentran por encima de los 20 m/min y menos de 250 m/min. De los monitoreos de la temperatura del aire por niveles con la implementación de la tercera línea de aire comprimido, las temperaturas del aire se encuentran por encima de los 19°C y menos de 30°C.

Se determinó el monto de inversión de la implementación de la tercera línea de aire comprimido. Se concluye que el monto de la inversión es de S/. 9,160 y es una alternativa

de bajo costo de ventilar una subestación eléctrica, ya que su uso es puntual (El costo de ventilar con aire comprimido es muy alto cuando se usa con frecuencia).

La ventilación en las sub estaciones eléctricas con la tercera línea de aire comprimido, más que ventilar, realiza la refrigeración en las subestaciones y la recomendación que se hace es también aplicar la investigación a las bombas estacionarias que trabajan en interior mina, que también se sobrecalientan con el trabajo diario y puede causar daños materiales. El aire comprimido es insensible a las variaciones de temperatura; garantiza un trabajo seguro incluso a temperaturas extremas.

## REFERENCIAS

Barrantes, L. (2017). Obtenido de [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/11767/LUCIA%20SARAY%20BARRANTES%20PINELA\\_MEMORIA%20PFC.pdf?sequence=2](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/11767/LUCIA%20SARAY%20BARRANTES%20PINELA_MEMORIA%20PFC.pdf?sequence=2)

Cáceres, P. (2015). Obtenido de [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/9886/Quispe\\_Caceres\\_Prudencio.pdf?sequence=6&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/9886/Quispe_Caceres_Prudencio.pdf?sequence=6&isAllowed=y)

Electricaaplicada. (2020). Obtenido de <https://www.electricaplicada.com/ventilacion-subestaciones-media-tension-alta-tension/>

Gonzales Lecona N. , Mata Jimenez D. (2015). *Operación y mantenimiento de una subestación de rectificación en el sistema de transporte eléctrico(trolebús.* Tesis para obtener el título de Ingeniero electricista. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. México.

Izcara Palacios, S. P. (2014). *Manual de investigación cualitativa.* Perú: Ediciones Fontamara. Recuperado a partir de <https://www.porrúa.mx/libro/GEN:846424/manual-de-investigacion-cualitativa/simon-pedro-izcara-palacios/9786077360643> [ Links ]

Lavado, R. (2020). Obtenido de <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/12122/Alamo%20Rubio%2C%20Diego%20Irmir.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

López, N. (2015). *SCIELO.* Obtenido de SCIELO: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2227-18992014000500006](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2227-18992014000500006)

Paredes, J. (2015). Obtenido de <https://repositorio.upct.es/xmlui/bitstream/handle/10317/5707/tfe-paradis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Penadillo, E. S. (2018). Obtenido de <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/UTP/1445>

Pinela, L. S. (2014). Obtenido de [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/11767/LUCIA%20SARAY%20BARRANTES%20PINELA\\_MEMORIA%20PFC.pdf?sequence=2](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/11767/LUCIA%20SARAY%20BARRANTES%20PINELA_MEMORIA%20PFC.pdf?sequence=2)

Ponce talancón H. (2006). *La matriz FODA: una alternativa para realizar diagnosticos y obtener estrategias de intervención en las organizaciones productivas y sociales*. Artículo sobre Contribuciones a la Economía.

<http://www.eumed.net/ce/>

Prieto. (2017). Obtenido de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5025/fichero/2-+Descripci%C3%B3n+aire+comprimido.pdf>

Prieto, A. C. (2015). Obtenido de [http://oa.upm.es/36496/1/PFC\\_Alberto\\_Campillos\\_Prieto.pdf](http://oa.upm.es/36496/1/PFC_Alberto_Campillos_Prieto.pdf)

Quevedo, C. (2017). Obtenido de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3627/Lanazca%20De%20La%20Cruz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ramos, J. (2017). Obtenido de [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4229/Condori\\_Condori\\_Victor\\_Hugo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4229/Condori_Condori_Victor_Hugo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Richards. (2014). Obtenido de [https://books.google.com.pe/books?id=ry9fKpD882QC&pg=PA292&lpg=PA292&dq=mal+alineamiento+de+los+taladros+de+producci%C3%B3n&source=bl&ots=j8sup1EmUxy&sig=ACfU3U02hAYUjXrMSrsMvjfID-hvFHd\\_Kw&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjRr9LphLvpAhXwJrkGHc1uB-8Q6AEwAHoECAoQAQ#](https://books.google.com.pe/books?id=ry9fKpD882QC&pg=PA292&lpg=PA292&dq=mal+alineamiento+de+los+taladros+de+producci%C3%B3n&source=bl&ots=j8sup1EmUxy&sig=ACfU3U02hAYUjXrMSrsMvjfID-hvFHd_Kw&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjRr9LphLvpAhXwJrkGHc1uB-8Q6AEwAHoECAoQAQ#)

Roy, M. (2018). Obtenido de [https://www.minenergia.gov.co/documents/10192/23980938/010318\\_guia\\_seg\\_ventilacion\\_minas\\_subterraneas.pdf/52d1871d-37c0-45fe-9951-1b2adff92289](https://www.minenergia.gov.co/documents/10192/23980938/010318_guia_seg_ventilacion_minas_subterraneas.pdf/52d1871d-37c0-45fe-9951-1b2adff92289)

- Sánchez, R. (2019). Obtenido de <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/12122/Alamo%20Rubio%2C%20Diego%20Irmir.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sanga, J. (2016). Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/21708>
- SEONARGEOMIN. (2013). Obtenido de [http://sitiohistorico.sernageomin.cl/pdf/presentaciones-geo/Ventilacion-en-minas-subterraneas\(ErickVargasSernageomin\).pdf](http://sitiohistorico.sernageomin.cl/pdf/presentaciones-geo/Ventilacion-en-minas-subterraneas(ErickVargasSernageomin).pdf)
- Sierra, , I. (2015). Obtenido de <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/2526/Capitulo6.pdf>
- Sotelo, J. (2018). Obtenido de <https://red.uao.edu.co/bitstream/10614/1375/1/TEL00509.pdf>
- Tecsup. (26 de Octubre de 2017). Obtenido de <http://miningreport.pe/servicios-en-mineria/>
- Vargas, R. (2017). Obtenido de [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2238/Vargas\\_Rodri go\\_Oscar.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2238/Vargas_Rodri go_Oscar.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Vélez, Á. (2017). Obtenido de [https://www.minenergia.gov.co/documents/10192/23980938/010318\\_guia\\_seg\\_ventilacion\\_minas\\_subterraneas.pdf/52d1871d-37c0-45fe-9951-1b2adff92289](https://www.minenergia.gov.co/documents/10192/23980938/010318_guia_seg_ventilacion_minas_subterraneas.pdf/52d1871d-37c0-45fe-9951-1b2adff92289)
- Vilca, J. (2016). Obtenido de [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3539/Sutty\\_Vilca\\_J esus\\_Alberto.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3539/Sutty_Vilca_J esus_Alberto.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

# ANEXOS



## ANEXO n.º 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA Y CRONOGRAMA

Título	Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Tipo de Investigación
<p>“Implementación de la tercera línea de aire comprimido para ventilar sub estaciones eléctricas en una mina subterránea en La Libertad 2020”</p>	<p>¿Se puede ventilar subestaciones eléctricas con aire comprimido en una mina subterránea en La Libertad 2020?</p>	<p><u>General:</u> Implementar la tercera línea de aire comprimido para ventilar sub estaciones eléctricas en una mina subterránea en La Libertad 2019.</p> <p><u>Específicos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar un análisis FODA para resolver la problemática de la ventilación en la subestaciones eléctricas instaladas en los subniveles de la mina subterránea en La Libertad.</li> <li>• Realizar un diseño e implementar la tercera línea de aire comprimido en las subestaciones eléctricas instaladas en los subniveles de la mina subterránea en La Libertad.</li> </ul>	<p><u>General:</u> La implementación de la tercera línea de aire comprimido para ventilar sub estaciones eléctricas en una mina subterránea en La Libertad 2019,</p>	<p><u>Dependientes:</u> 1) Ventilación de la subestación eléctrica</p> <p><u>Independiente:</u> Tercera línea de aire comprimido</p>	<p>Aplicada del tipo Experimental</p>

- Evaluar la velocidad del aire y temperatura de los equipos en las subestaciones eléctricas, haciendo una comparación con la manga de ventilación y el aire comprimido.
- Determinar el monto de inversión de la implementación de la tercera línea de aire comprimido.

## ANEXO n.º 2. DS 024 MEM, ARTICULO 402, INCISO i

podrían reaccionar ante un contacto entre ellos o contaminarse unos con otros, deberán almacenarse separadamente. Los lugares de almacenaje deben estar bien ventilados e iluminados.

g) Los patios de almacenaje y apilamiento deben estar clasificados, mientras que los materiales deben estar claramente identificados y etiquetados. La construcción y el desarme de las pilas deben ser llevados a cabo por trabajadores capacitados en los procedimientos correctos de apilamiento y almacenaje.

h) Los montacargas de cuchillas y otros de tipo similar deben ser operados con la carga inclinada hacia atrás para que esté estable y segura en posición hacia arriba cuando el montacargas u otro ascienda o descienda gradientes de más del diez por ciento (10%) y sin levantarla ni bajarla cuando el equipo esté en movimiento, excepto para ajustes pequeños.

### CAPÍTULO VIII ORDEN Y LIMPIEZA

**Artículo 398.-** El mantenimiento de edificaciones, plantas de beneficio y otras instalaciones del centro de trabajo en general deberá efectuarse teniendo en consideración las siguientes medidas:

a) Todo almacenamiento se debe realizar en los lugares autorizados. Los materiales inservibles deben ser retirados de los lugares de trabajo. Todo material reutilizable debe depositarse en forma clasificada en el almacén correspondiente. El material desechado debe ser eliminado.

b) Los almacenes deben contar con suficientes pasillos para permitir el fácil acceso a todo el material en los estantes o en el patio. Cada área del almacén debe tener lugares de estacionamiento debidamente señalizados.

Esta prohibición aplica a desperdicios de carburo de calcio en lugares que no sean los depósitos indicados.

### CAPÍTULO X PREVENCIÓN Y CONTROL DE INCENDIOS

**Artículo 402.-** En el almacenamiento, manipuleo y uso de materiales combustibles e inflamables líquidos y gaseosos se cumplirá con lo siguiente:

a) Llevar un control riguroso del stock existente.

b) Almacenarlos en lugares o depósitos especialmente diseñados y en lo posible en forma independiente.

c) Almacenar el carburo de calcio solamente en superficie, en depósitos independientes, a prueba de agua y bien ventilados.

d) Los depósitos a que se refieren los literales b) y c) del presente artículo deberán ser íntegramente cerrados y contruidos o protegidos con materiales incombustibles.

Dichos depósitos deberán estar situados a no menos de treinta (30) metros de las instalaciones y de las labores de acceso a los trabajos subterráneos y a no menos de cien (100) metros de los depósitos de explosivos.

e) Situar los patios en superficie para el almacenamiento de madera a no menos de veinte (20) metros de las instalaciones de superficie y de las labores de acceso a los trabajos subterráneos y a no menos de ochenta (80) metros de los depósitos de explosivos.

f) No almacenar aceites lubricantes o madera en las estaciones de piques o dentro de los treinta (30) metros de distancia tanto de dichas estaciones como de los depósitos de explosivos, de las subestaciones eléctricas, de las instalaciones de bombas, de ventiladores y demás salas de máquinas.

g) Guardar en depósitos especiales las pequeñas cantidades de aceites lubricantes para el uso de las

595446

NORMAS LEGALES

Jueves 28 de julio de 2016 / El Peruano

perforadoras, locomotoras, carros y otras maquinarias que sean guardadas en el subsuelo. Si el almacenaje se hiciera en depósitos enmaderados, éstos deberán ser cubiertos con un material no inflamable. Las puertas de acceso a los depósitos serán de materiales incombustibles.

h) No guardar o amontonar los desperdicios de madera, cajas vacías, papeles y demás desperdicios combustibles que ofrezcan peligro de incendio en el interior de las minas, debiendo ser extraídos a la superficie tan pronto como sea posible.

i) Instalar en las sub-estaciones eléctricas, instalaciones de bombas, ventiladores, winches de izaje y demás fuentes potenciales de incendios subterráneos, en casetas construidas con materiales incombustibles o preservados por tratamientos químicos o protegidos por revestimientos adecuados. Además, estarán provistos de conveniente ventilación.

j) Tener disponible en todas las instalaciones, tanto superficiales como subterráneas, equipo y materiales adecuados para combatir rápidamente cualquier riesgo de incendio, tales como extintores, arena, agua, mangueras y otros.

**Artículo 403.-** El titular de actividad minera debe cumplir las siguientes disposiciones:

### CAPÍTULO XI TRANSPORTE DE PERSONAL

#### Subcapítulo I Transporte Subterráneo

**Artículo 408.-** Para el transporte del personal y personas en general, el titular de actividad minera deberá tener en consideración que:

a) El transporte de personal sólo se permitirá en vehículos diseñados y de uso exclusivo para este objeto, con asientos cómodos, con cinturones de seguridad, Protección contra caída de rocas y su capacidad máxima de pasajeros deberá ser respetada. En ningún caso habrá transporte de personal y/o personas junto con carga (transporte mixto).

b) En las estaciones de transporte de personal y en el interior de los vehículos destinados a transporte de personal se colocará carteles indicando el número máximo de pasajeros que debe viajar en cada vehículo.

c) Para conducir vehículos para el transporte de personal para el desarrollo de la actividad minera deberá cumplirse con las condiciones establecidas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

d) Las velocidades máximas permitidas serán establecidas por el titular de actividad minera, previa

### ANEXO n.º 3. INSTRUMENTOS DIGITALES PARA MEDICIÓN DE VELOCIDAD Y TEMPERATURA DEL AIRE



Equipo multifunción 435-4 TESTO

## ANEXO n.º 4. FICHA DE MEDICIÓN DE VELOCIDAD Y TEMPERATURA EN SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

ZONA	FECHA	HORA	NIVEL	INFRAESTRUCTURA	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	Vprom	VELOCIDAD (m/min)	TEMPERATURA (°C)
			1467	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 1												
			1467	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 2												
			1600	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 3												
			1600	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 4												
			1600	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 5												
			1600	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 6												
			1680	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 7												
			1680	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 8												
			1730	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 9												
			1730	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 10												
			1730	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 11												
			1730	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 12												
			1800	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 13												
			1800	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 14												
			1800	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 15												
			1800	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 16												
			1800	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 17												
			1800	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 18												
			1840	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 19												
			1840	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 20												
			1915	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 21												
			1915	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 22												
			1915	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 23												
			1915	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 24												
			1987	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 25												
			1987	SUB ESTACIÓN ELECTRICA N° 26												

## ANEXO n.º 5. FICHA DE LA MATRIZ FODA PARA ANÁLISIS ESTRATEGICO

### FACTORES INTERNOS DE LA EMPRESA

#### DEBILIDADES (-)

1	D1.
2	D2.
3	D3.
4	D4.

#### FORTALEZAS (+)

1	F1.
2	F2.
3	F3.

### FACTORES EXTERNOS A LA EMPRESA

#### AMENAZAS (-)

1	A1.
2	A2.
3	A3.

#### OPORTUNIDADES (+)

1	O1.
2	O2.
3	O3.

### ANEXO n.º6. Visita de estudio de la compañía minera Poderosa

