

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA DE MINAS**

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE
INCENDIOS MEDIANTE UN AGENTE
EXTINGUIDOR EN UN TÚNEL EXPLORATORIO
DE LA REGIÓN CAJAMARCA, 2022”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Jose Luis Sanchez Vasquez

Asesor:

Mg. Ing. Elmer Ovidio Luque Luque

<https://orcid.org/0000-0002-6196-7616>

Cajamarca - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Daniel Alejandro Alva Huamán	43006890
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Miguel Ricardo Portilla Castañeda	45209190
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Rafael Napoleón Ocas Boñón	42811302
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

DEDICATORIA

A mis padres, quienes me
inculcaron sus enseñanzas para salir
adelante.

José Luis

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la oportunidad de salir adelante, y cumplir un sueño más en mi vida. A mis padres por su sacrificio y entrega en mi crianza. A mi esposa por motivarme día a día.

José Luis

Tabla de contenido

JURADO CALIFICADOR	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
TABLA DE CONTENIDO	5
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN	8
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	9
1.1. Realidad problemática	9
1.2. Formulación del problema	16
1.3. Objetivos	16
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	18
CAPÍTULO III: RESULTADOS	20
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	60
REFERENCIAS	63
ANEXOS	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Altura de la labor.....	30
Tabla 2	Distancia hacia lo brigada de emergencias.....	31
Tabla 3	Mayor sector de incendio.....	32
Tabla 4	Accesibilidad.....	32
Tabla 5	Resistencia al fuego de elementos constructivos.....	33
Tabla 6	Peligro de activación (fuentes de ignición.).....	33
Tabla 7	Falsos techos.....	33
Tabla 8	Carga térmica.....	33
Tabla 9	Inflamabilidad de los combustibles.....	34
Tabla 10	Orden y limpieza.....	34
Tabla 11	Almacenamiento en altura.....	34
Tabla 12	Factor de concentración de valores.....	35
Tabla 13	Deestructibilidad por calor.....	35
Tabla 14	Deestructibilidad por humo.....	35
Tabla 15	Deestructibilidad por corrosión.....	36
Tabla 16	Deestructibilidad por agua.....	36
Tabla 17	Propagabilidad en vertical.....	36
Tabla 18	Propagabilidad en horizontal.....	37
Tabla 19	Factor de protección.....	37
Tabla 20	Método Meseri a lo largo del túnel.....	38
Tabla 21	Calificación de riesgos.....	40
Tabla 22	Elección del agente extintor según la clase de fuego.....	47
Tabla 23	Relación de materiales de primeros auxilios en botiquines.....	53
Tabla 24	Capacitación para comité local.....	54
Tabla 25	Capacitación para brigada.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Túnel exploratorio.....	20
Figura 2. Dimensiones de las labores.....	25
Figura 3. Equipos utilizados en el avance.....	25
Figura 4. Equipos utilizados en limpieza.....	26
Figura 5. Diagrama de Pareto de riesgos.....	27
Figura 6. Monitoreo de gases XC 627 SE Nv. 2750.....	28
Figura 7. Monitoreo de gases en interior mina XC 1122 NW Nv. 3760.....	28
Figura 8. Monitoreo de gases en interior mina RP 648 XC 1068 NE.....	29
Figura 9. Distancia de túnel exploratorio a estación de bomberos.....	31
Figura 10. Cortina contra incendio.....	45

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue diseñar un sistema de control de incendios mediante un agente extinguidor en un túnel exploratorio de la región Cajamarca, 2022. Para ello se plantearon los objetivos específicos identificar escenarios posibles donde se producen incendios en Minería Subterránea, determinar un agente extinguidor propicio para controlar incendios y determinar las condiciones del medio en cada labor subterránea. Se concluye que el problema principal identificado en la mina subterránea de una empresa minera es el alto riesgo de incendio, de acuerdo al análisis con el método de Meseri se determinó que en todos los componentes de la mina subterránea tiene la protección es deficiente. Se monitorearon tres puntos a lo largo de la mina, y los resultados evidenciaron que la presencia de dióxido de azufre supera los límites máximos permisibles. El sistema contra incendio se inició con el diseño de red de agua contraincendios exclusivo para el combate de incendios, todo este diseño viene acompañado de un agente extinguidor de espuma AFFF al 3% más un educador de espuma y con cortinas de lluvia, las cuales van a ir ubicadas en los frentes de explotación, estas cortinas tendrán la función de rociar agua, se complementó con la protección anticorrosión, gabinetes contra incendio y un plan contraincendios. El sistema de protecciones contra incendios en la mina subterránea reduce los riesgos de incendio y mediante el método de Messeri se determinó que el sistema es aceptable.

PALABRAS CLAVES: sistema contraincendio, mina subterránea, agente extinguidor.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Las empresas mineras son con frecuencia operaciones grandes y multifacéticas, con gran cantidad de trabajadores, manejo de sustancias tóxicas e inflamables, procesos complejos, tienen interacciones muy específicas con el medio ambiente y las comunidades, en áreas de biodiversidad importantes, en todas las zonas climáticas, y en áreas de diversa geomorfología (Aravena, 2015).

Desde que el hombre se sintió atraído por los metales preciosos y su subsecuente extracción, se produjeron diferentes eventualidades que se cobraron muchas vidas y más aún en minería subterránea; ya sea por su tipo de yacimiento, tipo de extracción o impericia humana. Hoy en día se invierten grandes cantidades de dinero a fin de prevenir incidentes y accidentes, aplicando diferentes programas de control los cuales muchas veces resultan ineficientes en incendios (Mullizuca, 2015).

En la actualidad, la minería es una labor que cobra anualmente muchas vidas humanas. La gran mayoría de empresas que practican esta labor no cuentan con medios de detección que garanticen la seguridad de los trabajadores al interior de la mina. Las medidas de alerta permiten evitar accidentes fatales que terminan con una gran suma de pérdidas humanas, materiales, daños sociales y un sinnúmero de problemas consecutivos a una catástrofe de esta magnitud. Es así que en el 2015, Aravena, en las faenas mineras, el riesgo de incendio aumenta por las características de los trabajos que en ellas se realizan. Como ocurre en cualquier sector productivo, lo primero que hay que tener

presente es el marco general respecto a la protección de incendios, que se centra en tres aspectos: protección personal, protección de propiedad, continuidad del negocio (Robles, 2018).

Se tienen diferentes maneras de evitar incendios con sistemas de respuesta o mitigación: sistemas de extinción automáticos, inundación de las labores mineras, por sofocación, evitando derrumbes, eligiendo un método de minado apropiado, no usando material inflamable en sostenimiento o en barreras aislantes del fuego, disparar en los frentes de avance solo cantidades de materiales que puedan ser extraídas antes de generar altas temperaturas, no usar para relleno materiales con contenido de pirita, etc. (Valerio, 2016).

Los estudios de riesgos de incendios permiten definir posibles escenarios, en los que básicamente se define el “qué” podría pasar, tanto desde las causas como de las consecuencias. Esto último implica definir cómo y cuánto podría crecer el incendio, qué zonas se verían afectadas, y cómo afectan a esto las posibles medidas de seguridad ya existentes. Estos estudios permiten plantear y responder preguntas, como: ¿Son las medidas de seguridad adecuadas a los riesgos? ¿Son suficientes? ¿Qué riesgos residuales no han sido cubiertos por las medidas dispuestas? ¿Qué medidas adicionales de protección podrían ser más eficientes en disminuir el riesgo? ¿Las medidas están alineadas a una estrategia de continuidad de operaciones? ¿Los trabajadores están adecuadamente capacitados a todo nivel en los posibles riesgos de incendio en las instalaciones? (Aravena, 2015)

Así mismo estos pueden generar grandes pérdidas económicas, o incluso pérdida de vidas humanas, las mismas que son irre recuperables y que traen muchas consecuencias negativas para el proyecto minero. En caso de la existencia de un riesgo de incendio se debe considerar lo siguiente (Valerio, 2016):

- ✓ Se debe entrenar al personal en el uso de extintores, para usarlos adecuadamente en caso de requerirse.
- ✓ Se debe tener pleno conocimiento de las probables causas o puntos de riesgo que pueden provocar un incendio, así como las medidas preventivas que podrían evitarlo.
- ✓ Tratar de tener siempre a la mano el número de teléfono de centro de control de seguridad y/o de la brigada de respuesta a emergencias.
- ✓ Se debe considerar siempre que una de las medidas preventivas para evitar incendios, es contar con un adecuado orden y limpieza en el lugar de trabajo
- ✓ Se debe evitar fumar en el lugar de trabajo.
- ✓ Se debe tener un control adecuado de las chispas que se generen producto de cualquier actividad, ya que esto puede producir incendios.
- ✓ Cuando el incendio es inminente se debe tener el pleno conocimiento de las medidas inmediatas a adoptarse para sofocarlo.
- ✓ Si en caso se trabaja con productos inflamables, se debe respetar todas las normas de seguridad sobre estos, para minimizar los riesgos de un posible incendio.

Independientemente de que un incendio se origine por causas naturales o fortuitas, todos causan daños materiales e incluso ponen en peligro vidas humanas; es

de suponer que un incendio en minería subterránea sea de mayor peligrosidad ya que originan diversos gases tóxicos para los trabajadores. De la misma forma las pérdidas económicas pueden ascender a millones de soles en cuestión de poco tiempo si estos no se llegan a controlar de manera inmediata para lo cual existen un plan de prevención contra incendios los cuales según Kennia (2015) a) Deben contar con los elementos e instalaciones de extintores contra incendios. b) Desarrollar e implementar un programa de entrenamiento para su personal en técnicas de prevención y control de incendios. c) Llevar un registro periódicamente de supervisión de las instalaciones de los extintores a fin de controlar o al menos minimizar las posibilidades de incendios.

Un incendio es un fuego incontrolado. Sus efectos son generalmente no deseados produciendo lesiones personales por el humo, gases tóxicos y altas temperaturas, y daños materiales a las instalaciones, productos fabricados y edificios (Robles, 2018).

Los equipos necesarios para poder prevenir los incendios es necesario tener **sistemas de alarmas**: se instalarán sistemas de alarmas contra incendios en las instalaciones donde se requiera, como en las oficinas y o sitios estratégicos del patio; **sistema de comunicación**: Se establecerá una red de radio teléfonos, los cuales estarán a cargo del personal de los grupos internos del comité de emergencia. El resto del personal utilizará la comunicación radial y los **Extintores**: serán colocados en todas las áreas del proyecto y teniendo en cuenta las especificaciones de cada uno. Además, también cada vehículo que transite en el área del proyecto debe portar uno adicional a su sistema de supresión de incendios (Mullizaca, 2015).

En Perú tenemos el Decreto Supremo N° 024-2016-EM (Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería), que nos sirve de base para establecer lineamientos y respuestas a los incidentes y accidentes que se originen dentro de una mina; para el presente caso en el art. 407 se establece que en minas subterráneas, las corrientes de ventilación y la ubicación de los depósitos de explosivos o materiales inflamables se deben establecer tomando en cuenta que, en casos de incendios o explosiones, el humo sea llevado en dirección opuesta a la zona donde se encuentran los trabajadores (Kennia, 2015).

En las minas subterráneas de sulfuros friables (Que se desmenuza fácilmente) y con mucho enmaderado, los incendios siempre resultan ser desastrosos si no se le presta la atención oportuna. Por lo tanto, todo aumento de temperatura en las labores mineras deberá ser controlado y evitado por todos los medios al alcance. En las minas metálicas con presencia de azufre que generalmente son más extensas dentro de una propiedad minera con presencia de sulfuros se producen pérdidas mayores pero con menor número de muertes, es por eso que en las minas metálicas con presencia de azufre son más fáciles de combatir los incendios en su etapa inicial, el incendio en su segunda etapa sería más difícil de combatir porque en aquellas existen gases explosivos que son muy perjudiciales al momento de combatir incendios y con cantidades elevadas de humo y gases que son difíciles de confinar, detener o controlar y si el trabajo de controlar el incendio se prolonga, el humo y los gases representan una amenaza continua porque aparecen en las áreas menos esperadas en especial si hay muchas interconexiones de labores, para ello es importante tener los planos de toda la

mina y detallada por subniveles (art. 341 del DS N° 024-2016-EM, inclusión de planos y/o mapas en cada subnivel) (Copaira, 2015).

Al inicio el estudio, el personal de ingeniería de minas realizó un análisis de peligros para identificar probables ubicaciones de incendios y de alta consecuencia. Las fuentes de incendios mineros subterráneos en la Mina Chuquicamata Subterránea son (Prosser, Valencia y Van Diest, 2016):

- a) Equipo minero móvil diésel
- b) Otros vehículos, buses, camiones de transporte, vehículos de servicio, etc.
- c) Subestaciones eléctricas
- d) Estaciones de compresores
- e) Motores eléctricos en máquinas y bombas
- f) Áreas de almacenamiento de aceite y lubricantes
- g) Áreas de almacenamiento o suministro de diésel
- h) Polvo de sulfuro (combustión espontánea o súbita) y en colectores de polvo seco
- i) Áreas de molienda y soldadura en talleres
- j) Talleres de mantenimiento
- k) Al efectuar orden y limpieza general (e.g. desperdicios, etc.)
- l) Revestimiento de cables eléctricos
- m) Almacén de explosivos
- n) Comedor, oficinas
- o) Neumáticos y madera en almacenes
- p) Instalaciones de almacenamiento de gas comprimido

Robles (2018) desarrolló su tesis “Prevención y control de incendios y explosión en las minas de carbón” el objetivo del presente estudio fue contribuir a la explotación segura de las minas de carbón subterráneas, estableciendo sistemas de prevención y control de incendio y explosión, evitando de esta forma, los posibles desastres en las minas de carbón en el Perú, Los incendios y explosiones producidos por el gas grisú y el polvo de carbón, son riesgos potenciales permanentes, que amenazan constantemente la vida de los trabajadores y la propiedad. Según confirman los datos estadísticos de las catástrofes mineras ocurridos en el Perú y a nivel mundial, han causado a centenares de mineros y cuantiosa pérdida material. Se presenta diferentes métodos de prevención de riesgos de incendio y explosión, su aplicación y uso evitará el inicio del accidente. Evaluación y control del gas metano y polvo de carbón, métodos de protección de siniestros, previstos para minimizar sus efectos perjudiciales, en caso de presentarse la emergencia; lucha contra siniestros y salvataje minero. Se efectúa el cálculo de costo de prevención de pérdidas, causadas por siniestros y los beneficios económicos que brinda la seguridad a la empresa y el país.

Mullizaca (2015) en su investigación “Evaluación de riesgos del polvorín auxiliar subterráneo de explosivos en la empresa minera Coming Santibañez E.I.R.L, en la mina Cunuyo distrito de Sina, provincia de San Antonio de Putina año 2014”. La metodología de evaluación consistió en la utilización de dos métodos de evaluación de riesgos: checklist, fairule mode and effects análisis e IPERC (identificación de fuentes de riesgos, evaluación y control de riesgos), las evaluaciones se llevaron a cabo utilizando las fichas de evaluación respectivas de cada metodología “in situ” en el

polvorín; la metodología checklist, failuremode and effects analysis identificó los factores de riesgo presentes en el lugar de trabajo, así como el cálculo del nivel de deficiencia y finalmente el nivel de exposición y de consecuencias; en cuanto al IPERC generó una matriz que permitió calcular las fuentes de riesgos, consecuencias, evaluación de riesgos y herramientas de control operacional, seguridad de ambientes y salud (SAS). Los resultados identificaron los siguientes riesgos: caída de rocas, caída al mismo nivel, exposición a gases, contacto de explosivos con agua e incendio o explosión; de los cuales se obtuvo como resultado que el nivel de riesgo más alto corresponde al riesgo de incendio o explosión; el resultado final por ambos métodos de evaluación de riesgos, coinciden en señalar que las condiciones actuales del polvorín subterráneo son deficientes, por lo que se recomienda su traslado, así mismo se realiza las recomendaciones y medidas de control para operación y mantenimiento del polvorín, que ayudaran a poder controlar los niveles de riesgo presentes en el lugar de estudio.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo influye el diseño de un sistema de control de incendios mediante un agente extinguidor en un túnel exploratorio de la región Cajamarca, 2022?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivos general.

Diseñar de un sistema de control de incendios mediante un agente extinguidor en un túnel exploratorio de la región Cajamarca, 2022.

1.3.2. Objetivos específicos.

- Identificar escenarios posibles donde se producen incendios en Minería Subterránea.
- Diseñar un agente extinguidor para controlar incendios en las labores subterráneas sulfuradas.
- Determinar el impacto en el diseño de cada labor subterránea.

1.4. Hipótesis

El diseño de un sistema de control de incendios mediante un agente extinguidor en un túnel exploratorio de la región Cajamarca, 2022.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1 Tipo de Población.

Según su propósito: La investigación fue Aplicada, ya que se aplicó conocimiento existente en cómo mejorar un control de incendios en una mina subterránea.

Según su profundidad: La investigación fue Explicativa, porque se estudió las relaciones de influencia, su estructura, los factores que intervienen en un incendio con altas concentraciones de azufre y las mejoras en las operaciones mineras.

Según la naturaleza de datos: La investigación es Cuantitativa, porque se centró en el estudio y análisis de un control adecuado para los incendios en minería subterránea.

Según su manipulación de la variable: La investigación es experimental, ya que se quiere tener un agente extinguidor para la mitigación de un incendio en minería subterránea

2.2. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos:

Técnicas

- *Observación directa:* De acuerdo que en la con esta técnica se va a las condiciones de las labores, y los minerales que pueden afectar a un incendio.
- *Observación indirecta:* con esta técnica se analizarán los documentos referentes a métodos de control de incendios en minería subterránea.

Instrumentos

Para realizar las pruebas de temperatura a las muestras se utilizarán materiales de la empresa minera “X”, que son especiales para este tipo de pruebas (Ver Tabla 1)

Tabla 1.

Materiales Utilizados para realizar las Pruebas de Temperatura a las muestras en el Laboratorio Metalúrgico

TIPO DE MATERIAL	Marca	Descripción
Bolsa de Muestreo		Para toma de muestras de mineral.
Reactivos		Regulador de pH.
Balanza Analítica	TOLEDO	Precisión de 0.0001 mg.
Pirómetro	Dräger	Para ver los grados C°

2.3. Procedimiento

Revisión Literaria: se ha hecho la búsqueda de información vía web, basados en diferentes fuentes bibliográficas como Google Académico, Alicia.net, Redalyc, scielo. Los cuales han permitido seleccionar artículos, revistas, papers, tesis e informes, los cuales se han seleccionado de acuerdo a la afinidad de información con el tema en curso, y se han excluido aquellos que no guardan relación, o por falta de información en su estructura como por ejemplo carentes de metodología detallada, resultados estadísticos.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Identificación de escenarios posibles donde se producen incendios en Minería

Subterránea

En la Identificación de escenarios posibles donde se producen incendios en Minería Subterránea. Se ha obtenido como resultado de la evaluación: los frentes de trabajo en donde se tiene el mayor tiempo de las maquinarias para el avance de la labor adicional se está considerando las zonas de mayor concentración de azufre nativo mayormente ubicada en las galerías principales y las sub estaciones eléctricas.

Aspectos generales

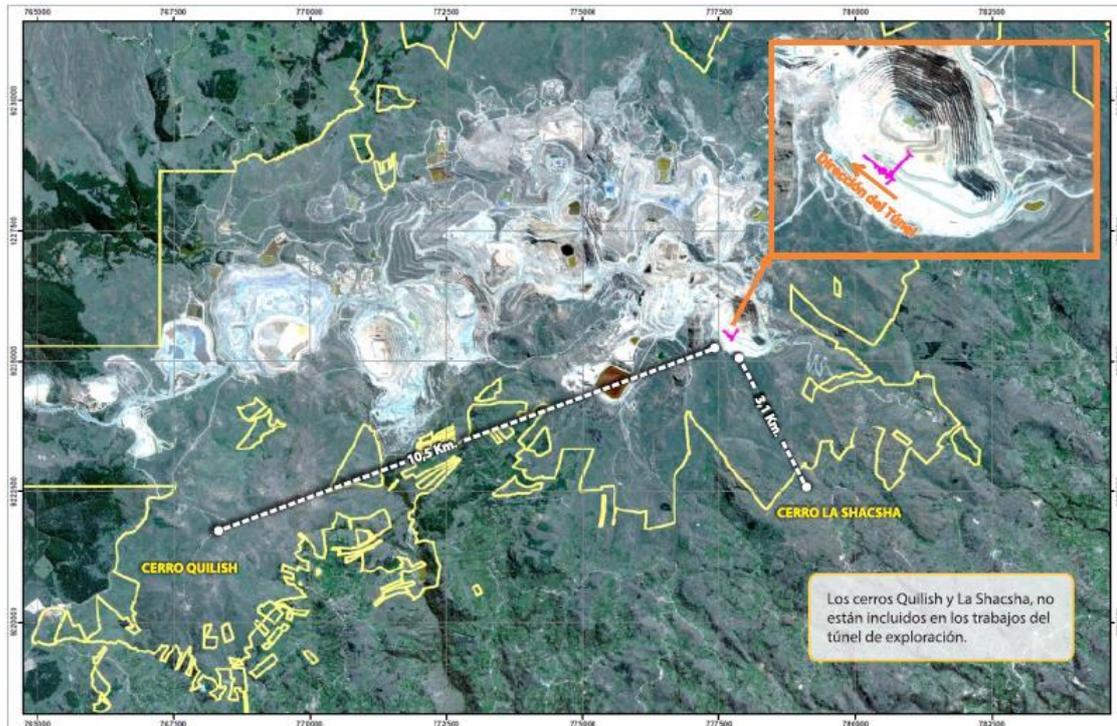
El proyecto subterráneo es un depósito de oro diseminado de alta sulfuración, epitermal, hospedado en roca volcánica y regionalmente ligada al corredor estructural Chicama-Yanacocha. Este proyecto se desarrolló a partir de año 2015 con el propósito de buscar recursos y reservas de material económico que sea rentable para la empresa.

Ubicación

El túnel de exploración se encuentra ubicado en la plataforma 3750 del tajo abierto y tiene una extensión de 1250 metros, distribuidos en tres ramales: dos de 180 metros y uno de 320 metros aproximadamente. Esta estructura (túnel) servirá como una plataforma de perforación para determinar el potencial minero alrededor del tajo.

Figura 1.

Túnel exploratorio.



Acceso

El acceso se realiza mediante vía terrestre desde la ciudad de Cajamarca por la carretera afirmada que va desde Cajamarca a Hualgayoc hasta el kilómetro 30, aquí hay un desvío de 4 Km hacia la derecha, llegando aproximadamente a la zona en una hora con 15 minutos.

Geomorfología

La zona se caracteriza por mostrar un relieve suave, con restos de pequeños valles maduros, pantanosos y rezagos de lagunas que muchas veces han sido destruidas por agentes erosivos.

Clima

Debido a las alturas predominantes (>3600 m) en el área; el clima es frígido llegando a temperaturas de -3°C , dando lugar a continuas heladas. Se distinguen claramente 2 estaciones:

- Lluviosa Diciembre - marzo.
- Seca Abril - noviembre.

Durante el día en la estación seca se tiene intenso sol, vientos que alcanzan velocidades hasta de 40 km/h y temperaturas de 20°C . En la época de lluvia es común la caída de granizo, neblinas bastante densas, tormentas eléctricas y humedad hasta de 72%.

Vegetación

La vegetación es escasa y en él predomina generalmente el ichu. Por la humedad existente en el suelo se tiene una diversidad de plantas y animales, bien distribuidos. Estudios recientes muestran aproximadamente seiscientos colecciones botánicas que han permitido reconocer la diversidad de flora y fauna del distrito.

Geología

El proyecto es un depósito de oro diseminado de alta sulfuración, epitermal, hospedado en rocas volcánicas y regionalmente ligadas al corredor estructural Chicama-Yanacocha. Asimismo, estructuras controladas por sistemas EW, NW y NE son importantes para la ocurrencia del oro, el cual se encuentra diseminado en toda la

roca huésped y a lo largo de fracturas en zona de óxidos y en asociación con la pirita, calcosita, covellita, luzonita y azufre nativo en zona de sulfuros.

Las reservas actuales son de 2.9 Moz en óxidos y 0.7 Moz en material transicional. El potencial en la zona de sulfuros se ha estimado en alrededor de 2.2 Moz y 7.0 Au g/t en promedio.

El proyecto está regionalmente ligado al corredor estructural Chicama-Yanacocha con rumbo N40°E alineado al conjunto de minas y proyectos con la misma dirección NE. La interpretación estructural del depósito sugiere que un sistema estructural principal NW genera fallas en echelón, siendo desplazado por fallas de gravedad de un sistema NE.

Geología del yacimiento

El yacimiento pertenece al sistema epitermal del tipo ácido-sulfato que domina el distrito, controlado por diferentes eventos hidrotermales que han generado horizontes silíceos en diferentes niveles, debido a las variaciones de los niveles de ebullición, así como de las napas freáticas que han ido formando brechamientos por explosiones sucesivas (brechas freáticas, freatomagmáticas), con dominio de vapores en las partes altas, donde la lixiviación ácida ha generado porosidad la cual asociada al fracturamiento, han favorecido la formación del horizonte de óxidos de Fe con contenido de oro.

Existe un zonamiento general de sílice masiva en el centro del depósito que gradúa externamente a sílice vuggy y finalmente a sílice granular. Fuera de las rocas de lixiviación ácida están las zonas de sílice-alunita, sílice clay y clay-pirita

correspondiendo las dos primeras a la alteración argilico avanzado y la última a la argílica. La mineralización de oro de forma libre y disseminada en oquedades y microfrazuras se encuentra mejor distribuida en rocas de alteración silíceas, en contacto con óxidos de fierro, jarosita y barita en la zona de óxidos y en la zona de transición y sulfuros de forma libre, como inclusiones, microfrazuras y encapsulado con pirita, calcosita, covellita, enargita, luzonita y azufre nativo.

La mineralización disseminada de alta ley (>2 Au g/t) en la zona de óxidos tiene como control estructural con una dirección NE, asociado a la intersección de fallas EW y NW principalmente y la mineralización entre 0.2 – 2 Au g/t está siguiendo un trend NW. El control litológico son las rocas volcanoclásticas de la unidad Ignimbritas San José y mayormente de los Tufos de cristales.

La mineralización económica está modelada desde 0.2 Au g/t en el cuerpo de oro y a unos 100 metros debajo de la topografía actual, las reservas evaluadas en un cono de \$300 oz, son 2.9 M oz en la zona de Óxidos, 0.7 M oz en la zona de transición (óxidos-sulfuros) y un potencial de 2.2 M oz y 7 Au g/t de ley promedio en la zona de sulfuros.

Geoquímica

Las anomalías significativas de oro >100 ppb desarrollan un patrón NW, el cual constituye una guía para la exploración en el proyecto, otros elementos como el mercurio y el arsénico configuran análogamente similar patrón NW en sus anomalías significativas. La correlación Au versus As, Sb, Bi, Hg, Ag, Pb y Zn representan un

índice de correlación directa menor a 0.4, lo cual indica un factor no aceptable lo cual se explica por la superposición de eventos de alteración como de mineralización.

Dimensión de desarrollo y preparación de métodos SL

- Dimensión de las labores es de 5m x 5.5m.

Figura 2.

Dimensiones de las labores.



3.1.1. Avance de las labores

- El avance de cruceros, galerías y rampas se realiza con jumbos de 2 brazos.

Figura 3.

Equipos utilizados en el avance.



- Scoops de 9 yardas para limpieza.

Figura 4.

Equipos utilizados en limpieza.

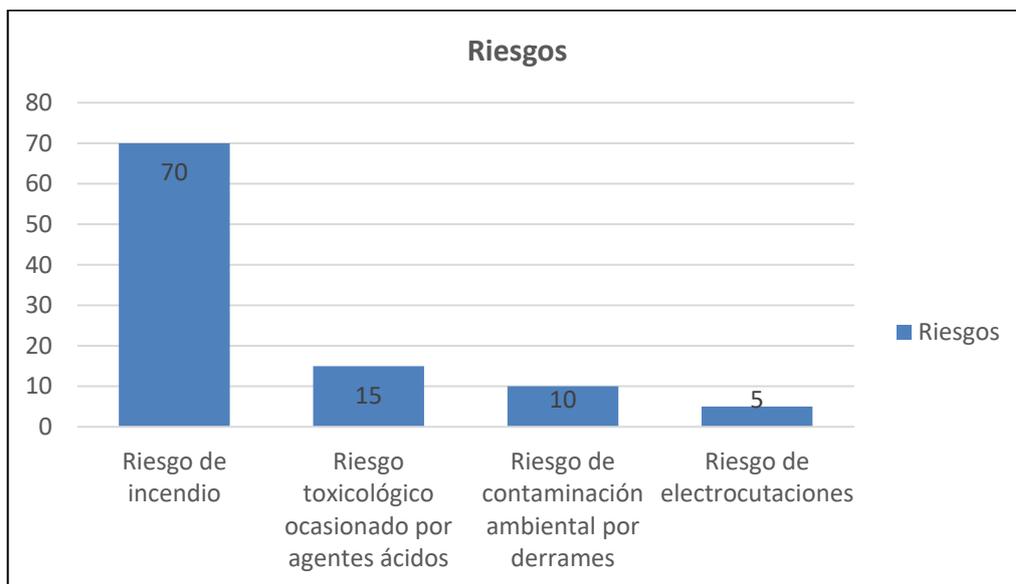


3.1.2. Identificación de la problemática

En el túnel exploratorio de estudio se presentan riesgos, los cuales pueden acarrear efectos catastróficos; para ello se realizó un diagrama de Pareto, en el cual se presentan los riesgos principales que hay en la mina subterránea de acuerdo a su prioridad.

Figura 5.

Diagrama de Pareto de riesgos.



De acuerdo a los reportes de prevención minera, el mayor riesgo que presenta en el túnel es el incendio. Para los riesgos toxicológicos ocasionados por agentes ácidos, riesgo de contaminación ambiental por derrame y riesgo de electrocuciones se cuenta con un plan de contingencia, además tienen zonas de contención para evitar derrames. Considerando como riesgo principal al incendio, es necesario realizar un análisis a fondo para determinar las causas y consecuencias que acarrea este problema. Una de las zonas más riesgosas para ocurrir un incendio es al interior del túnel de exploración, debido a su alto contenido de sulfuros, lo cual se corrobora con los análisis mostrados a continuación.

3.1.3. Descripción del monitoreo de gases en interior mina

Ubicación del monitoreo:

XC 627 SE Nv. 3750

XC 1122 NW Nv. 3760

RP 648 XC 1068 Nv. 3800

Figura 6.

Monitoreo de gases en interior mina XC 627 SE.

LABOR	XC 627 SE	Límites Máximos Permisibles (TWA)			
NIVEL	Nv. 3750	O2	19.50%	SO2	2 ppm
HORA	varias	CO	25 ppm	H2S	10 ppm
RESPONSABLE	Luis Sánchez Vásquez	NO2	3 ppm		

HORA/GASES	O2	CO	NO2	SO2	H2S
09:00 a.m.	20.4	27	1	2.5	13
10:00 a.m.	20.3	29	1.4	2.6	15
11:00 a.m.	20.2	31	1.8	2.7	14
12:00 p.m.	20.1	33	2.2	2.8	16
01:00 p.m.	20	35	2.6	2.9	20
02:00 p.m.	19.9	37	3	3	18
03:00 p.m.	19.8	39	3.4	3.1	21
04:00 p.m.	19.7	41	3.8	3.2	21
05:00 p.m.	19.6	43	4.2	3.3	21
06:00 p.m.	19.5	45	4.6	3.4	19

Figura 7.

Monitoreo de gases en interior mina XC 1122 NW Nv. 3760

LABOR	XC 1122 NW	Límites Máximos Permisibles (TWA)			
NIVEL	Nv. 3760	O2	19.50%	SO2	2 ppm
HORA	varias	CO	25 ppm	H2S	10 ppm
RESPONSABLE	Luis Sánchez Vásquez	NO2	3 ppm		

HORA/GASES	O2	CO	NO2	SO2	H2S
09:00 a.m.	20.6	27	1	2.5	19
10:00 a.m.	20.3	29	1.4	2.6	19
11:00 a.m.	20.8	31	1.8	2.7	19
12:00 p.m.	20.1	33	2	2	21
01:00 p.m.	20.1	35	2	2.1	21
02:00 p.m.	19.9	35	2.4	2.5	21
03:00 p.m.	19.6	39	2.4	2.2	23
04:00 p.m.	19.2	38	2.5	2.2	23
05:00 p.m.	19.2	39	2.5	2.4	24
06:00 p.m.	19.2	40	2.5	3.4	24

Figura 8.

Monitoreo de gases en interior mina RP 648 XC 1068 NE

LABOR	RP 648 XC 1068 NE	Límites Máximos Permisibles (TWA)			
NIVEL	Nv. 3800	O2	19.50%	SO2	2 ppm
HORA	varias	CO	25 ppm	H2S	10 ppm
RESPONSABLE	Luis Sánchez Vásquez	NO2	3 ppm		

HORA/GASES	O2	CO	NO2	SO2	H2S
09:00 a.m.	20.1	20	1.5	2.5	12
10:00 a.m.	20.3	20	1.4	2.6	12
11:00 a.m.	20.8	22	1.8	2.6	12
12:00 p.m.	20.1	22	2	2	12
01:00 p.m.	20.1	24	2	2.1	14
02:00 p.m.	19.5	25	2.3	2.5	14
03:00 p.m.	19.5	25	2.3	2.2	14
04:00 p.m.	19.2	27	2.5	2.2	16
05:00 p.m.	19.2	27	2.5	2.4	16
06:00 p.m.	19.2	28	2.9	3.7	18

En los tres puntos monitoreados, se evidencia que se supera los límites máximos permisibles de dióxido de azufre, lo cual incrementa la probabilidad de un incendio.

3.1.4. Análisis con método Messeri

Existen varios métodos de evaluación del riesgo de incendio, en esta investigación se aplicó el Messeri, por ser uno de los más completos, el cual es un método muy sencillo desarrollado por Mapfre y actualmente es uno de los métodos más utilizados.

A continuación, se muestra las tablas necesarias para el desarrollo de método Meseri.

Tabla 1
Altura de la labor.

Número De Pisos	Altura	Coficiente
1 ó 2	< 6m	3
	6 a	
3,4 ó 5	15m	2
	15 a	
6,7,8 ó 9	28m	1
10 o más	>28m	0

Tabla 2

Distancia hacia la brigada de emergencias

Distancia	Tiempo	Coefficiente
< 5 Km	< 5'	10
5 a 10 km	5 a 10'	8
10 a 15 km	10 a 15'	6
15 a 20 km	15 a 25'	2
>20 km	> 25'	0

El túnel exploratorio tiene sus instalaciones en el Km 38, sin embargo, el equipo de bomberos se encuentra en el Km 45.

Figura 9.

Distancia de túnel exploratorio a estación de bomberos.



Tabla 3
Mayor sector de incendio.

Sector de Incendio	Coficiente
<500 m ²	5
501 a 1,500 m ²	4
1,500 a 2,500 m ²	3
2,501 a 3,500 m ²	2
3,501 a 4,500 m ²	1
> 4,500 m ²	0

Los sectores de incendio son variables, ya que no sólo se analizará un área, sino todos los componentes del túnel exploratorio.

Tabla 4
Accesibilidad.

Accesibilidad del Edificio	Ancho de Vía de Acceso	Fachadas	Distancia Entre Puertas	Coficiente
Buena	>4m	3	< 25 m	5
	2 a 4			
Media	m	2	< 25 m	3
Mala	< 2m	2	> 25 m	1
	No			
Muy Mala	existe	0	> 25 m	0

Tabla 5

Resistencia al fuego de elementos constructivos.

Resistencia al Fuego	Coefficiente
Alta (Hormigón, obra)	10
Media (Metálica protegida, madera gruesa)	5
Media (Metálica sin proteger, madera fina)	0

Tabla 6

Peligro de activación (fuentes de ignición.)

Peligro de Activación	Coefficiente
Bajo	10
Medio	5
Alto (por gases)	0

Tabla 7

Falsos techos.

Falso Techo	Coefficiente
Sin Falso Techo	5
Con Falso Techo Incombustible	3
Con Falso Techo Combustible	0

Tabla 8

Carga térmica.

Carga Térmica	Coefficiente
----------------------	---------------------

Baja ($Q < 1,000$ MJ/m ²)	10
Media ($1,000 < Q < 2,000$ MJ/m ²)	5
Alta ($2,000 < Q < 5,000$ MJ/m ²)	2
Muy Alta ($Q > 5,000$ MJ/m ²)	0

Tabla 9

Inflamabilidad de los combustibles.

Inflamabilidad	Coefficiente
Baja	5
Media	3
Alta	0

Tabla 10

Orden y limpieza.

Orden y Limpieza	Coefficiente
Alto	10
Medio	5
Bajo	0

Tabla 11

Almacenamiento en altura.

Altura de Almacenamiento	Coefficiente
Menor a 2 m	3

Entre 2 y 6 m	2
Mayor a 6 m	0

Tabla 12

Factor de concentración de valores.

Factor de Concentración	Coefficiente
Menores de 500 US\$/m ²	3
Entre 500 y 1,500 US\$/m ²	2
Mayor de 1,500 US\$/m ²	0

Tabla 13

Destructibilidad por calor.

Daños por Calor	Coefficiente
Baja	10
Media	5
Alta	0

Tabla 14

Destructibilidad por humo.

Daños por Humo	Coefficiente
Baja	10
Media	5

Alta	0
------	---

Tabla 15

Destructibilidad por corrosión.

Daños por Corrosión	Coeficiente
Baja	10
Media	5
Alta	0

Tabla 16

Destructibilidad por agua.

Daños por Agua	Coeficiente
Baja	10
Media	5
Alta	0

Tabla 17

Propagabilidad en vertical.

Propagabilidad	Coeficiente
Baja	5
Media	3
Alta	0

Tabla 18
Propagabilidad en horizontal.

Propagabilidad	Coefficiente
Baja	5
Media	3
Alta	0

Tabla 19
Factor de protección.

Protección	Central Receptora de		Sin	Con
	Alarmas		Vigilancia	Vigilancia
Detección	Con		2	4
	Sin		0	3
Rociadores	Con		6	8
	Sin		5	7
Extintores Portátiles	-		1	2
Gabinete Equipado	-		2	4
Hidrantes Exteriores	-		2	4
Extinción Seca			2	4
	Automática	-		
Plan de Emergencia	-		2	4

Con las tablas mostradas anteriormente, se ha elaborado la tabla del método Meseri, en donde se evidencia que en el túnel exploratorio se presentan una protección deficiente en caso ocurra un incendio.

Tabla 20

Método Meseri a lo largo del túnel.

Crterios	A 100 m	A 120 m	A 130 m	A 140 m	A 150 m	A 160 m	A 170 m	A 180 m	A 190 m	A 200 m	A 210 m	A 220 m	A 230 m
Altura	2	2	2	2	2	2	5	2	2	2	2	2	2
Superficie Inflamable	1	5	5	5	3	2	2	5	5	4	4	3	4
Resistencia al fuego	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Falso Techo	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Tiempo de respuesta de brigada	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Accesibilidad	5	3	3	3	5	5	3	5	5	5	5	3	5
Peligro de activación	10	5	5	5	0	0	10	10	10	10	10	0	0
Carga térmica	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	2	0
Inflamabilidad	3	0	0	0	3	3	0	3	3	3	3	0	3
Orden y limpieza	10	10	10	10	10	10	10	10	5	10	10	10	10
Altura de almacenamiento	0	2	2	2	3	3	0	3	3	3	3	3	3
Concentración de valor	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Daño por calor	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Daño por humo	10	10	10	10	5	5	10	5	10	10	10	10	5

Daño por corrosión	5	5	5	5	5	5	5	5	10	10	10	5	5
Daño por agua	5	10	10	10	10	10	5	10	10	10	10	10	10
Propagabilidad vertical	0	5	5	5	3	3	0	5	5	5	5	5	3
Propagabilidad horizontal	3	3	3	3	3	3	3	5	3	3	3	3	3
Detección	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rociadores	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Extintores Portátiles	2	0	0	2	0	0	2	0	2	2	2	2	2
Gabinete Equipado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hidrantes Exteriores	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Extinción Seca o Espuma Automática	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plan de Emergencia	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
X=	65	71	71	71	63	62	64	84	82	86	86	67	64
Y=	4	6	2	4	2	2	4	2	4	4	4	4	4
P=	3.14	3.69	3.06	3.38	2.75	2.72	3.11	3.57	3.80	3.96	3.96	3.22	3.11

Calificación de riesgo	Protección deficiente												
------------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

$$P=5X/129 +5Y/32$$

X=factores propios de las instalaciones

Y= Factor de protección frente al riesgo de incendio.

La variable X se calcula con la clasificación de la tabla 1 hasta la tabla 19. La variable Y se calcula con la clasificación de la tabla 20.

Los riesgos se clasifican mediante la siguiente escala:

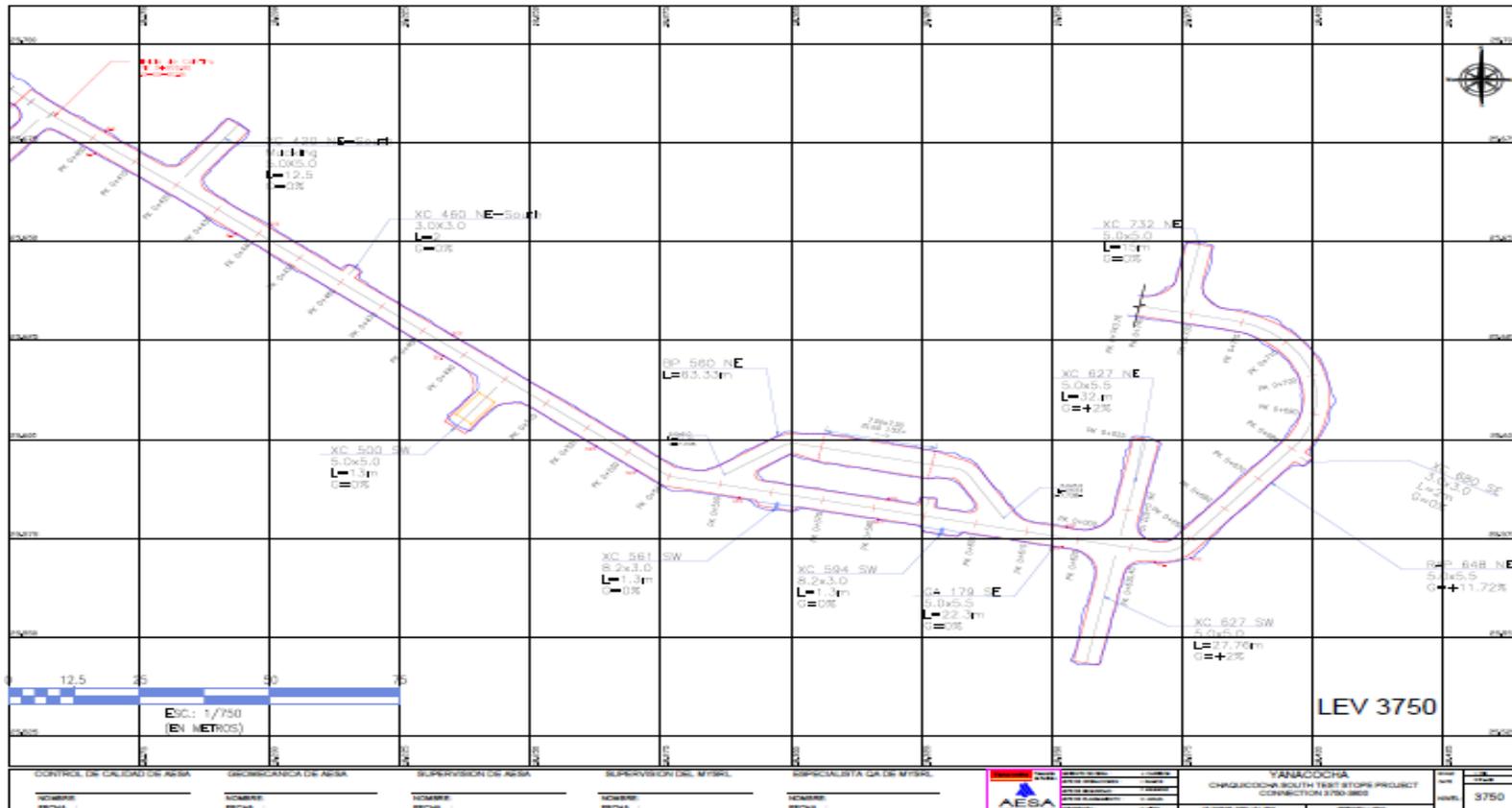
Tabla 21
Calificación de riesgos.

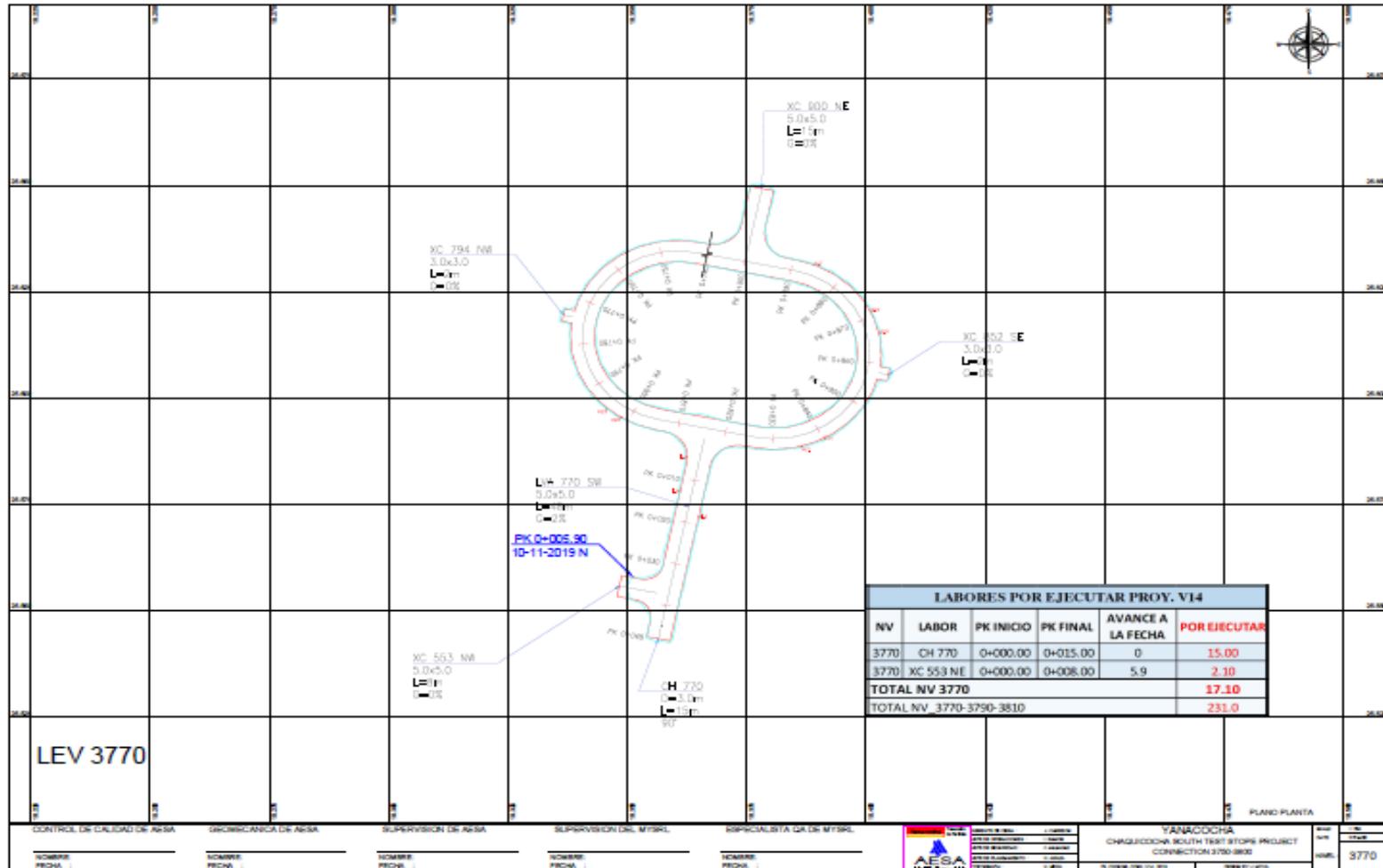
Calificación de riesgo										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Muy Malo			Malo			Bueno			Muy Bueno	

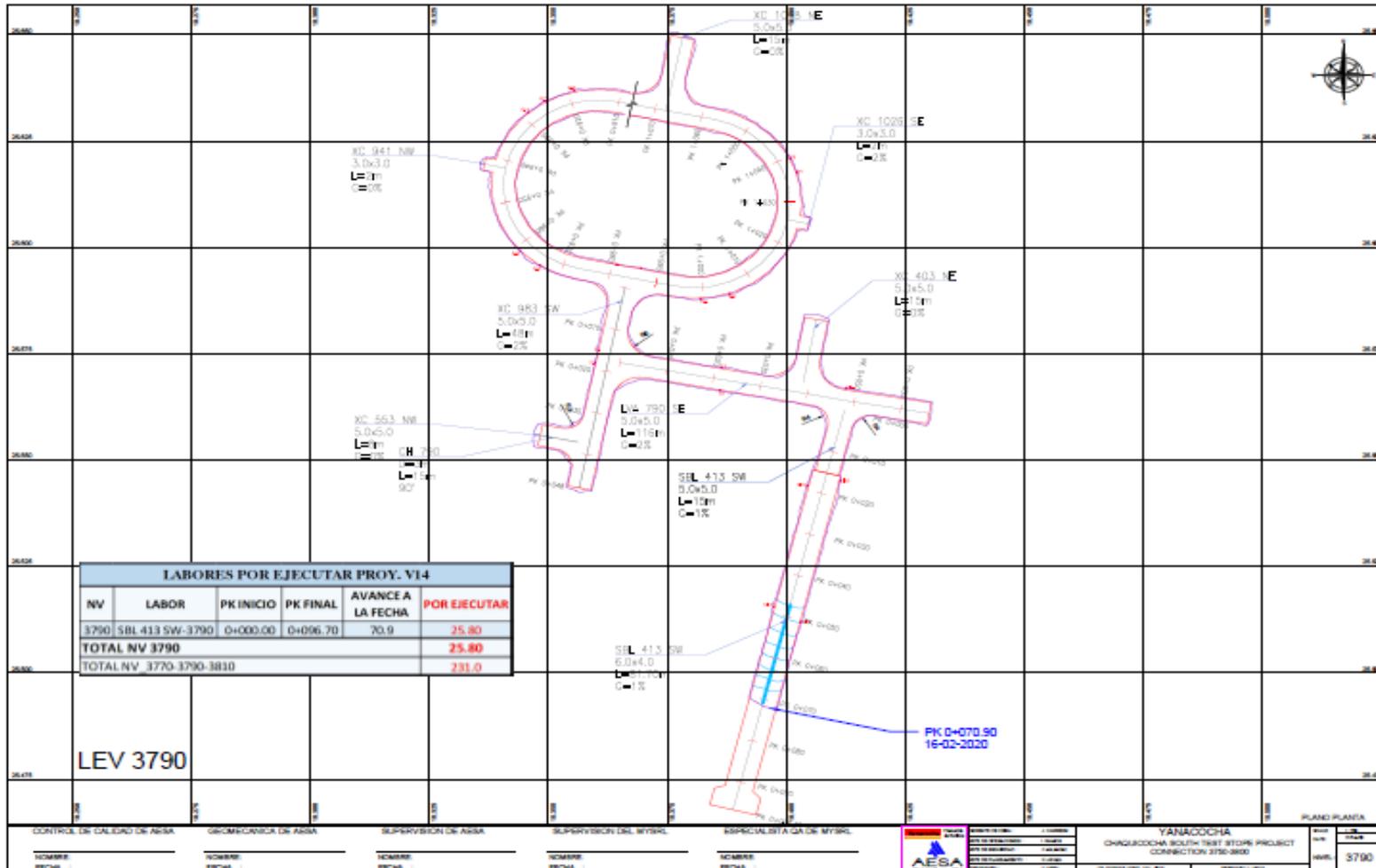
Como se muestra en la tabla 21, se muestra que el túnel de exploración en general presenta alto riesgo de incendio.

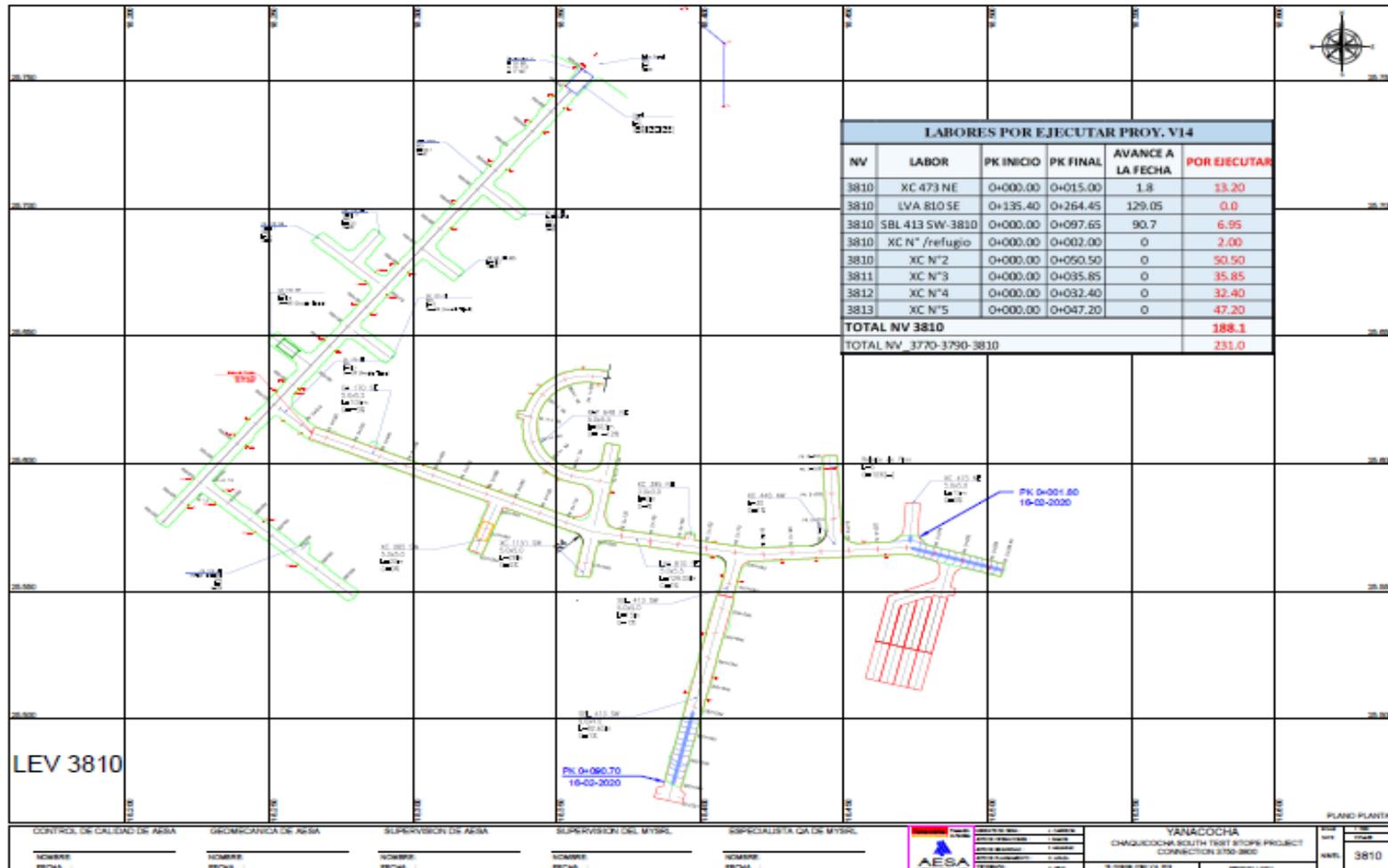
3.2. Determinar un agente extinguidor propio para controlar incendios en las labores subterráneas sulfuradas

Para proponer un sistema contra incendio subterráneo, fue necesario realizar el levantamiento topográfico de las labores, tal como se muestran a continuación:





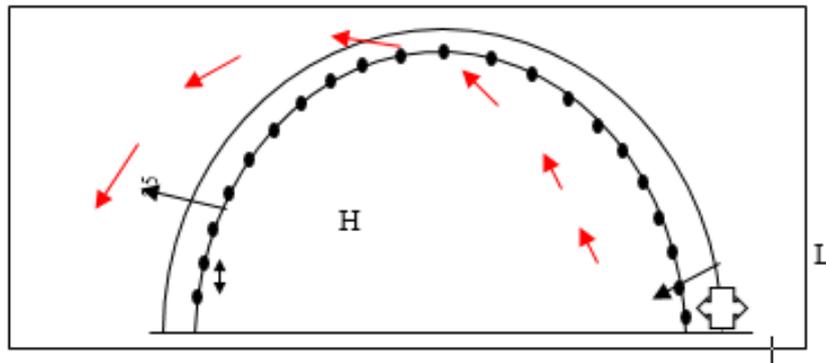




En los frentes de explotación, se pretende instalar cortinas contraincendios para controlar los incendios que puedan ocurrir, los cuales van a tener el siguiente diseño.

Figura 10.

Cortina contraincendio.



En estas cortinas se va a utilizar agua en forma de lluvia como un contenedor de los gases producto de la combustión y/o detonación de voladuras. Estas cortinas deberán ser instaladas a cada 100 metros de la galería principal, adicional se implementarán punteras de líneas contra incendios cada 200 metros en toda la galería principal; estas punteras deberán estar instaladas en el hastial de servicios de acuerdo a la norma DS 024 EM (anexo 17) y a una altura donde el personal pueda acceder sin problemas, si se requiere se instalaran como gabinete contraincendios. El agente extinguidor será la espuma AFF al 3% (Aqueous Film Forming Foam), el cual es un compuesto fluorados, surfactantes hidrocarbonados y solventes. Actúa por sofocación generando una capa de espuma sobre el incendio; este producto también es compatible con el agente extinguidor PQS, brindado así una mayor capacidad de protección contra incendios. Para la generación de una buena espuma se deberá de utilizar un equipo llamado “Eductor de espuma” este equipo genera espuma a través del sistema Venturi y con una cantidad mínima de PSI (125). Además el personal de respuesta a

emergencias deberá contar con pitones contra incendios profesionales de 1 ½” y mangueras contra incendios de 1 ½”.

Tabla 22
elección del agente extinguidor según la clase de fuego.

AGENTE EXTINTOR	CLASE DE FUEGO				
	A	B	C	D	E
	Fuegos de Sólidos que dejan Brasas	Fuegos de Líquidos o Sólidos Licuables	Fuegos de Gases	Fuegos de Metales	Fuegos en Presencia de Tensión Eléctrica Superior a 25 V.
Agua Pulverizada	Excelente	Aceptable para combustibles líquidos no solubles en agua (gas- oil, aceite, etc.)	Nulo	Nulo	Peligroso
Agua a Chorro	Bueno	Nulo	Nulo	Nulo	Muy peligroso
Anhídrido Carbónico (CO ₂)	Aceptable Puede usarse para fuegos pequeños No apaga las brasas	Aceptable Puede usarse para fuegos pequeños	Nulo	Nulo	Bueno
Espuma AFFF	Bueno	Bueno No utilizar en líquidos solubles en agua	Nulo	Bueno	Peligroso
Polvo Seco Normal (BC)	Aceptable Puede usarse para fuegos muy pequeños No apaga las brasas	Bueno	Bueno	Nulo	Bueno
Polvo Seco Polivalente (Antibrasa) (ABC)	Bueno	Bueno	Bueno	Nulo	Bueno, para tensiones inferiores a 1.000 V. No usar a partir de esta tensión.
Polvo Seco Especial para Metales	Nulo	Nulo	Nulo	Bueno	Nulo

Sustitutos de Halones (FM200-NAF SIII-INERGEN, etc.)	Aceptable Puede usarse para fuegos pequeños	Aceptable Puede usarse para fuegos pequeños	Nulo	Nulo	Bueno
--	--	--	------	------	-------

Las instrucciones se muestran a continuación:

AGENTE EXTINTOR	ESPUMA AFF (Aqueous Film Forming Foam)
CLASE DE FUEGO	CLASE A: SÓLIDOS CON BRASA CLASE B: LÍQUIDOS
Instrucciones de Uso	1° Activación de sistema de contención de gases de las cortinas.
	2° Identificar su idoneidad (Agente extintor / Clase de fuego)
	3° Realizar la instalación de los equipos de emergencias
	4° Conectar la espuma AFF con el Eductor y este con la línea principal de agua
	5° Pitonear de una distancia adecuada y segura
	6° Una vez sofocado el incendio se deberá de realizar una segunda pitoneada pero solo con agua.

3.2.1. Protección contra la corrosión

Todos los accesorios, colgadores, soportes, pernos, etc. comerciales deben estar protegidos contra la corrosión mediante el galvanizado en caliente según ASTM A53 Standard Specification for Zinc Coating (Hot Dip) on Iron and Steel Hardware u otra protección superior.

Todas las tuberías que alimentan a la línea de spray deben ser GALVANIZADAS, además deben estar secas, completamente limpias y libres de suciedad. Escoria y otros materiales extraños sueltos antes del montaje.

Los procedimientos de limpieza y descarga de agua propuestos por el Contratista deben someterse a la supervisión de la obra antes de implementarse.

Se deben mantener todos los registros de limpieza y descarga de agua.

El exterior de las tuberías de acero al carbono no galvanizadas debe someterse al siguiente proceso:

- Limpieza de aceite, grasas y otros contaminantes con solvente según el SSPC SP-1, antes de la limpieza con Arenado cercano al blanco según el SSPC SP-10, para obtenerse una rugosidad en la superficie aproximada de 3 mils.
- Todas las tuberías deben estar secas, completamente limpias y libres de suciedad. Escoria y otros materiales extraños sueltos antes del montaje.
- Los procedimientos de limpieza y descarga de agua propuestos por el Contratista deben someterse para la revisión de Cemento Lima antes de implementarse. Se deben mantener todos los registros de limpieza y descarga de agua.

El exterior de las tuberías de acero al carbono se somete al siguiente proceso:

- Limpieza de aceite, grasas y otros contaminantes con solvente según el SSPC SP-1, antes de la limpieza con Arenado cercano al blanco según el SSPC SP-10, para obtenerse una rugosidad en la superficie aproximada de 3 mils.

Como mínimo, todo elemento metálico aéreo se pintará según la siguiente indicación:

- Preparación de la superficie por arenado: arenado comercial según SSPC-SP6 para acero nuevo.
- Una capa de pintura anticorrosiva de 3 mil de espesor seco; ejemplo: imprimante Dimetcote 9 o Dimetcote 9 FT marca Ameron CPPQ. 3.
Una capa de pintura de acabado epóxico color rojo de 5-8 mils de espesor seco; amerlock 400 marca Ameron CPPQ.

El color debe ser el preferido por el propietario, se recomienda rojo Itintec S-1 para la montante aérea.

Antes de aplicar la pintura a las tuberías, las pruebas hidrostáticas deben haberse realizado a completa satisfacción.

3.2.2. Gabinetes contra incendios

Los gabinetes son alimentados de la red de agua exclusiva para el sistema de incendios, se distribuyen de forma tal que las mangueras que logren cubrir toda la superficie del edificio o el túnel, los gabinetes serán de tipo “B”, ubicados cerca de las escaleras de emergencia.

Gabinete tipo B, se instalarán dentro de la estación de control, alojarán a la válvula angular de Ø 40mm (Ø1-1/2”) según ET CI-552, con

un acople reductor de Ø65x40, a la manguera de Ø 40mm (Ø1-1/2") según ET CI-540 y pitón de policarbonato de color rojo según ET CI537 y a un extintor.

Los gabinetes serán fabricados e instalados según las siguientes especificaciones:

- Las dimensiones – alto x ancho – necesitan contar con la aprobación de arquitectura. Las especificaciones técnicas ET CI-077 solo dan las medidas mínimas para que los equipos quepan en los gabinetes.
- Instalación: adosados.
- Material: plancha metálica de 0,9 mm (20 gauge: 0,0359") de espesor como mínimo.
- Puerta de vidrio de seguridad, de espesor simple con marco metálico tubular de sección rectangular, soldado en las esquinas y esmerilado al ras.
- Con bisagra de acero continua y pin de bronce que permita abrir la puerta 180°.
- Color rojo exterior y blanco interior, pintado con soplete y secado al horno.
- Con llave y pestillo que mantenga la puerta cerrada esté con o sin llave.
- Señalizados con la inscripción: "Manguera contra incendio".

Las dimensiones que se especifican en los planos deben utilizarse para gabinetes que sean fabricados por el instalador.

Sin menoscabo de las especificaciones anteriores, el propietario debe dar su aprobación al acabado exterior del gabinete (especialmente aquellos

que sean fabricados por el instalador), para lo cual se podrá solicitar una muestra al instalador.

La manguera será dispuesta en el interior del gabinete, enrollada en forma de donut y conectada al pitón y a la válvula angular.

El suministro de agua contra incendios para las mangueras se efectúa a través del mismo montante.

3.2.3. Plan contraincendio

En el túnel exploratorio, tiene estratégicamente ubicadas las zonas de seguridad en campamento determinadas zonas o puntos de reunión y en interior mina se considera las cámaras de primeros auxilios o estaciones de salvataje, así como cámaras de alimentación o comedores que brinden condiciones salubres para reunión, estas zonas sirven como punto de encuentro de los trabajadores y visitantes de las instalaciones, en el caso de suceder una emergencia.

Los extintores se encuentran ubicados dentro de las instalaciones de la mina tanto en superficie, almacenes, oficinas, cocina, talleres y en almacén interior mina, de acuerdo al análisis de riesgos por áreas críticas.

Equipo para respuesta a contingencias

- Estaciones de salvataje

En las labores, se cuentan con Estaciones de Salvataje equipadas de materiales y equipos básicos para los primeros auxilios del personal que lo requiera en caso de una emergencia. En forma periódica el Área de

Seguridad y Medio Ambiente y Supervisores realizan la inspección de las Estaciones de Salvataje para verificar el estado, acondicionamiento y existencia de los materiales y equipos necesarios para lo cual se utiliza el Formato Check List de Estación de Salvataje.

- Relación de materiales y equipos en la estación de salvataje

Nombre	Uso	Presentación
Frazadas	Abrigo	02 unidades
Arnés de Seguridad	Rescate en altura	01 unidad
Línea de anclaje	Rescate en altura	01 unidad
Soga Rescate en altura	Tabladillos	03 pares
Botella de oxígeno	Para emergencia	01 unidad
Camilla portátil	Traslado	01 unidad
Camilla Rígida	Traslado	01 unidad
Botiquín	Primeros auxilios	01 unidad
Pico	Derrumbes	01 unidad
Lampa	Derrumbes	01 unidad
Barretillas 4,6,8,10 y 12 “	Derrumbes	01 juego

- Botiquines

Tabla 23

Relación de materiales de primeros auxilios en botiquines.

NOMBRE	USO	PRESENTACIÓN
Agua destilada	Lavar heridas	Botella 250 cc
Agua oxigenada	Lavado y desinfección de heridas	Botella 250 cc
Savlon	Lavado y desinfección de heridas	Botella 250 cc
Vendas de 4” y 6”	Tapado de heridas	2 unidades

Gasa	Tapado de heridas	10 Unidades
Esparadrapo	Tapado de heridas	1 unidad
Algodón	Limpieza de heridas	1 bolsa de 100 gr.
Guantes quirúrgico	Protección	1 par
Collarin (*)	Inmovilización de columna cervical	1 unidad

Capacitación del equipo del comité de emergencias

Como consecuencia de la política preventiva del Sistema de gestión de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente, el presente Plan de contingencias establece un programa de capacitación, entrenamiento y simulacros, para los miembros del Comité de emergencias, brigadas. El programa de capacitación comprende una metodología que se sostiene en una enseñanza interactiva, demostrativa y de participación plena y continua de los participantes.

Tabla 24
Capacitación para comité local.

Nombre del curso	Número de horas	Frecuencia anual
Comando de incidentes	6	1
Evaluación de daños y análisis de necesidades	30	1
Administración de desastres	30	1

Capacitación para la brigada

Tabla 25
Capacitación para brigada.

Nombre del curso	Número de horas	Frecuencia anual
------------------	-----------------	------------------

Primeros auxilios básicos e intermedio	16	2
Técnica de rescate en espacios confinados	8	2
Técnicas de búsqueda y rescate en estructuras colapsadas	12	2
Técnicas de rescate con cuerdas	12	2
Lucha contra incendios	6	2

Criterios de selección de integrantes de la brigada de respuesta emergencias búsqueda y rescate minero

Para la formación de la brigada de respuesta ante emergencias, búsqueda y rescate minero se debe considerar la evaluación de los siguientes aspectos:

1. El postulante debe ser voluntario o invitado, por ninguna razón debe ser obligado.
2. El aspirante debe tener vocación de servicio al prójimo.
3. La edad del integrante debe ser 20 años como mínimo y 45 años como máximo
4. Debe tener instrucción mínima primaria completa.
5. Examen médico apto.
6. Examen psicológico apto.
7. Examen físico apto.

8. Tener experiencia en actividades mineras.

Capacitación y entrenamiento en maniobras de rescate minero

Para la formación de brigadas de búsqueda y rescate minero el personal aspirante debe tener pleno dominio de:

1. Primeros auxilios básico e intermedio
2. Técnicas de rescate en espacio confinado
3. Técnicas de búsqueda y rescate en estructuras colapsadas
4. Técnicas de rescate con cuerdas
5. Lucha contra incendios

Organizar en cuadrillas y brigadas de respuesta a emergencias

La brigada estará formada por 12 miembros o dos cuadrillas es decir se puede dar el caso de dos turnos de acuerdo a organigrama las Brigada A y B para cada turno. Una cuadrilla consta de 6 miembros como mínimo Una vez seleccionada y preparada, como parte de las capacitaciones de equipo de emergencia se realizarán simulacros de acuerdo a plan anual, en el caso de salvamento por lo menos cada 6 meses.

Evaluación de la emergencia.

La evaluación de la situación calificada como emergencia consiste en:

- Calificar el nivel de riesgo (Nivel I - bajo, Nivel - II medio, Nivel - III alto).

- Analizar las causas que provocaron el riesgo valorándolo para determinar si es este conllevaría a un evento no esperado o "EMERGENCIA".
- Las consecuencias inmediatas y mediatas del daño.
- Comprobar que el inventario logístico para la atención del siniestro es suficiente y adecuada o hace falta su implementación.
- Comprobar si se logró mitigar los daños ambientales, de seguridad y salud ocupacional resultantes de la emergencia.
- Nivel de tiempo y costos de las acciones de atención.
- Evaluar el grado de respuesta del personal que intervino en la emergencia a través del informe de simulacro u evento real.

El principal propósito de la evaluación de la emergencia es analizar la aplicación de los procedimientos frente a una determinada situación de emergencia y definir la necesidad de cambios y mejoras de los procedimientos y equipos, programas de mantenimiento y prevención y "Plan de Respuesta a emergencias". Esta evaluación se realizará una vez ocurrida una emergencia o si lo requiere una acción correctiva o preventiva.

3.3. Determinar el impacto en el diseño de cada labor subterránea

3.3.1. Método Messieri con el sistema contra incendio propuesto

Crterios	A 100 m	A 120 m	A 130 m	A 140 m	A 150 m	A 160 m	A 170 m	A 180 m	A 190 m	A 200 m	A 210 m	A 220 m	A 230 m
Altura del edificio	2	2	2	2	1	1	2	3	2	1	0	2	1
Superficie Inflamable	1	5	5	5	3	2	2	5	5	4	4	3	4
Resistencia al fuego	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Falso Techo	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Tiempo de respuesta de brigada	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Accesibilidad	5	3	3	3	5	5	3	5	5	5	5	3	5
Peligro de activación	10	5	5	5	0	0	10	10	10	10	10	0	0
Carga térmica	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	2	0
Inflamabilidad	3	0	0	0	3	3	0	3	3	3	3	0	3
Orden y limpieza	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Altura de almacenamiento	0	2	2	2	3	3	0	3	3	3	3	3	3

Concentración de valor	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Daño por calor	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Daño por humo	10	10	10	10	5	5	10	5	10	10	10	10	5
Daño por corrosión	5	5	5	5	5	5	5	5	10	10	10	5	5
Daño por agua	5	10	10	10	10	10	5	10	10	10	10	10	10
Propagabilidad vertical	0	5	5	5	3	3	0	5	5	5	5	5	3
Propagabilidad horizontal	3	3	3	3	3	3	3	5	3	3	3	3	3
Detección	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Rociadores	8	8	8	0	8	8	8	0	0	0	0	0	8
Extintores Portátiles	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Gabinete Equipado	4	4	4	4	4	4	4	0	4	4	4	4	4
Hidrantes Exteriores	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Extinción Seca o Espuma Automática	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plan de Emergencia	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
X=	65	71	71	71	62	61	61	85	87	85	84	67	63
Y=	26	26	26	18	26	26	26	14	18	18	18	18	26

P=	6.58	6.81	6.81	5.56	6.47	6.43	6.43	5.48	6.18	6.11	6.07	5.41	6.50
	Protección aceptable												

$$P=5X/129 +5Y/32$$

X=factores propios de las instalaciones

Y= Factor de protección frente al riesgo de incendio.

IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

El presente estudio nos ha permitido constatar que es imprescindible el diseño de un sistema contra incendios en una mina subterránea con alto contenido en sulfuros en una empresa minera, inicialmente la empresa en estudio contaba con un sistema contra incendio básico que consistía en zonas de salvaguardaje y extintores, lo cual representaba altos riesgos de incendio que a su vez representan pérdidas económicas. De acuerdo a los análisis por el método de Meseri se determinó que los componentes de la mina subterránea tienen protección deficiente. El sistema diseñado consistió en la implementación de equipos de extinción mediante cortinas de lluvia de agente extintor; lo cual es parecido al estudio de Gonzáles (2015) que implementó un diseño contra incendio en base al código de seguridad humana, código uniforme contra incendios, código de alarmas contra incendios y el código eléctrico.

Asimismo, Ramírez (2014), en su investigación analizó las normativas legales vigentes necesita para un sistema contra incendios externo para contrarrestar cualquier tipo de peligro que en estas áreas utilizando extintores PQS, CO₂, espumas AFFF. A diferencia de esta investigación que se instalaron cortinas.

Rodríguez (2015), también utilizó el método Meseri para evaluar su protección contra incendio, el sistema realizado está compuesto por un diseño hidráulico, diseño de pulverización, señalización contra incendios, planes de actuación y planos de recursos contra incendios.

4.2. Conclusiones.

En la Identificación de escenarios posibles donde se producen incendios en Minería Subterránea. Realizando el diagrama de Pareto en el cual se presentaron los riesgos principales que hay en una mina subterránea, a la vez realizando distintos monitoreo de gases en lugares específicos de la mina y con la ayuda de método Meseri en donde nos da un mejor enfoque en las distintas tablas realizadas, llegando a concluir que la mina presenta gran riesgo de incendios por pertenecer a un depósito de oro diseminado de alta sulfuración, epitermal. Además nos especifica cuáles son los riesgos principales que hay dentro de una mina y la importancia de tener a todos los colaboradores que trabajan en ella capacitados en planes de evacuación y en respuesta a emergencias. Se determinó que uno de los factores que ayudan a la propagación de un incendio en minería subterránea es la falta de personal capacitado exclusivamente en incendios en interior mina. Adicional es la falta de tener mapeados las zonas de altas concentraciones de sulfuros en donde deberán de tener equipos de sistemas contra incendios.

En la Determinación un agente extinguidor propicio para controlar incendios en las labores subterráneas sulfuradas. Se determinó que el problema principal identificado en la mina subterránea es el alto riesgo de incendio, de acuerdo al análisis con el método Messeri y cuanto influye una mala protección de los equipos y accesorios ante la corrosión, esto puede agravar un combate de incendios si fuese el caso. Se monitorearon tres puntos a lo largo de la mina, y los resultados evidenciaron que la presencia de dióxido de azufre supera los límites máximos permisibles. Además se determinó que se debería de tener un sistema contra incendio de acuerdo al diseño de la mina y en las zonas donde existe gran concentración de sulfuros. Se deberá de implementar cortinas contra incendio que nos ayudaran a controlar la propagación de

los gases a lugares más alejados de la mina. Estas cortinas deben de ser de fácil accionamiento para que todo el personal pueda operarlas sin ningún problema y así minimizar los impactos post incendio, asimismo todo el personal deberá conocer la ubicación de dichas cortinas y su accionamiento también deberá de estar incluido en el Plan Contra Incendios de la mina.

Estas cortinas rociarán Agua y Espuma AFF al 3% (Aqueous Film Forming Foam) agente principal ante un incendio en interior mina con presencia de sulfuros. Se determinó que se deberá de implementar gabinetes contra incendios de uso exclusivo para el combate de incendios y deberán ser usados por el personal de la brigada o respuesta a emergencias. El sistema de protecciones contra incendios en la mina subterránea reduce los riesgos de incendio y mediante el método de Messeri se determinó que el sistema es aceptable.

En la Determinación del impacto en el diseño de cada labor subterránea. Se concluyó que es muy importante tener un diseño específico de sistema contra incendios para combatir el incendio de manera eficiente, evitar la propagación ante incendios y salvar vidas ante un evento no deseado que es una de las razones principales en mi estudio, a la vez mencionar lo importante que son los equipos contra incendios que se deberán implementar en interior mina y siendo estos últimos de un material que resista a la corrosión y que puedan ser de larga durabilidad.

REFERENCIAS

- Aravena, R. (2015). Protección contra incendios en la Minería. 1 - 3. Recuperado el 29 de Noviembre de 2018, de <http://www.emb.cl/hsec/articulo.mvc?xid=667&edi=30&xit=proteccion-contra-incendios-en-la-mineria>
- Copaira, F. (2015). *Criterio relevantes para implementar refugios mineros subterráneos, problemática y cumplimiento legal*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. Recuperado el 20 de Noviembre de 2018, de http://repositorio.uni.edu.pe/bitstream/uni/2155/1/copaira_of.pdf
- Kennia, O. (2015). *Plan de intervención para prevención de riesgos laborales en los trabajadores de la mina Reina del Cisne de la empresa Oroporto*. Universidad Técnica de Machala, Ecuador. Recuperado el 26 de Octubre de 2018, de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/10370/1/TRABAJO%20%20D E%20TITULACI%C3%93N%20MAESTR%C3%8DA%20QUIR%C3%9ARGIC O%202017%20-%20copia.pdf>
- Mullizaca, R. (2015). *Evaluación de riesgos del polvorín auxiliar subterráneo de explosivos en la empresa minera Coming Santibañez e.i.r.l, en la mina Cunuyo distrito de Sina, provincia de San Antonio de Putina año 2014*. Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Juliaca, Perú. Obtenido de <http://repositorio.uancv.edu.pe/bitstream/handle/UANCV/456/TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Prosser, B., Valencia, S., & Van Diest, J. (2016). *Desarrollo de un Estudio de Modelamiento de Incendio para la Construcción de la Mina Chuquicamata Subterránea*. Chile: 1era Conferencia Internacional de Minería Subterránea. Recuperado el 25 de Octubre de 2018, de file:///C:/Users/user/Downloads/CICLO%20X/plane/Sanchez/B._Prosser-SRK-Mine_Ventilation-Chuquicamata-UMining_2016_Paper.pdf
- Robles, E. (2018). *Prevención y control de incendios y explosión en las minas de carbón*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Valerio, R. (2016). *Sistema de gestión en Seguridad y Control de Riesgos de las empresas mineras de caliza de la región Junín*. Universidad del Centro del Perú, Huancayo, Perú. Recuperado el 20 de Noviembre de 2018, de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/4170/Valerio%20Pascual.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANEXOS

ANEXO n.º 1. Fotografías







