



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Evaluación de la calidad del aire con sistema de ventilación en
el Túnel Liner Santa Anita Lima Perú, 2021**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR:

García Gómez, Henry (ORCID: 0000-0001-6882-6640)

ASESOR:

Mgtr. Reyna Mandujano, Samuel Carlos (ORCID: 0000-0002-0750-2877)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Quiero dedicar antes que nada a Dios por haber permitido lograr las diferentes metas personales y como olvidarme de la salud en estos momentos. Quiero darle las gracias por su amor infinito”

A mi familia, quienes fueron los que me brindaron el apoyo absoluto para lograr mis metas personales, Ponerlo en conocimiento que los logros son de toda la familia, Muchas gracias.

AGRADECIMIENTO

A mi mamá, que con sus evidencias de una mamá ejemplar me ha instruido a no decaer ni rendirme frente a nada y continuamente persevera por medio de sus sabios tips.

Agradezco además la confianza y la ayuda brindado a causa de mis hermanos que sin lugar a dudas alguna en el recorrido de mi vida me demostró su amor, enmendando mis faltas y celebrando mis triunfos.

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	14
III. METODOLOGÍA	20
3.1. Tipo y diseño de investigación	20
3.2. Variables y operacionalización	21
3.3. Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis	21
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	21
3.5. Procedimientos	23
3.6. Método de análisis de datos	43
3.7. Aspectos éticos	43
IV. RESULTADOS	44
V. DISCUSIÓN	51
VI. CONCLUSIONES	52
VII. RECOMENDACIONES	53
REFERENCIAS	54
ANEXOS	57

Índice de tablas

Tabla 01: <i>Ficha de toma de muestras de concentración diaria.</i>	22
Tabla 02: <i>Ficha de toma de muestras de caudal de aire.</i>	27
Tabla 03: <i>Los límites máximos permisibles (LMP) de los agentes químicos medidos en el punto de emisión (Art. 86°).</i>	31
Tabla 04: <i>Diferencia de altitudes con porcentaje de incremento de aire.</i>	32
Tabla 05: <i>Cantidad de consumo de oxígeno.</i>	33
Tabla 06: <i>Resultados de cálculo de presión natural de ventilación (PNV)</i>	35
Tabla 07: <i>Relación de equipos.</i>	37
Tabla 08: <i>Caudal de aire requerido por equipos.</i>	37
Tabla 09: <i>Caudal de aire requerido por los trabajadores.</i>	38
Tabla 10: <i>Demanda de aire.</i>	38
Tabla 11: <i>Datos obtenidos del Oxígeno.</i>	45
Tabla 12: <i>Datos obtenidos del Monóxido de carbono.</i>	47
Tabla 13: <i>Datos obtenidos del Caudal del aire.</i>	49

Índice de gráficos y figuras

Gráfico 01: <i>Curva de Oxígeno 19 días de muestra.</i>	46
Gráfico 02: <i>Curva de Monóxido de Carbono 19 días de muestra.</i>	48
Gráfico 03: <i>Caudal del aire 19 días de muestra.</i>	50
Imagen 1. <i>Excavación manual.</i>	25
Imagen 2: <i>Perfil ilustrativo Túnel Liner.</i>	27
Imagen 3: <i>Lámina túnel Liner</i>	28
Imagen 4: <i>Esquema de la ventilación del túnel de conducción durante los trabajos de reparación</i>	36
Imagen 5: <i>Nomograma para la determinación de la resistencia específica de conductos</i>	40
Imagen 6: <i>Nomograma de dimensiones.</i>	42
Imagen 7: <i>Ubicación del área de trabajo.</i>	44

Resumen:

En la presente investigación se ha tomado como título Evaluación de La Calidad del Aire con Sistema de Ventilación, se tiene presente que en los túneles se presentan emisiones en los túneles que afectan en la calidad del aire donde no se garantiza la seguridad de los trabajadores.

El objetivo de la investigación es Evaluar la calidad del aire con el sistema de ventilación en el Túnel Liner Santa Anita Perú 2021 y los Objetivos específicos son: Diagnosticar la calidad del aire con el sistema de ventilación, Calcular el Caudal Optimo del sistema de ventilación en el Túnel y Comparar los resultados con el ECA para el aire, de la calidad del aire con el sistema de ventilación en el Túnel Liner. Según su propósito, la investigación es aplicada; Según su profundidad la investigación es explicativa; Según la naturaleza de los datos la Investigación es cuantitativa; según su manipulación de la variable, la investigación es No experimental.

Con los datos obtenidos se ha verificado que en el presente proyecto se ha evaluado la calidad del aire con el sistema de ventilación en el Túnel Liner, se ha corroborado y hecho el seguimiento de la calidad del aire en el túnel con el sistema utilizado que se encuentre dentro de los requerimientos necesarios. Se ha Diagnosticado la calidad del aire con el sistema de ventilación en el Túnel Liner. El Caudal Optimo del sistema de ventilación en el Túnel Liner según los datos obtenidos demuestran que ha sido lo suficiente el caudal óptimo.

Palabras clave:

Ventilación, caudal, concentraciones.

Abstract

The present research has been titled Evaluation of Air Quality with Ventilation System, it is taken into account that in the tunnels there are emissions in the tunnels that affect the air quality where the safety of workers is not guaranteed.

The objective of the research is to evaluate the air quality with the ventilation system in the Santa Anita Peru 2021 Liner Tunnel and the specific objectives are: Diagnose the air quality with the ventilation system, Calculate the Optimal Flow Rate of the ventilation system in the Tunnel and Compare the results with the ECA for air, of the air quality with the ventilation system in the Liner Tunnel. According to its purpose, the research is applied; According to its depth, the research is explanatory; According to the nature of the data, the research is quantitative; According to its manipulation of the variable, the research is non-experimental.

With the data obtained it has been verified that in the present project the air quality has been evaluated with the ventilation system in the Liner Tunnel, it has been corroborated and followed up the air quality in the tunnel with the system used that is within the necessary requirements. The air quality has been diagnosed with the ventilation system in the Liner Tunnel. The optimum flow rate of the ventilation system in the Liner Tunnel according to the data obtained shows that the optimum flow rate was sufficient.

Keywords:

Ventilation, flow, concentrations.

I. INTRODUCCIÓN

Se considera El planteamiento del problema como el inicio y que conduce lo que deseamos investigar, como también es para distinguir los elementos que estarán relacionados con el desarrollo y a determinar el enfoque, Es necesario la consideración de lo general a algo particular (Fuentes, Doria, Toscano 2020).

Los trabajos que se realizan en el túnel Liner cuentan con un sistema de ventilación mecánica la cual cuenta con un motor en la entrada (pozo de ataque) desde donde es impulsado el aire hacia a dentro del túnel mediante las mangas de polietileno (8 Pulgadas). Es necesario el control de la calidad del aire en el interior del túnel, para el bienestar y rendimiento de los trabajadores en el interior del túnel liner. Contar con todos los datos obtenidos para evaluar la calidad del aire con sistema de ventilación en el túnel Liner.

La Formulación del problema, para la identificar el problema es necesario la visualización de la realidad de situación oportuno, objetiva, revelador e inestable, en donde se deberá de enfocar la investigación (Ñaupas, Valdivia 2018)

Las emisiones en los túneles afectan la calidad del aire relativamente a una corta distancia de los puntos de separación de las diferentes emisiones encontradas en la excavación del túnel, sin embargo, en el túnel Liner influye en el medio ambiente en un área menor, es necesario conocer que el túnel Liner es de una longitud de 690 metros de un diámetro de 3 metros a una profundidad de entre 7 a 10 metros de altura. Teniendo las implicaciones de los túneles referente la calidad del aire debe estudiarse en el contenido del objetivo, de la que son una parte del problema de estudio. Donde el problema principal encontrado es: ¿Cuál es la calidad de aire con sistema de ventilación en el túnel Liner Santa Anita Lima Perú 2021? y los problemas específicos que se tendrán en consideración en el estudio: ¿Evaluar la calidad del aire con el sistema de ventilación en el Túnel Liner Santa Anita Perú 2021? ¿Calcular el Caudal Optimo del sistema de ventilación en el Túnel Liner Santa Anita Perú 2021? y ¿Comparar los resultados con el ECA para el aire, de la calidad del aire con el sistema de ventilación en el Túnel Liner Santa Anita Perú 2021?

La Justificación, Es mostrar la necesidad y la importancia de la presente investigación, donde se demuestra el tema que se ha seleccionado. El hecho de garantizar de una forma decisiva el tema de la investigación (Baena, 2017).

La investigación servirá para conocer y mejorar la calidad del aire en Túnel Liner.

El personal y sus respectivas familias, que labora en el túnel Liner será beneficiado directamente, así como toda la comunidad indirectamente.

La investigación ayudará a tener más conocimientos sobre la calidad de aire en el túnel Liner, en donde se podrá monitorear la calidad del aire, el rendimiento de los trabajadores y controlar la eficacia del sistema de ventilación.

La finalidad de la investigación es ocupar todos los vacíos con respecto a la calidad de aire en proyectos donde consideren el túnel Liner con sistema de ventilación.

El presente ayudará a la obtención de datos de calidad de aire en Túnel Liner, la relación que existe entre el sistema de ventilación y la calidad del aire.

Los trabajos de excavación que se ejecuta en el túnel Liner por el personal encargado se realizan teniendo en cuenta la ventilación para su rendimiento, la calidad del aire es necesario para no poner en riesgo al personal y afectar el rendimiento, donde afecta directamente en los beneficios de la empresa.

Para mejorar la calidad del aire en el túnel Liner es necesario evaluar la calidad del aire, con ello se obtendrá los datos y así poder mejorar la calidad del aire dentro del túnel Liner con el sistema de ventilación mecánico, es necesario esos datos obtenidos para un desempeño optimo del sistema de ventilación, con la cual se garantiza el desempeño normal de las actividades en el túnel Liner y evitar los sobre costos de las diferentes actividades para la empresa.

Lograr un caudal optimo del sistema de ventilación mecánico, donde no afecte directamente al rendimiento de los trabadores.

Contar como base los Estándares de calidad de aire DECRETO SUPREMO N° 003-2017-MINAM para la evaluación de las concentraciones dentro del túnel Liner

(Decreto Supremo n° 003-2017-MINAM Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 06 de junio 2017).

Es necesario mencionar que el trabajo de investigación estará ligado directamente al Decreto Supremo 055-2010, REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL EN MINERÍA. Donde el objetivo general es prevenir la ocurrencia de incidencias, accidentes y enfermedades ocupacionales.

La Investigación surge a una necesidad de un aporte para los trabajos en túnel Liner, en el mejoramiento del sistema de ventilación el cual es importante para velar el bienestar de los trabajadores, con la importancia de se tiene que garantizar un ambiente seguro para los trabajadores y no afectar al rendimiento en el túnel Liner.

Los Objetivos de investigación determina a lo que se aspira en la investigación y deben manifestar con sinceridad, pues son el objetivo de la investigación (Hernández, 2018 p. 37).

El Objetivo General de la presente investigación es: Evaluar la calidad del aire con el sistema de ventilación en el Túnel Liner Santa Anita Perú 2021.

Los objetivos específicos el logro principal del Objetivo General (Fuentes, Enrique Hernández, Espinoza y Díaz 2020 p. 45).

Los Objetivos Específicos de la investigación: Diagnosticar la calidad del aire con el sistema de ventilación en el Túnel Liner Santa Anita Perú 2021, Calcular el Caudal Optimo del sistema de ventilación en el Túnel Liner Santa Anita Perú 2021 y Comparar los resultados con el ECA para el aire, de la calidad del aire con el sistema de ventilación en el Túnel Liner Santa Anita Perú 2021.

Las hipótesis indican lo que tratamos de experimentar y se definen como sustentar tentativas del estudio que es desarrollado. Se derivan de la teoría actual y deben formularse a modo de proposiciones (Hernández, 2018, p. 407).

Hipótesis general del estudio es: Evaluación de la calidad del aire que nos permita optimizar las mejoras en el sistema de ventilación Túnel Liner Santa Anita Perú 2021.

hipótesis es la respuesta tentativa a la interrogante de investigación. Por tanto, una hipótesis es una propuesta temporal, una suposición que requiere verificarse (Baena, 2017, p. 57)

La Hipótesis específica de la investigación: El Diagnostico de la calidad del aire con el sistema de ventilación en el Túnel Liner Santa Anita Perú 2021, El Caudal actual del sistema de ventilación en el Túnel Liner Santa Anita Perú 2021 y Comparar los datos actuales con el ECA para el aire, de la calidad del aire con el sistema de ventilación en el Túnel Liner Santa Anita Perú 2021.

II. MARCO TEÓRICO

Como se conoce, la población mundial está en crecimiento drásticamente cada día, por lo que es importante que los expertos de diversas disciplinas contribuyan a este tema. En el contexto de este trabajo metalúrgico en particular, he desarrollado tres objetivos principales. El impacto en la tentación. Impacto en la fácil operación. El revestimiento de túnel es nuestro sistema más nuevo, que consiste en colgar directamente a una profundidad de 10 metros y usar un radio por debajo del diámetro normal. Además, esta tecnología evita perforar al aire libre, por lo que consideramos el uso de pequeños aceros inoxidables en la construcción. Además, la galvanización se puede calentar a temperaturas de inmersión y también se denomina baja temperatura. Todo depende de la pieza que desee utilizar y de los servicios que necesite. Esta evaluación se basará en hallazgos preliminares. En este estudio se consideró la “placa de acero laminada en caliente”. Y por ello, se realizan entrevistas a expertos y otros en diversas publicaciones, libros, guías técnicas, guías técnicas, archivos técnicos y revistas científicas especializadas. Damos las siguientes recomendaciones: Dependiendo de la resistencia de la estructura, el efecto positivo de la madera fundida es muy fuerte. En segundo lugar, los extintores de incendios tienen una protección eficaz que tiene un efecto positivo sobre la corrosión (Morales, 2018, p. 47).

Los sistemas de monitoreo que se han diseñado e implementado para obtener fronteras que determinen la calidad del aire. Para lograr detectar los primordiales líderes en la averiguación, se hace uso de los instrumentos de averiguación Scopus, Scimago y La alusión. Esto con el objetivo de obtener datos de producción científica en todo el mundo, y en América Latina. Donde a grado universal, china dirige la producción científica al costado de estados juntos, a grado regional en América Latina, Brasil, México, Chile, Argentina y Colombia hace parte de los primeros puestos en estudio. Debido a que es una problemática mundial y regional destacada, se necesita hacer un estudio de la productividad universal donde

sobresale China, USA, Japón, Alemania y Corea del Sur como primordiales territorios con más productividad científica donde sobresalen China y USA por su proporción de documentos. En América Latina los primeros puestos en documentación está Brasil y México. Colombia a grado universal está en la postura 61 y en la postura 5 en América Latina. Para un estudio con un enfoque del asunto centralizado, cada una de las consultas en scimago se han realizado filtrando por el sector general de ingeniería y subcategoría en ingeniería eléctrica y electrónica (Rodríguez, 2017, p. 2)

Tanto las guías de calidad del aire establecidas por la Organización Mundial de la Salud, como los estándares regulados por la Agencia para la Defensa Ambiental de USA de América (EPA, por sus siglas en inglés) han proporcionado una base de utilidad para el establecimiento de la normatividad y metas para diferentes territorios de Latinoamérica y el Caribe.

Los estándares realizan parte de los Programas de Administración de Calidad del Aire, generalmente las reglas de salud, establecen la pauta para la acción intersectorial (Riojas, 2018, p. 46).

En el estudio experimental enseñó que el efecto del cierre parcial en la calidad del aire en Lima Metropolitana disminuyó la concentración de PM2.5 en la estación Carabaylo, San Borja, San Juan de Lurigancho y Villa María del éxito en un 53%, 31%, 44% y 36% respectivamente. Además, se observa que los valores de PM2.5 a lo largo del aislamiento está por abajo de la normativa de comparación (Estándares de Calidad de Aire D.S N.º 003-2017 MINAM). Pese a que las, medidas de cierre fueron excepcionales y drásticas, ha abierto un nuevo espacio para evaluar y ocasionalmente calibrar el despliegue de modelos de elaboración y consumo de energía para poder hacer el Desarrollo Sustentable; es de esta forma que a partir de este criterio, los resultados ilustrados aquí brindan nuevos conocimientos debido a que se pudo marcar que cualquier viable reducción o paralización de los sectores comercial, industrial y transporte urbano puede mejorar la calidad del aire, sobre los cuales se puede averiguar la utilización de iniciativas sostenibles de innovación y políticas para abordar el calentamiento global, que todavía es el más grande reto de nuestros propios tiempos (Centurión, Fababa, 2020, p. 17).

La repartición de los ventiladores de 30000 cfm en una distancia conveniente de consenso a sus propiedades técnicas de los ventiladores, dan de aire fresco del circuito de ventilación, por medio de un sistema con ductos de ventilación, del plan cortada 3800 Quenamari, manteniendo ventilación continua con aire fresco al personal que realiza trabajos de rehabilitación, y que incrementó de manera considerable su eficiencia operativa de trabajo (Choque, 2016, p 78).

La alteración horaria del PM10 en Lima muestra 2 picos máximos a lo largo del día. Estacionalmente en el otoño los valores de PM10 son máximos y mínimos a lo largo de la primavera austral. Los valores máximos se han registran los martes y viernes y el valor mínimo el día domingo. Teniendo en cuenta en meses los más grandes valores de PM10 se registran a lo largo del otoño en las regiones sur y este de Lima y los mínimos en el Callao. La alteración multianual del PM10 muestra que cada una de las estaciones de monitoreo, a distinción del Callao, sobrepasan de manera significativa los límites fronteros del ENCA para PM10 (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Existe un descenso moderado de los límites de PM10 en casi cada una de las estaciones de monitoreo, fundamentado en la exploración del coeficiente de decisión que es de 0.616. (Pacsi, 2016, p. 282).

Luego de la utilización del plan “Mejora del sistema de ventilación como procedimiento para control de calidad de aire”, en cuanto de la disipación de gases se ha enfocado a labores críticos, donde la optimización fue en un 98.9%; el 1.1.% que queda de labores por arriba de LMP, se ha preferido por disponer ventiladores auxiliares de 30,000 CFM para ofrecer más grande flujo y consumir con el DS 024–EM-2016 y su Modificatoria (Díaz, 2019, p. 97).

Al poner en práctica la iniciativa un sistema de ventilación se mejorarán las tareas subterráneas del socavón San Luis, según los datos obtenidos se establece la utilización de una chimenea las tareas se desarrollaran con menos peligro, por consiguiente esta conjetura queda validad La premisa ha sido que la evaluación de calidad del aire dejará plantear de manera significativa las mejoría en la ventilación del socavón San Luis 2019, y por medio de esta indagación se planteó mejorar el sistema de ventilación que consiste en descubrir más cámaras en el área debido a que la explotación se estima en desarrollo (Portilla, 2019, p. 38).

El diseño del sistema de ventilación a aplicar consta de situar un ventilador de mayor capacidad, ubicado en la chimenea, con el cual se cubrirá el caudal total solicitado de consenso al número de individuos, por la utilización de grupos diésel y por la dilución de contaminantes va a ser mucho mayor, seleccionando un ventilador de mayor capacidad (30000 CFM y otro de 60000 CFM) (Ibáñez, 2018, p. 96).

La presente estudio que en esta emplazamiento tengo a acertadamente de presentar trata sobre el “justiprecio general Del Sistema de oxigenación, Para que El penoso desarrolle sus actividades en condiciones normales, En La organismo Minera Los Quenuales - pelotón Minera Yauliyacu”, Cuya voluntad es sugerir las instrumentos de administración del sistema de seguridad y sanidad con el compromiso, que permita un logro en la previsión de accidentes y poder reconocer, vigilar los perjuicios del trabajo, generados con las intervenciones mineras en la organización Minera Los Quenuales (Yauliyacu). El juicio: La despena de tasa en la GL 270 E-W obstruye el ingreso de conducta flamante al sistema por lo dicho antes instalar un ventilador de 30,000 CFM para airear el BP 022 ocasiona que el aspecto inyectado recircule. usar mangas de 24” para un ventilador de 30,000 CFM ocasiona mayor resistencia en efecto perdida en época de aeración, así mismo las fugas y malos acoples en las mangas ocasionan perdidas de presión y caudal (Ricardi, 2018, p. 119).

La ventilación mecánica a lo largo del acto operatorio, tiene el peligro potencial de sufrir lesión de la ultraestructura y manejo pulmonar. El volutrauma pertenece a los recursos más poderosamente asociado para los inicios del síndrome de distrés respiratorio (SDRA). La ventilación con volúmenes muy bajos tidálicos señaló una reducción significativa en la mortalidad de los pacientes con SDRA. La presión positiva finalmente de la espiración en pulmones sanos reduce la aparición de mediadores químicos a lo largo de la ventilación transoperatoria, evitando el colapso alveolo y la aparición de atelectasias. (Pagán, Copa, 2020, p. 181).

En la Veta Santa Filomena no existía un circuito conveniente de la circulación de aire fresco fue la razón del cambio de sentido del desarrollo de la chimenea de ventilación y el CRUCERO 2170 destinados a mejorar el circuito de ventilación. El aire viciado es expulsado por las labores antiguas principalmente por la Chimenea

Panca cuyo caudal es de 396.9 m³ /min. El aire viciado es eliminado por el Pique Dragones de caudal es 355.2 m³ /min. (Llano, 2017, p. 171).

Los ECA para Aire son un ejemplo forzoso para el diseño y aplicación de las herramientas de administración ambiental, al mando de los titulares de ocupaciones productivas, extractivas y de servicios (DECRETO SUPREMO N° 003-2017-MINAM p. 2).

Los componentes que influyen en la decisión del caudal del aire en las minas, están sujetas a las condiciones y propiedades de incremento de cada operación en el túnel Liner y del procedimiento de explotación a utilizarse. La obligación de aire en el centro de la mina, son determinadas con la capacidad más alto de personal y de grupos que trabajarán al mismo tiempo en las tareas en los múltiples niveles que conforman la mina, en las exigencias del procedimiento de explotación (Piérola, 2017, p. 157).

Por intermedio de esta indagación se trata de indagar la realidad del diseño de túneles en regiones urbanas, donde frecuentemente no se tiene vigente la relación suelo estructura, dejando de parte los asentamientos que estas tienen la eventualidad de causar. Asimismo, se presenta una táctica de excavación a mano, que se viene utilizando con más continuidad en obras de gran extensión en el Perú, como es el Túnel Liner, lo que ha brindado resoluciones eficientes una vez que hablamos de realizar cruces de tuberías de diámetros considerables en vías urbanas, en donde es casi imposible realizar excavaciones a zanja abierta. Los esfuerzos y deformaciones del suelo son componentes más y más relevantes a conservar el control de, para fijar una adecuada interacción suelo – composición. Como población de estudio se escogió el cruce de la Av. Faucett y Av. Benavidez, en el distrito de La Perla Callao, en donde se hizo exploraciones geotécnicas. En la situación de estudio se expone la construcción de 2 túneles en paralelo de diámetro de 1500mm y 2300mm. Los cuales conducirán tuberías de HDPE; se ha definido el grosor de cobertura de las placas de acero que componen el túnel Liner. Además, se hizo un estudio del diseño, considerando la norma AASHTO. Al hacer la exploración por el MEF tomando en cuenta un grosor de la plancha de 4mm para los dos túneles. Se logro un mayor movimiento por aplastamiento hacia el revestimiento de 8.43 mm, o sea el 0.56% del diámetro total del túnel. En lo que,

para el túnel de 2.30 m, el más alto movimiento por aplastamiento hacia el revestimiento es de 10.24 mm, o sea el 0.45% del diámetro total del túnel. Teniendo en cuenta la deformación máxima permisible para los túneles de 1.50 m y 2.30 m el 2.13% y 2.65% respectivamente. En tanto que al hacer el diseño por la norma ASSHTO, se logró un espesor de 3mm para el túnel de 1.50 m y 5mm para el túnel de 2.30 m (Chillón, Huamán, 2019, p. 162).

Este análisis se genera a separar del acuciamiento de originar un planteamiento que incluya una técnica geotérmica de baja entalpía para un renovador método de edificación denominado Tunel Liner, en donde se ejecuta a través de modelo establecidos con la cual se optimizar para un buen funcionamiento del sistema geotérmico. El área de envoltura de contacto del conducto de hoja influye aún más que la largura de las tuberías instaladas en el firme, por lo que se recomienda seccionar en túneles con dimensiones más pequeñas para una mejor relación de calor del suelo. Las pérdidas de obligación hidráulica no contemplan una osadía muy destacada en este análisis, no es obligatorio un explosivo hidráulico externa para llevar a cabo orbicular el suelto dador de derramamiento (Casanova, 2018, p. 77).

El proyecto tiene como base el DS 055-2010, Reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería, el cual tiene por alcance las actividades desarrolladas ubicadas en las superficies o subterráneos de la corteza terrestre. Con la que engloban todas las actividades correspondientes. En el capítulo IV y artículo 236 se hace presente a los requerimientos mínimos del sistema de ventilación. Como también nos indica en el anexo 15 nos indica Los Límites de exposición ocupacional para agentes químicos (DECRETO SUPREMO N° 055-2010-EM p. 32).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de la investigación se ha desarrollado disponiendo como base la Guía de Elaboración de Trabajo de Investigación y Tesis para la Obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Universidad Cesar Vallejo (Investiga UCV, 2020).

En el reconocimiento como la medición y la experimentación presentan diferencias cualitativas entre ellos, sin embargo, poseen como componente común un elevado nivel de generalidad, debido a que tienen la posibilidad de ser aplicados en cualquier ciencia en especial. (Hernández, Ramos, Placencia, 2018, p. 96).

Según el propósito de la Investigación que se ha realizado es Aplicada, basado en la valoración de la calidad del aire en Túnel Liner Santa Anita 2020, con la finalidad de toma de datos en el desarrollo de efectuar los trabajos y resolver los problemas inmediatos.

Diseño de la Investigación, Lo cual efectúa en la averiguación no empírico es mirar o medir fenómenos y cambiantes de la misma forma que se otorgan en su entorno natural, para analizarlas. Este caso se basa en admitir un procedimiento, una posición o un incentivo en determinadas situaciones, para luego analizar los resultados de la declarar o adaptar de comentado procedimiento o tal condición. Sin embargo, en un análisis no empírico no se produce otra situación, sino que obedece a posiciones reales, no incitar intencionalmente en la averiguación por quien la hace (Hernández, 2018, p. 174).

El proyecto es NO Experimental, de diseño transversal correlacionales - causales, porque ha sido diseñada con la información de los proyectos con la toma de datos en diferentes tiempos, que se haga el uso del sistema ventilación con cumplir las normas nacionales e internacionales en el túnel Liner.

De acuerdo a la naturaleza de la información en la investigación es Cuantitativa, por consiguiente, se aprovechará los procedimientos de medición para los gases en el Túnel Liner.

3.2. Variables y operacionalización

El desarrollo tiene su objetivo en los medios que un examinador con poca experiencia pueda tener la certeza de no desorientarse o incurrir en errores que son constantes en un proceso de evaluación o investigación, Lo que se muestra una desconexión entre la variable y la manera o el fondo que se ha tomado los datos, como tal es donde pierde su valor el estudio correspondiente (Chacón, 2017 p. 8).

La Variable independiente del proyecto es: La calidad del aire. Y la variable dependiente: Sistema de ventilación.

3.3. La población de la presente investigación es: El personal de la obra Rinconada I, Ubicado en el distrito de santa Anita, provincia de Lima. Y la muestra: Túnel Liner Sanya Anita 2021.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Observación directa: Se recolecta datos reales del área de trabajo como es el caso de coordenadas UTM, número de obreros, monitoreo de gases, principales actividades de las labores que se realizan en el túnel Liner, La recolección de datos se realizan en forma directa y presencial.

Análisis documental: Se recolecta y analiza todo lo necesario para su análisis sobre la evaluación atmosférica y emplear en el marco teórico del proyecto.

Cálculo de caudal de Aire: Toma de datos con el anemómetro, equipos para el monitoreo y lograr estimar la calidad de aire y el computo del flujo.

Evaluación de resultados del monitoreo: Se utilizará todos los datos obtenidos del monitoreo según la tabla 01, para luego evaluar con la ayuda de cuadros estadísticos, y comparar con el DECRETO SUPREMO N° 055-2010-EM.

Entre los Instrumentos para determinar la evaluación atmosférica, se elaboró una ficha de toma de muestras de concentración dirías para el monitoreo ambiental

dentro del Túnel Liner, Se toma como referencia el anexo 15 del DS 055-2010 donde se muestra:

TWA: Media Moderada en el Tiempo (Time Weighted Average). Para equiparar con el promedio ponderado en la era de exposición a concentraciones personales a lo largo de toda la jornada de trabajo.

STEL: Exposición de Corta Duración: Short Time Exposure Level. Límite a equiparar con la exposición promedio ponderada en la era acumulada a lo largo de 15 min. seguidos. La exposición a concentraciones más grandes no debería superar los 15 min. y puede suceder un más alto de 4 veces por jornada con descansos de 1 hora mínimo entre exposiciones.

C: Ceiling. Nivel Techo de Exposición. Límite que en ningún momento deberá ser sobrepasado. Donde se toma como referencia principal TWA para la elaboración del cuadro:

Tabla 01: Ficha de toma de muestras de concentración diaria.

FECHA: 1/09/2020		F-I			
LAPSO MEDIDO (hora)	CAMPO MONITOREADO	EVALUACIÓN ATMOSFERICA			
		O2 (19-22)%	LEL(0)%	CO (0 ppm)	H2S (0 ppm)
7.00 - 8.00					
8.00 - 9.00					
9.00 - 10.00					
10.00 - 11.00					
11.00 - 12.00					
12.00 - 13.00					
14.00 - 15.00					
15.00 - 17.00					

Fuente: Elaboración propia, (2021).

Los caudales se hace referencia principal a la calidad de aire, se determina como la unidad de cuerpo de aire que transita por un determinado punto, se cuantifica a partir de la celeridad promedio medida y el área transversal del Túnel Liner. Se determina con la siguiente ecuación (Manual del Socorredor Miner , 2020, p. 103):

$$Q = F \times N \text{ (m}^3\text{/ min)}$$

Donde:

Q = Caudal optimo por trabajador en el Túnel Liner ($m^3/ \text{min.}$).

F = Caudal promedio necesario por persona ($3 m^3/ \text{min.}$).

N = Número de trabajadores en el Túnel Liner.

Tabla 02: Ficha de toma de muestras de caudal de aire.

REGISTRO DE NIVELES DE AIRE (m/s)

FECHA HORA	2/05/2020	3/05/2020	4/05/2020	5/05/2020	6/05/2020	7/05/2020
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
10:00						
14:00						

Fuente: Elaboración propia, (2021).

3.5. Procedimientos

TÚNEL LINER

PRELIMINARES

Con el levantamiento planimétrico del sector, se realiza el replanteo en el terreno donde se ejecutará el proyecto, En el caso como dato importante se define el eje del túnel a ejecutar, así como los puntos de inicio y final del túnel Liner. Todo el personal proyecto al inicio de sus labores deberá de recibir la charla diaria de seguridad, posterior a ello llenará sus documentos de seguridad (análisis de trabajo seguro, permisos de trabajos de alto riesgo, inspección de herramientas, equipos y maquinaria). Luego, se efectuará sus labores en los frentes de ataque dando inicio a la instalación.

Las distancias en metros lineales serán de acuerdo al proyecto como de acuerdo a las condiciones del terreno, el alineamiento del Proyecto. Según se realiza la excavación manual, se colocará en el frente de la excavación un anillo metálico con el molde de la estructura circular. La parte superior del anillo soporta la tierra procedente de la excavación y será como guía para el armado de un nuevo anillo del túnel Liner. La eliminación del material excedente de la excavación se ejecutará

por medio de buggie el cual será transportado por el personal hacia la zona de acopio, que estará debidamente acordonada y señalizada. Para continuar con el montaje del nuevo anillo se realizará una excavación manual minuciosamente, las láminas que conforman el anillo se instalarán desde la parte superior y descenderán por los laterales, las mismas que estarán debidamente empernadas, garantizando su resistencia. Después de montado el anillo del túnel, se repitará el proceso hasta llegar a la distancia en metros lineales de acuerdo al expediente.

TÚNEL LINER EN TERRENO VARIADO

Para iniciar la construcción del túnel Liner horizontal, el topógrafo debe trazar el diámetro de la circunferencia requerida, así como su eje.

La excavación se ejecuta de forma manual con picos, lampas, barretas que cuenten con la señalización mes correspondiente; hasta completar la longitud indicada para la colocación de la siguiente lámina Liner. Si el terreno presenta estratigrafía dura, se utilizará equipos eléctricos menores (rotomartillos), en donde el personal contará con la experiencia en la utilización de los equipos menores, llenará un pre operacional como medida preventiva para una manipulación segura de la herramienta de poder; los equipos de protección personal serán entregados según el riesgo de la actividad.

La eliminación de material excedente de la excavación, se acarreará con buggies hasta el punto de acopio que estará debidamente acordonada y señalizada.

La instalación de las láminas metálicas se efectuará cada 0.46 metros, hasta lograr una longitud de 4.6 metros requerida para la inyección de mortero. Para la instalación de los anillos se utilizarán dos tipos de guantes: guantes anticorte que permite confort y maniobrabilidad para el empernado, según Norma EN 388 y guantes de badana para la manipulación de cargas.

Un anillo está compuesto por 7 láminas de diferentes tamaños, el transporte de dicha pieza en el interior del túnel se realizará por medio de los buggies.

El túnel deberá tener el diámetro a solicitud del cliente. Los pernos serán de cuello cuadrado y se proveerán con arandela de presión para mantener el cuello cuadrado

del tornillo en la perforación de la plancha, además cuadrada, permitiendo apretar la tuerca desde el interior garantizando su resistencia.

Dentro del túnel por considerarse un espacio confinado, antes del ingreso al túnel, el personal procederá a llenar el PERMISO ESCRITO DE TRABAJO DE ALTO RIESGO, donde todos los trabajadores involucrados en este trabajo, deberán firmar el permiso. El prevencionista de riesgo, monitoreará los niveles de gases antes del ingreso de los trabajadores, una vez identificado los niveles correctos de gases, el personal podrá ingresar sin problemas al área.

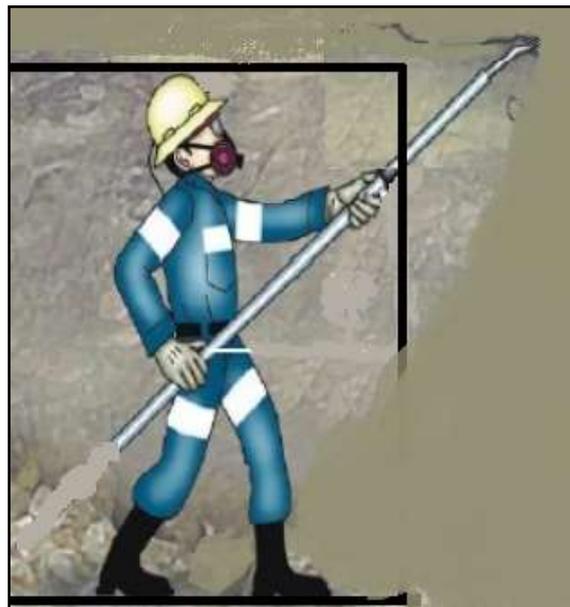
En caso de que las primeras tomas de muestra de los niveles de gases no estén dentro de los parámetros permitidos, se ventilará por 10 minutos el túnel, o en caso contrario hasta que los niveles de gases se establezcan.

Se monitoreará durante toda la jornada laboral los niveles de gases presente en el túnel, el cual debe estar registrado.

Los operadores de perforación manual utilizan una barra de 1,20 m x 1 pulgada de diámetro para mantener la barra a la mitad de esa longitud en una posición ideal durante la perforación.

Los trabajadores yacían detrás del muro a unos 0,50 m al comienzo de la excavación y finalmente a unos 0,05 m detrás del muro. Será un área segura con un mínimo de rocas y sustancia.

Imagen 1. *Excavación manual*



Se tiene como referencia los niveles de gases según OSHA 1910.146.

Oxígeno 19.5% - 23.5%

CO – Monóxido de carbono 25ppm

H₂S – Sulfuro de hidrogeno 1ppm

10 % LEL – Limite de Explosividad

ELIMINACIÓN:

La eliminación del material excedente producto de la excavación se realizara por medio de buggies y se transportará hacia el punto de acopio que estará debidamente acordonada y señalizada.

Para dicha actividad es necesario los siguientes elementos:

- ✓ Pala, pico, barretas, pala tipo tijera, buggie.

Los pernos de la tapa se colocan hacia afuera en los extremos planos de la placa y empujan las arandelas planas para bloquearlas en su lugar. Para colocar la tuerca en una superficie plana, se debe colocar una arandela semicircular en el perno correspondiente al orificio central de cada junta de placa, según el diseño y las recomendaciones del diseñador y proveedor de la placa. Una vez finalizado el montaje del primer anillo, el montaje del segundo anillo debe comenzar de la misma forma, pero compensa la longitud correspondiente a los dos espacios entre los orificios en la brida de la junta intermedia para el anillo anterior. Esto hace que las costuras verticales se entrelacen entre sí. El tercer anillo se coloca como el primer anillo. Pasa por el orificio de la brida del perno. Para el montaje de la placa, no ajuste completamente los pernos hasta que los anillos diurnos estén ensamblados. Esta acción no interfiere con el progreso de otras acciones.

El montaje estructural debe realizarse de forma escalonada, comenzando por el panel superior. Se requieren pasos especiales si, durante el funcionamiento, se encuentra un error o una función inesperada que impide la instalación normal de un módulo o componente. Específicamente para aprovechar esto, los contratistas ofrecen intermediarios financieros: Puede continuar con la instalación como método operativo alternativo o adicional.

INYECCIÓN DE MORTERO:

Para que la estructura final funcione, todos los espacios entre la pared excavada y la estructura deben rellenarse con mortero equivalente a la cantidad de anillos instalados por semana. Esta acción es necesaria para una adecuada distribución del esfuerzo. El rigor, la alineación y el control de la forma deben verificarse antes de las fases de construcción de túneles y lechada. Una vez que se completa la inyección, el tubo permanecerá en su posición final, lo que dificulta muchos más cambios. El ensamblador necesita medir cada sección del túnel terminado en el campo con un instrumento simple.

INSTALACIÓN DE PERNOS:

La torsión estándar no se aplica a la instalación de estos pernos, así que use una llave de impacto inalámbrica para apretarlos en el campo. Los pernos y las tuercas están galvanizados en caliente según ASTM A153 y no requieren un par de torsión estándar para apretar el asiento.

Imagen 2: Perfil ilustrativo Túnel Liner.

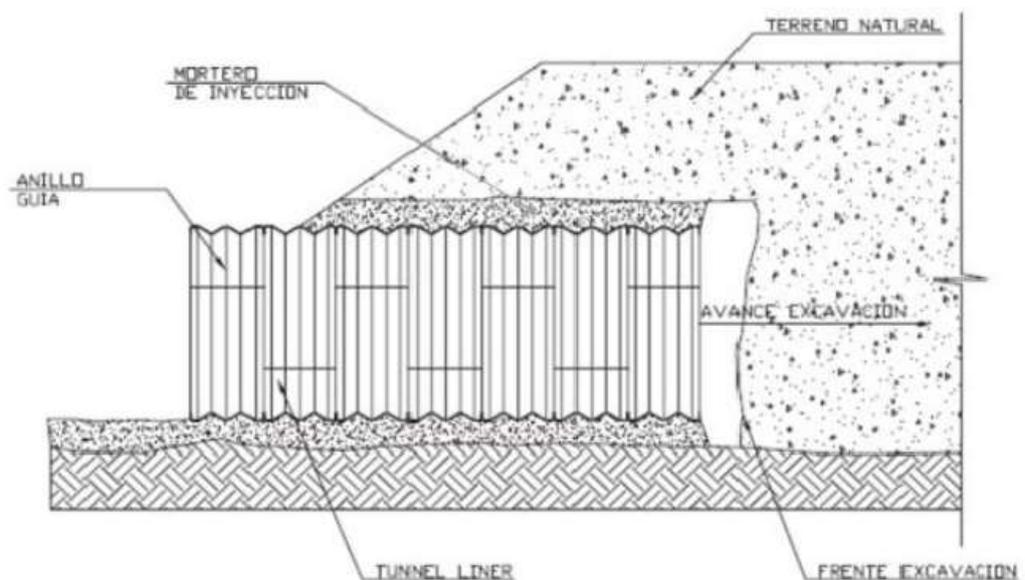
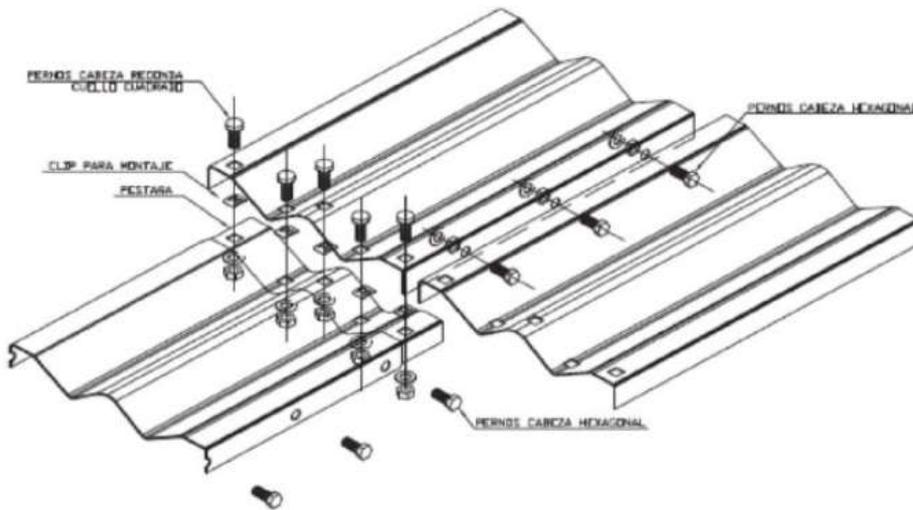


Imagen 3: Laminas Túnel Liner.



Características técnicas del túnel

El túnel Liner se construirá con láminas Liner HR de dos capas, en espesor solicitado según el diseño, que cumpla con la norma ASTM-569.

Sistema de iluminación

Tiene un sistema de iluminación de tira de LED flexible que opera desde un panel de control externo. Está afuera y frente al túnel, por lo que puede profundizar en los detalles para ensamblar el anillo e inyectar los contactos.

EL rango de la iluminación en el túnel será de acuerdo con la RM 375 – 2008.

El intervalo de tiempo establecido para los monitoreos es de 3 veces durante la jornada diaria, considerando que esto puede variar dependiendo de ciertos factores y las condiciones de trabajo.

Sistema de ventilación

El sistema de ventilación utiliza ventiladores aerodinámicos dimensionados para diseñar y recomendaciones de expertos y conductos flexibles que se expanden a medida que avanza el túnel. Se utiliza para retener oxígeno en la superficie

excavada y para disolver gases tóxicos y explosivos que puedan estar presentes en el suelo. Aunque para este caso y de acuerdo con la estratigrafía del terreno, no se encuentra ninguno de los dos. Este sistema también es operado desde la parte exterior del túnel.

EL rango de la ventilación será de acuerdo con las especificaciones técnicas del cliente.

El intervalo de tiempo establecido para los monitoreos es de 7 veces durante la jornada diaria, considerando que esto puede variar dependiendo de ciertos factores y las condiciones de trabajo.

Medición de Gases

Se utilizará un medidor de gases, el que contará con la certificación correspondiente por INACAL para examinar que se cumple con todos los estándares que garanticen el bienestar y rendimiento de los trabajadores (Concentración de oxígeno y presencia de otros gases).

El intervalo de tiempo establecido para registrar los monitoreos es de 7 veces durante la jornada diaria, considerando que esto puede variar dependiendo de ciertos factores y las condiciones de trabajo. Sin embargo, el equipo establecido para la detección de los posibles gases deberá de estar permanente en el área de trabajo – túnel liner, los niveles de mediciones serán considerados según OSHA 1910.146.

Sistema de inyección de mortero

El área entre el lado exterior del Túnel liner y el terreno, se inyecta con mortero fluido de resistencia igual o superior a la del suelo en el que se está trabajando, para evitar que las cargas puntuales que originen esfuerzos de flexión cortante sobre los anillos. Este relleno se hace mediante una bomba de inyección cuya preparación de mezcla se hará de forma manual con cemento, arena, agregado y agua, se procederá a instalar una manguera de inyección que conectará a unas tuberías instaladas previamente en todo el recorrido del túnel liner de acuerdo a avance, esta conectará con los agujeros de las láminas (espacio que conecta con el material existente) para llenar los intersticios del túnel.

El mortero fluido inyectado es de tipo confinamiento y no requiere de tiempos de fraguado para continuar con las excavaciones e instalaciones de las láminas. Lo anterior está basado en la información del proveedor a la hora de realizar el diseño del Túnel liner, donde solo se contemplan los factores de cargas vivas, cargas muertas y las cargas dinámicas y en ninguno de los casos se considera este mortero como un elemento estructural.

En caso de que por causas de la inestabilidad del terreno se produzcan grandes sobre excavaciones, se procederá a implementar bolsacretos como medida alternativa en dichos espacios.

Comportamiento del túnel.

Para este procedimiento se prevee la construcción de una línea de túnel en un frente de trabajo, con su respectivo personal y equipos.

Dependiendo de la calidad del terreno, es probable que el túnel sufra asentamientos en cualquier dirección por esfuerzos normales subterráneos, de tal forma que se debe construir túneles que tengan cierta holgura sobre la tubería que se va a instalar dentro de este, para evitar desvíos en la línea o pendiente. Esta debe ceñirse lo más posible al diámetro exterior del anillo y evitar las sobre excavaciones que creen esfuerzos puntuales a la lámina del anillo y puedan crear deformaciones.

DISEÑO DE VENTILACIÓN EN EL TUNEL

Establecer la condición de requerimiento y cumplimiento de aire fresco al interior del túnel liner y efectuar el cálculo de los elementos de ventilación mecánica que se precise para lograr tal fin (requerimiento de aire fresco al interior del túnel), es decir asegurar la dotación de aire fresco y limpio a los frentes de trabajo en el túnel mediante el empleo de ventiladores. Para tal fin, será necesario lograr los siguientes objetivos específicos:

- a) Identificación de la necesidad de aire en los distintos frentes de trabajo
- b) Planteamiento de la distribución del flujo de aire a fin de satisfacer las necesidades en los referidos frentes de trabajo.

Los alcances del cálculo comprenden:

- Ubicación, dimensionamiento y determinación de las propiedades aerodinámicas de los conductos de aire.
- Ubicación y determinación de las características de los ventiladores
- Evaluación de la ventilación natural del túnel de conducción y otras fuentes de presión
- Diseño de planos de ventilación

NORMATIVIDAD Y CRITERIOS APLICABLES

En el diseño de la ventilación del túnel de conducción se aplicará el Reglamento de Seguridad e Higiene Minera (DS N° 024-2016-EM), que establece las siguientes especificaciones:

Tabla 03: *Los límites máximos permisibles (LMP) de los agentes químicos medidos en el punto de emisión (Art. 86°), será el siguiente:*

Agentes químicos	Límites máximos permisibles	
a) Polvo inhalable	10 mg/m ³	Valor para materia particulada inhalable (total) que no contenga amianto y con menos de 1% de sílice cristalina
b) Polvo respirable	3 mg/m ³	
c) Oxígeno (O ₂)	Mínimo 19.5%	
d) Dióxido de carbono (CO ₂)	Máximo 9000 mg/m ³ ó 5000 ppm	
e) Monóxido de carbono (CO)	Máximo 29 mg/m ³ ó 25 ppm	
f) Metano (NH ₄)	Máximo 5000 ppm	
g) Hidrógeno sulfurado (H ₂ S)	Máximo 14 mg/m ³ ó 10 ppm	
h) Gases nitrosos (NO)	Máximo 0.7 mg/m ³ ó 5 ppm	
i) Anhídrido sulfuroso (SO ₂)	Máximo 5 ppm	
j) Aldehídos	Máximo 5 ppm	
k) Hidrógeno (H)	Máximo 500 ppm	
l) Ozono	Máximo 0.1 ppm	

Fuente: Reglamento de Seguridad e Higiene Minera (DS N° 024-2016-EM).

Se tendrá que dotar de aire limpio a las tareas de trabajo según las necesidades del personal, las maquinarias y para evacuar los gases, humos y polvo suspendido que tengan la posibilidad de perjudicar la salud del trabajador. Todo sistema de ventilación en la actividad minera, en cuanto tiene relación con la calidad del aire, tendrá que seguir estando en las fronteras máximas permisibles dispuesto en el Art. 247 del Reglamento; además de cumplir con lo siguiente:

- a) En cada una de las tareas subterráneas se mantendrá una circulación de aire limpio y fresco en porción y calidad suficientes según el número de individuos, con el total de HPs de los conjuntos con motores de combustión interna, así como para la dilución de los gases que permitan contar en el ambiente de trabajo con un mínimo de 19.5% de oxígeno.

El circuito general de ventilación se dividirá en el centro de las minas en ramales para hacer que cada una de las tareas en trabajo reciban su parte proporcional de aire limpio y fresco.

- b) La porción mínima de aire elemental por hombre va a ser de 3 m³/minuto en los sitios de trabajo, una vez que las minas se encuadran hasta 1500 msnm (metros sobre el grado del mar).

Tabla 04: *Diferencia de altitudes con porcentaje de incremento de aire.*

Altitudes	Porcentaje de incremento (%)
De 1,500 msnm a 3,000 msnm	Aumentará en 40% (4 m ³ /min)
De 3,000 msnm a 4,000 msnm	Aumentará en 70% (5 m ³ /min)
Sobre los 4,000 msnm	Aumentará en 100% (6 m ³ /min)

Fuente: Reglamento de Seguridad e Higiene Minera (DS N° 024-2016-EM).

- c) En ningún caso la rapidez del aire va a ser menor de veinte (20) metros por minuto, ni mayor a doscientos cincuenta (250) metros por minuto en las tareas de explotación integrado el desarrollo, compostura y en todo sitio donde haya personal haciendo un trabajo. Una vez que se emplee explosivo ANFO y otro representante de voladura, la rapidez del aire no va a ser menor

de veinticinco (25) metros por minuto. La cantidad de oxígeno consumido por el ser humano según su ritmo de trabajo se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 05: *Cantidad de consumo de oxígeno.*

Grado de actividad	Respiraciones por minuto (litro/minuto)	Aire inhalado por respiración (litro)	Aire inhalado por minuto (litro)	Oxígeno consumido por minuto (litro)
En reposo	16	0.50	8	0.33
Actividad moderada	30	1.60	48	1.98
Actividad intensa	40	2.50	100	3.96

Fuente: Reglamento de Seguridad e Higiene Minera (DS N° 024-2016-EM).

CALCULO DE LA VENTILACION EN EL TUNEL LINER

ESQUEMA DEL FLUJO DE VENTILACION EN EL TUNEL

Los trabajos de excavación y de operación – Instalación de tuberías, se realizan en un periodo de aproximadamente 12 meses, se generan gradientes de temperatura, entre el exterior e interior del túnel, que producirá el flujo de aire o ventilación natural en el túnel de conducción. En efecto, la diferencia de presiones entre la entrada y la salida de los túneles genera un flujo natural que sumado a la ventilación mecánica debe permitir las condiciones adecuadas de trabajo.

El escenario más intenso de los trabajos de construcción y operación consta de operación de equipos de perforación, equipos menores de retiro de material de excavación.

El suministro de aire fresco demandará la colocación de un ventilador impulsor de aire, con mangas de ventilación a lo largo de los frentes de ataque en el túnel.

DEMANDA DE AIRE AL INTERIOR DEL TUNEL

Lo requerido de aire al interior del túnel comprende básicamente el requerimiento para satisfacer la demanda producida por cuatro componentes al interior de la labor, dichos componentes son los siguientes:

- Condición de flujo natural al interior del túnel – Ventilación Natural.

La condición natural de flujo de aire corresponde a la diferencia carga atmosférica entre el ingreso y la salida del túnel, la diferencia de presión generada por la diferencia de cotas genera un flujo de aire al interior del túnel, que permite (en ciertos casos) tener una condición de flujo de aire suficiente para ciertas labores subterráneas.

- Demanda de Flujo de aire por operación de explosivos

Regularmente la ejecución de túneles requiere la operación de excavación mediante el empleo de explosivos, esta condición genera una necesidad de ventilación que permita evacuar los gases que se generan luego de los disparos para que el personal pueda retornar a las labores de excavación, sostenimiento, refuerzo, etc, al interior de la labor subterránea.

- Demanda de Aire por Personal de Operación al interior de la labor

Las operaciones al interior de la labor subterránea requieren que el personal esté en condiciones adecuadas para que permitan su adecuado desempeño, esta condición se obtiene con una condición de aire al interior de la labor, la demanda de aire para labores subterráneas esta normada en nuestro país mediante el DS 024-EM-2016.

- Demanda de Aire por operación de Equipo Diésel y/o mecánico al interior de la labor.

De igual modo las operaciones de excavación, sostenimiento, aseguramiento durante la excavación de túneles requieren el empleo de equipo mecánico, cuya operación genera el viciado del aire al interior de la operación subterránea consecuentemente se precisa realizar la limpieza y renovación d aire al interior de la labor. La demanda de aire por operación de equipo mecánico en labores subterráneas esta normada en nuestro país mediante el DS 024-EM-2016.

VENTILACION NATURAL

Ventilación Natural Por Diferencia de Presiones (PVN)

LA diferencia de presiones atmosféricas entre el ingreso y salida de túneles genera una carga o flujo de aire natural que, dependiendo de precisamente, la diferencia de cotas puede resultar considerable, diferencias de cotas en el orden de 30 metros

“pueden” inducir flujos de aire en el orden de 500 m³/min (evidentemente este flujo está sujeto a la verificación mediante el cálculo de dicha condición).

Si bien el concepto comúnmente utilizado de “diferencia de peso entre columnas de aire” es incorrecto desde el punto de vista teórico, su aplicación permite estimar por diferencia de presiones al ingreso y a la salida del túnel la presión en cada cota (ingreso y salida) y su consecuente aporte al flujo de aire al interior del conducto. La presión barométrica en la altitud *i* es:

$$p_i = p_0 e^{-\frac{gH}{RT}}$$

donde: *i* = 1, 2, 3 y 4, corresponden a las altitudes de la entrada y salida del túnel; *p*₀ es la presión de la atmósfera al nivel del mar (101.3 kPa). Asignando valores a las siguientes variables y parámetros:

- p*₁ presión barométrica en el nivel de entrada al túnel 1 (237.99 msnm)
- p*₂ presión barométrica a la salida del túnel 1 (237.94 msnm)
- p*₃ presión barométrica en el nivel de entrada al túnel 2 (232.56 msnm)
- p*₄ presión barométrica en el nivel de salida del túnel 2 (232.07 msnm)
- H* Diferencia de altitudes de entrada y salida del túnel 1 (*H* = 5 cm <237.99 – 237.94>)
- T* Temperatura absoluta (*T* = 273 + 15 = 288°K)
- R* Constante del aire (*R* = 290 J/kg °K)
- g* Aceleración de la gravedad (*g* = 9.81 m/s²)

Para los parámetros definidos y la expresión de cálculo se tiene:

Tabla 06: Resultados de cálculo de presión natural de ventilación (PNV)

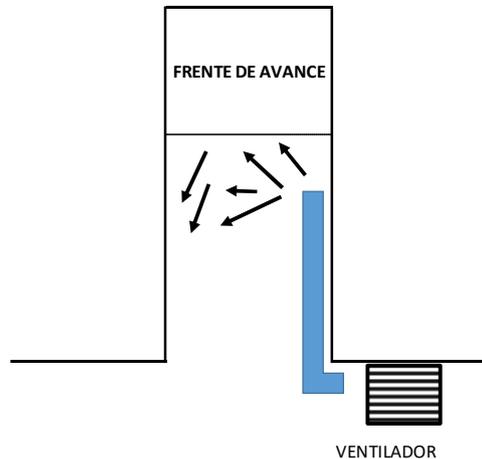
Ubicación	Cota (msnm)	H (m)	Presión	Valor (kPa)	ΔP (Pa)
Nivel del Mar	0		<i>p</i> ₀	101.30	
Ingreso Túnel 1	237.99	237.99	<i>p</i> ₁	98.51	2.71
Salida Túnel 1	237.94	237.94	<i>p</i> ₂	95.79	
Ingreso Túnel 2	232.56	232.56	<i>p</i> ₃	93.21	2.51
Salida Túnel 2	232.07	232.07	<i>p</i> ₄	90.70	

Fuente: Reglamento de Seguridad e Higiene Minera (DS N° 024-2016-EM).

Como se puede apreciar las diferencias de presiones entre ingreso y salida de los túneles 1 y dos son pequeñas, condición que NO asegura flujo de aire adecuado al

interior de los túneles durante las labores de operación, por lo que se hace necesario el uso de ventilación mecánica.

Imagen 4: Esquema de la ventilación del túnel de conducción durante los trabajos de reparación.



Demanda de Aire por Uso de Explosivos

Regularmente el proceso de excavación de túneles demanda el uso de explosivos, consecuentemente una necesidad de evacuar y limpiar el ambiente al interior de la operación, esta condición no se da en los trabajos de construcción de túneles mediante la metodología túnel liner en suelo, por lo tanto, NO hay demanda de aire producto de uso de explosivos.

Demanda de Aire por Presencia de Equipo Mecánico

Aun cuando no se incorpora en la metodología túnel liner el uso de equipos mecánicos para esta operación se está considerando como stand by la presencia de un equipo para retiro de material una vez que las longitudes de excavación alcancen 200 a 300 metros o más tipo Scoop de $\frac{1}{2}$ Yd³ (que bien puede ser un dumper u otro equipo liviano de transporte) y la presencia de una shotcretera por previsión a contingencias de requerimiento de aseguramiento en el frente de avance.

Art. 247. DS 024-2016-EM.

Según la normativa, para efectos de cálculo del caudal de aire de ventilación se tendrá que proporcionar 3 m³/min por cada HP motor de todo equipo diésel en operación. Al caudal de aire obtenido según los conjuntos diésel operativa, se le tendrá que añadir el caudal solicitado por la integridad de individuos haciendo un trabajo al interior del túnel de conducción.

Requerimiento de Aire por Equipo Mecánico

Aun cuando para los trabajos mediante la metodología Túnel Liner NO se requiere equipos mecánicos, se asumirá la presencia de un equipo tipo Scoop y un equipo tipo shotcretera, en el periodo de mayor intensidad de los trabajos de excavación y revestimiento, en el Cuadro 2.1. indica el equipo previsto a usar en el liner en el Cuadro 2.2, se muestra el requerimiento de aire por equipo.

Tabla 07: Relación de equipos

Equipo	HP	Cantidad
Scoop	75	1
Shotcretera	50	1

Fuente: Reglamento de Seguridad e Higiene Minera (DS N° 024-2016-EM).

Tabla 08: Caudal de aire requerido por equipos

Equipos	HP	Factor	(m ³ /min)/HP	m ³ /min	Q _{equipo}
Scoop	75	1	3	225	225
Shotcrete	50	1	3	150	150
Caudal de aire requerido por equipos (m ³ /min)					375

Fuente: Reglamento de Seguridad e Higiene Minera (DS N° 024-2016-EM).

Requerimiento de Aire por Personal de Guardia

Por guardia se estima que desarrollen los trabajos al interior del liner 4 personas, sumados la supervisión un estimado de 6 personas.

Tabla 09: Caudal de aire requerido por los trabajadores.

Número trabajadores	(m ³ /min)/trabajador (*)	Q _{trabajador} (m ³ /min)
6	3.0	18.00

Fuente: Reglamento de Seguridad e Higiene Minera (DS N° 024-2016-EM).

(*) aumento de 40% por altitud > 1500 msnm (3m³/min por trabajador a altitudes <1500 msnm)

Requerimiento de Aire durante las labores al interior del túnel liner

El caudal de aire requerido por los equipos y trabajadores es de 393 m³/min. Si a este caudal se le agrega un caudal por concepto de fugas y filtraciones de 15%, resulta un caudal de 451.95 m³/min. Transformando unidades, el caudal total de aire requerido es de 15,971.90 pie³/min. Finalmente, el caudal total de aire requerido es de 16,000 CFM (pie³/min).

Tabla 10: Demanda de aire.

Descripción	Demanda de Aire
	m ³ /min
Condiciones Atmosféricas	0.00
Por Uso de Explosivos	0.00
Por Equipo Mecánico	375.00
Por Personal de Guardia	18.00
Pérdidas (15%)	58.95
Total, Demanda de Aire	451.95

Fuente: Reglamento de Seguridad e Higiene Minera (DS N° 024-2016-EM).

CALCULO DE VENTILACION MECANICA

Requerimiento de caudal de aire

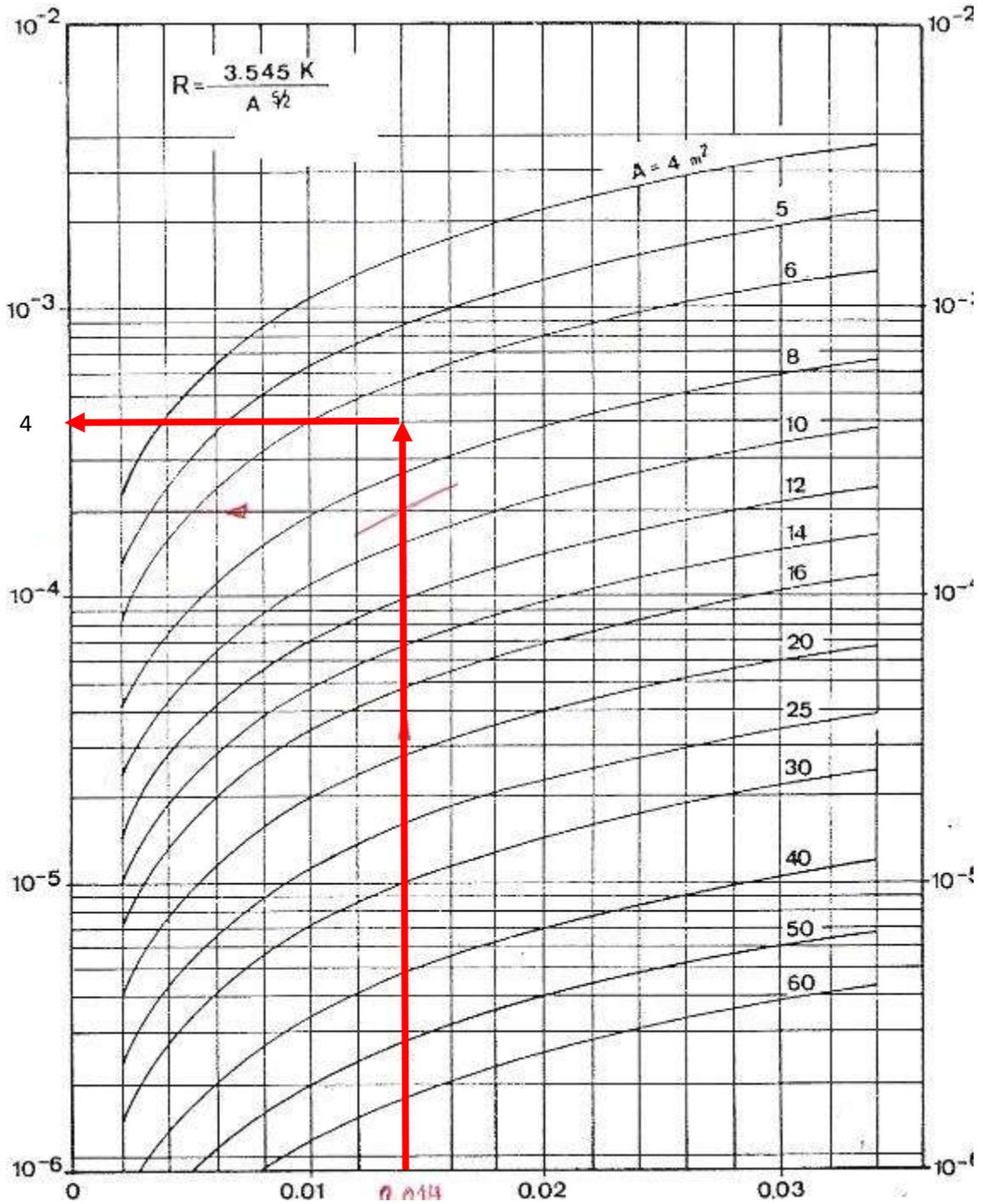
El caudal de Aire Requerido es de 451.95 m³/min <> 16,000 CFM.

Determinación de los parámetros de diseño

Los parámetros principales de diseño para la ventilación, se considera la densidad del aire (ρ), el coeficiente de fricción (K), y la presión de ventilación natural (PVN). Se adopta la densidad promedio del aire igual a 1.12 kg/m³: Respecto a los valores calculados de la presión de ventilación natural (ver Cuadro N° 2.1), estos nos indican que son inferiores al caudal de aire requerido en el escenario más crítico de la obra (16,000 pie³/min ó 451.95 m³/min). No se ha tomado en cuenta la ventilación natural con atención a tener un espacio y ambiente seguro, confortable de conformidad con las normativas de trabajo subterráneo.

El coeficiente de fricción (K) para el túnel se estimó en 0.014 kg/m³ y el área promedio de la sección transversal del túnel se estimó en 7 m²; con estos valores se ingresó al nomograma de la Figura N° 2, de donde se obtuvo el valor de la resistencia específica $R' = 4 \times 10^{-3} \text{ N.s}^2/\text{m}^8$ por metro de túnel.

Imagen 5: Nomograma para la determinación de la resistencia específica de conductos



Considerando el factor de forma para la sección del túnel de conducción de 1.07, se estima la resistencia del túnel $R = 1.07 \times 4 \times 10^{-3} \text{ N.s}^2/\text{m}^8 \times 685 \text{ m} = 2.93 \text{ N.s}^2/\text{m}^8$.

La pérdida de energía del aire a su paso por el tramo de túnel comprendido entre las dos ventanas, se estima mediante la siguiente expresión:

$$P = RQ^2$$

De donde se obtiene, que la caída de presión para un caudal de 3,115 m³/min será de 3,234.41 Pa, que equivale a 320.8 mm H₂O ó 12.6 pulg. H₂O.

Dimensionamiento propuesto

De acuerdo a las características de operación de los trabajos de excavación de los túneles liner, se propone instalar un ventilador (impulsor) de tipo axial, ubicado en la plataforma de cada una de los ingresos, conectados con ductos de 0.80 m de diámetro de 25 HP.

SELECCIÓN DEL VENTILADOR

Para el sistema de ventilación del túnel de conducción se selecciona un ventilador ubicados en el ingreso del túnel con un caudal de 16,000 CFM y 25 HP de potencia cada uno (la potencia depende también de los modelos comerciales que haya en el mercado pudiendo usarse potencias superiores teniendo en cuenta que dicha elevación de potencia significa un mayor dimensionamiento de la carga eléctrica para su operación).

i. CALCULO DE LA VENTILACION – DS N° 024-2016-EM.

ii. VENTILACION TIPO IMPELENTE

iii. Demanda de Aire

1. Por diferencia de presiones. NO SE PRESENTA.

2. Por Explosivos NO SE PRESENTA

3. Por Personal 3.0 m³/min/hombre

6 Hombres x 3 m³/min = 18 m³/min

4. Por equipo Diésel (asumidos por contingencias)

01 Scoop: 75 HP x 3.0 = 225

01 shotcretera 50 HP x 3.0 = 150

Parcial Equipos = 375

5. Pérdidas por fricción 15% = 58.95

6. Demanda Total de Aire: $225 + 150 + 18 + 58.95 = 451.95 \text{ m}^3/\text{min} \Leftrightarrow 7.53 \text{ m}^3/\text{seg}$

iv. Velocidad mínima en el interior del túnel (no menor a 25 m/min)

Sección del túnel = $7.1 \text{ m}^2 \rightarrow V = 451.95 / 7.1 = 63.94 \text{ m/min}$

Ok.

Caudal mínimo = $25 \times 7.1 = 177.5 \text{ m}^3/\text{min} < 451.95 \text{ m}^3/\text{min}$

Ok.

v. Velocidad de retorno para demanda mínima

$V = 451.95 / 7.1 = 63.65 \text{ m/min} \Leftrightarrow 1.06 \text{ m/seg}$ Ok.

Comprendida entre $<0.2 \text{ m}^3/\text{seg} - 8 \text{ m}^3/\text{seg}>$

vi. Diámetro de la Tubería

$$D = 0.29 \times \sqrt{Q_f} \rightarrow D = 0.29 \times \sqrt{7.53} = 0.80 \text{ m (800 mm)}$$

vii. Diámetro de la manga - Nomograma para mangas ventiflex

Con $q = 7.53 \text{ m}^3/\text{seg} \rightarrow 800 \text{ mm}$

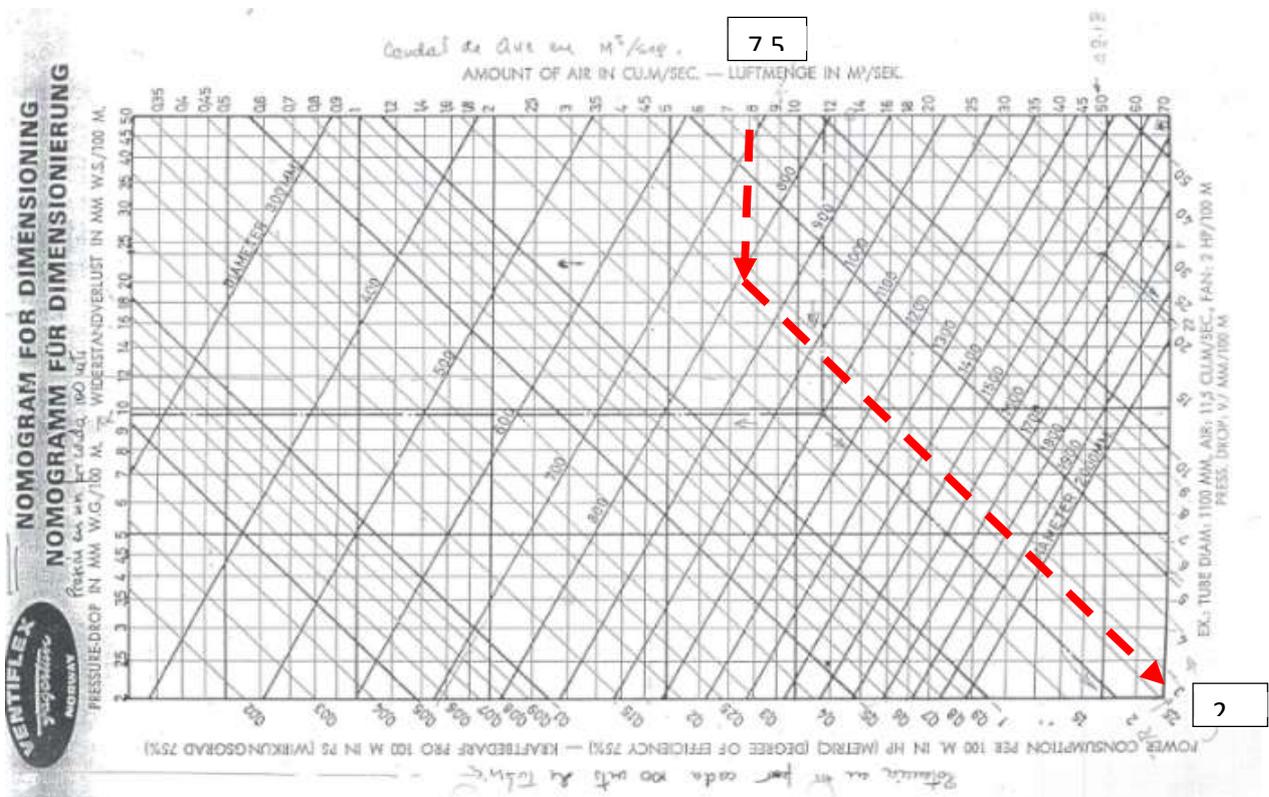
viii. Potencia (Nomograma para mangas ventiflex)

6.5 HP por cada 100 m de túnel

Total $(635/100)3.0 = 20 \text{ HP}$

Con eficiencia del 85% $\rightarrow 23.53 \Leftrightarrow 25 \text{ HP}$

Imagen 6: Nomograma de dimensiones.



3.6. Método de análisis de datos

En el análisis de datos, por otro lado, las comparaciones se utilizan como una estrategia para explicar los cambios de comportamiento en su origen. Del mismo modo, para los resultados no coincidentes, se utilizó el análisis estadístico para evaluar y cuantificar la presencia de diferencias significativas entre las dos muestras de estudio, teniendo en cuenta las medidas del instrumento y de las variables.

3.7. Aspectos éticos

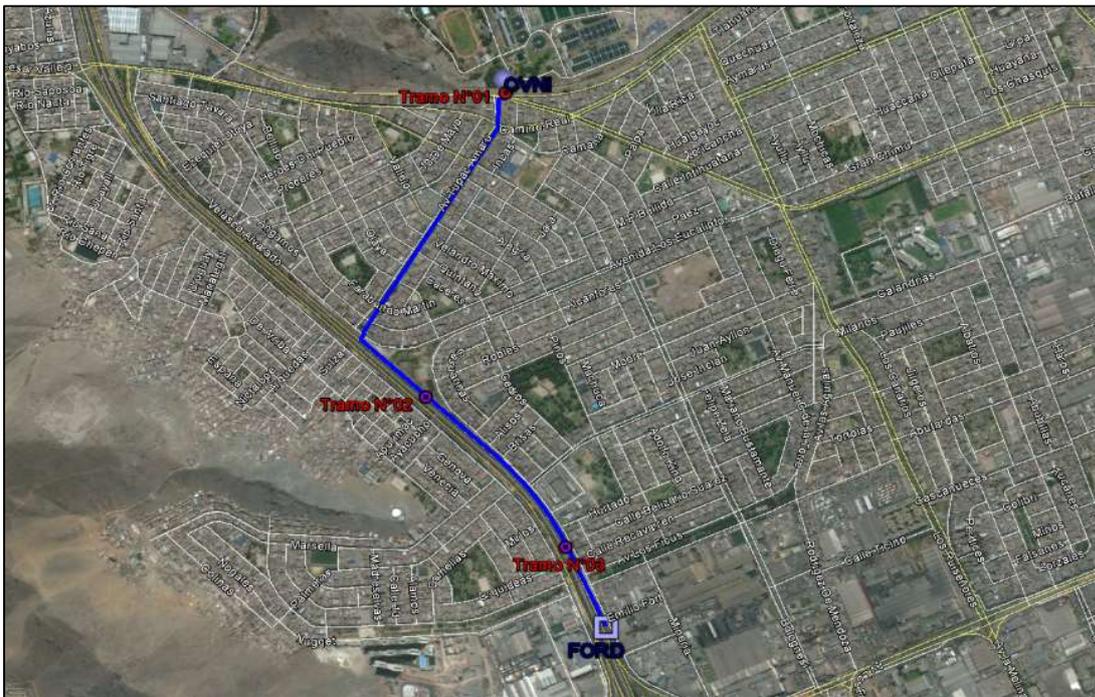
Esta investigación cumple con los estándares éticos de la Universidad César Varejo. Asimismo, cabe destacar que no existe plagio ni autoplagio ya que los autores de las fuentes bibliográficas han utilizado respetuosamente un software antirrobo llamado Turnitin, que presenta un 20% de probabilidad en el estudio. Texto en papel con referencias de estilo ISO 690 y 690-2.

IV. RESULTADOS

El Proyecto ha sido denominado “La Rinconada – Etapa I”. El Proyecto se desarrollará en la Región Lima y Callao, Departamento de Lima, Provincias de Lima, distritos de Villa María del Triunfo, San Juan de Miraflores y Villa El Salvador.

El área en donde se proyecta la Línea de Conducción OVNI-FORD corresponde a la Av. Túpac Amaru y a la Av. Vía de Evitamiento, ubicadas en el dominio del Distrito de Santa Anita.

Imagen 7: Ubicación del área de trabajo.



OXIGENO: Si no es probable conservar este grado con aporte de aire fresco, tendrá que desarrollarse el trabajo con grupos respiratorios semiautónomos o autónomos, de acuerdo con el caso.

Actualmente los grupos de detección de atmósferas inflamables (explosímetros) acostumbran llevar incorporados sistemas de medición del grado de oxígeno. Los datos obtenidos con el detector de gases MSA en Oxígeno son los siguientes:

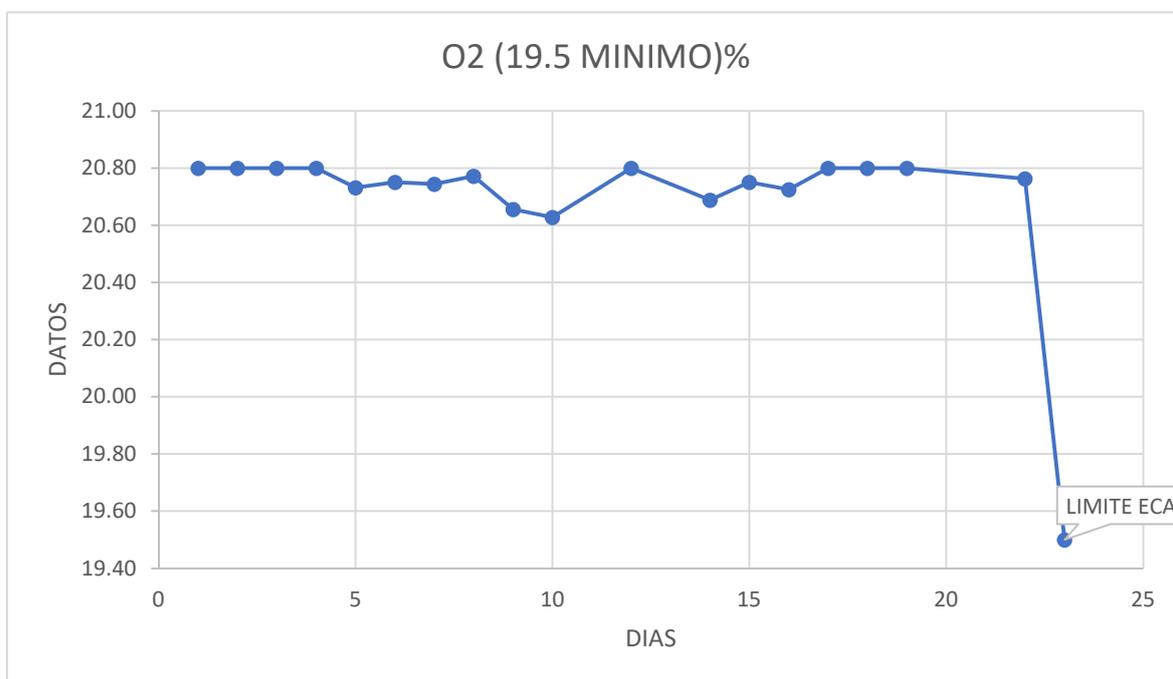
Tabla 11: *Datos obtenidos del Oxígeno*

DIAS	O2 (19-22) %
1	20.80
2	20.80
3	20.80
4	20.80
5	20.73
6	20.75
7	20.74
8	20.77
9	20.66
10	20.63
12	20.80
14	20.69
15	20.75
16	20.73
17	20.80
18	20.80
19	20.80
22	20.76
23	22.5

PROMEDIO	20.76
MEDIANA	20.77
MODA	20.80

Fuente: Elaboración propia, (2021).

Gráfico 01: Curva de Oxígeno 19 días de muestra.



MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

Muy tóxico, incoloro, inodoro, insípido, insoluble en agua en gas muy ligero (densidad: 1250 kg / m³N), dispersión altamente inflamable. Producido por combustión no completa de materiales que contienen carbono, como madera y carbón vegetal. El CO es un gas inflamable porque puede seguir ardiendo hasta convertirse en dióxido de carbono y forma mezclas explosivas con el aire cuando se detecta en concentraciones de 12,5 a 74% por volumen. Un riesgo peligroso de CO para los seres humanos es la incapacidad de combinarse con la hemoglobina en la sangre para reducir el contenido de oxígeno de la sangre y distribuir este gas por todo el cuerpo. El grado de consumo de alcohol incluye dolor de cabeza, náuseas, vómitos, somnolencia, mareos, desmayos y muerte, de leve a grave según la saturación de CO en sangre. El CO es uno de los gases más peligrosos que existen y representa el 90% de las muertes por intoxicación por gas de mina

“No podemos ver, oler ni oler el monóxido de carbono en el aire”, dijo Ehuran Martínez, un experto en minería. Dado que participa en la oxidación de la

hemoglobina en la sangre, una intoxicación grave con este gas venenoso es potencialmente mortal, incluso si uno de los últimos recursos es la transfusión de sangre. Consecuencias de una fuga de monóxido de carbono (Orche, 2020, p. 25)

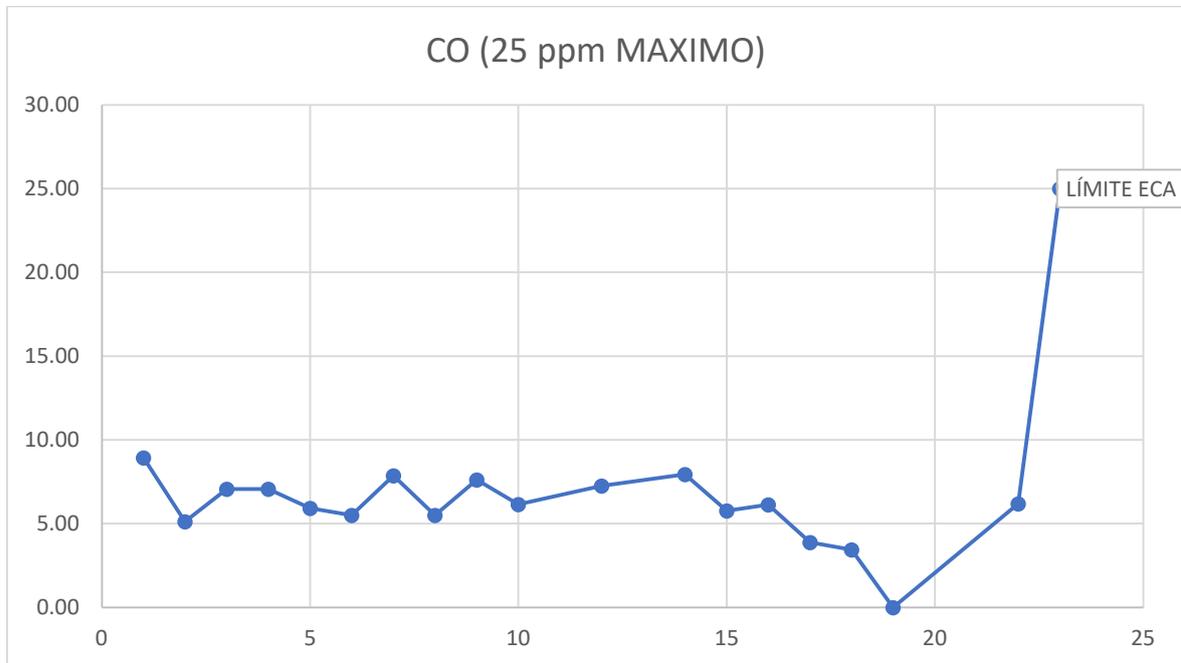
Los datos obtenidos con el detector de gases MSA en Monóxido de carbono son los siguientes:

Tabla 12: *Datos obtenidos del Monóxido de carbono*

EVALUACIÓN ATMOSFERICA	
DIAS	CO (0 ppm)
1	8.94
2	5.13
3	7.06
4	7.06
5	5.92
6	5.50
7	7.88
8	5.50
9	7.61
10	6.15
12	7.25
14	7.94
15	5.78
16	6.13
17	3.88
18	3.44
19	0.00
22	6.19
23	25
PROMEDIO	5.96
MEDIANA	6.14
MODA	7.06

Fuente: Elaboración propia, (2021).

Gráfico 02: Curva de Monóxido de Carbono 19 días de muestra.



LEL: (The Lower Explosive Limit) Límite inferior de explosividad, se refiere a la medición de gases combustible, se obtiene la concentración de gases en el aire ambiental, de los cuales están incluidos los siguientes gases: el metano y gases combustibles (acetona, acetileno, benceno, butano, óxígeno de etileno y éter dietílico) (Kdm, 2017)

Los resultados de la toma de muestras con el detector multigas ALTAIR 4X, NO ha mostrado ningún resultado de presencia de estos gases en la excavación del túnel Liner.

ÁCIDO SULFHÍDRICO (H₂S): Es conocido como un gas incoloro, de sabor algo dulce con un olor característico a huevo podrido en concentraciones bajas, pero en concentraciones altas son letales, unos pocos segundos a la exposición pueden ser perjudicial o letales.

Los resultados con el equipo multigas ALTAIR 4X, No ha mostrado ningún resultado de la presencia de dicho gas en el túnel Liner.

CAUDAL DEL AIRE:

El cálculo para la ventilación durante el proceso de excavación del túnel liner, necesaria para la ejecución de los trabajos; Como resultado de los diseños se determinaron los parámetros de la ventilación mecánica y la selección del ventilador. En la cual se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 13: Datos obtenidos del Caudal del aire

REGISTRO DE NIVELES DE AIRE (m/s)

FECHA HORA	2/05/2020	3/05/2020	4/05/2020	5/05/2020	6/05/2020	7/05/2020
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
10:00	1.5	1.5	1.2	1.3	1.2	1.4
14:00	1.2	1.4	1.1	1.5	1.1	1.7

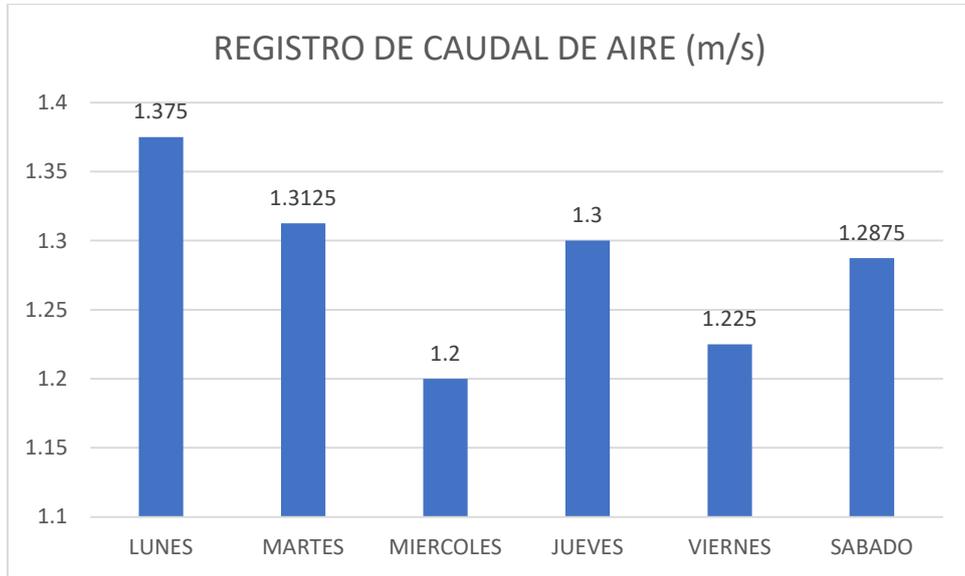
FECHA HORA	2/05/2020	3/05/2020	4/05/2020	5/05/2020	6/05/2020	7/05/2020
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
10:00	1.5	1.4	1.3	1.4	1.3	1.4
14:00	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3

FECHA HORA	2/05/2020	3/05/2020	4/05/2020	5/05/2020	6/05/2020	7/05/2020
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
10:00	1.3	1.2	1.1	1	1	1
14:00	1.1	1	1	1.2	1.3	1.1

FECHA HORA	2/05/2020	3/05/2020	4/05/2020	5/05/2020	6/05/2020	7/05/2020
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
10:00	1.4	1.4	1.3	1.3	1.4	1.2
14:00	1.5	1.2	1.2	1.3	1.2	1.2

DIAS	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
PROMEDIO	1.375	1.3125	1.2	1.3	1.225	1.2875

Gráfico 03: Caudal del aire 19 días de muestra.



V. DISCUSIÓN

La implementación del sistema de ventilación en el proyecto La Rinconada I, el cual es objeto de la investigación, donde el objetivo principal es Evaluar la calidad del aire con el sistema de ventilación en el Túnel Liner Santa Anita Perú 2021.

Los datos obtenidos que se realizó fueron el oxígeno, monóxido de carbono y el caudal del aire. No se ha logrado obtener datos como: Metano, Hidrógeno sulfurado, gases nitrosos, anhídrido sulfuroso, aldehídos, ozono como otros, no se ha encontrado la presencia de dichos gases en la investigación.

(Choque 2016), considera que los ventiladores y circuito por el sistema de ductos mantiene frescos al personal. No toma en consideración los datos atmosféricos en la mina Quenamari, solo se ha enfocado en las propiedades técnicas del sistema de ventilación.

(Portilla 2019), Se Concuerta con la investigación realizada en donde se considera la evaluación de la calidad del aire en el socavón San Luis 2019, en donde se plantea una mejora en todo el sistema de ventilación teniendo en consideración los datos obtenidos y una futura ampliación de nuevas cámaras, debido a la explotación en donde se estima un gran desarrollo.

Los datos y resultados obtenidos No guardan relación con los estudios realizados por Casanova 2018, donde considera principalmente en optimizar para un buen funcionamiento del sistema geotérmico y recomienda secciones de túneles más pequeños para una mejor relación del calor del suelo.

VI. CONCLUSIONES

En el presente proyecto se ha evaluado la calidad del aire con el sistema de ventilación en el Túnel Liner, se ha corroborado y hecho el seguimiento de la calidad del aire en el túnel con el sistema utilizado que se encuentre dentro de los requerimientos necesarios en la norma DS 024-2016 (anexo 15).

Como también en el presente proyecto se ha Diagnosticado la calidad del aire con el sistema de ventilación en el Túnel Liner Santa Anita Perú 2021, Los cálculos de las magas y el sistema de ventilación se ha diseñado en gabinete para lo cual fue necesario el diagnóstico en la ejecución del proyecto para lograr los datos finales.

En la presente tesis se ha calculado el Caudal Optimo del sistema de ventilación en el Túnel Liner Santa Anita Perú 2021. Los datos obtenidos demuestran que ha sido lo suficiente el caudal optimo obtenido mediante las fórmulas el cual fue demostrado con el control atmosférico realizado en el túnel Liner.

En la tesis elaborada se ha comparado los resultados obtenidos con los ECA para el aire, la calidad del aire con el sistema de ventilación en el Túnel Liner Santa Anita Perú 2021, cumple con los parámetros exigidos por los ECAS para el aire. No afecta el rendimiento de los trabajadores.

VII. RECOMENDACIONES

Establecida las conclusiones de esta investigación se recomienda:

Seguir la evaluación de la calidad del aire y el seguimiento para hacer cumplir o estar dentro de los márgenes de la norma DS 024-2016, con la ayuda de los instrumentos portátiles por el espacio de 3 metros de diámetro, siendo como máximo de 6 trabajadores en cada frente de trabajo.

La ejecución de túnel Liner en el Perú son métodos que se están implementado como solución para no realizar trabajos de zanja abierta con la cual es necesario el control de la calidad del aire, teniendo en cuenta que la mayoría de los trabajos son ejecutados en áreas con rellenos no controlados y que pueden emitir todo tipo de gases tóxicos para los trabajadores.

El caudal óptimo en el túnel es calculado solo en el final de la manga, pero es necesario tener en cuenta que si el túnel es de longitudes mayores el personal no solo trabaja en el final del túnel, el personal también se moviliza a lo largo del túnel y no se garantiza una buena calidad de aire.

REFERENCIAS

- CASANOVA, Luis, Modulación del Tunnel Liner para el diseño del sistema Geotérmico de baja Entalpia. 2018. Tesis Doctoral. Universidad Andrés Bello.
- CAXI, Yoman, Estudio De Ventilación E Implementación De Mejoras En El Circuito De Ventilación De Minera Sotrami S.A. UEA Santa Filomena Aplicando El Software Ventsim 2017.
- CENTURIÓN, Julia Sarai y FABABA, Emidgia T. Análisis de la concentración de Material Particulado 2.5 y Gases de Efecto Invernadero de Lima Metropolitana antes y durante la cuarentena 2020.
- CHACHA, Diego, Sistema de ventilación para labores subterráneas de la Empresa Produmin SA. 2016. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- CHILÓ, Edson Jhoel, y HUAMÁN, Max Marlon. Determinación Del Revestimiento Del Tunnel Liner Mediante El Modelamiento Geotécnico Aplicando El Método De Elementos Finitos, En El Distrito De La Perla Callao. 2019.
- CHOQUE, Omar. Optimización del sistema de ventilación para el proyecto cortada 3800–Quenamari, San Rafael–MINSUR. 2016.
- DIAZ, Rosulo. Optimización del sistema de ventilación como un método de control de la calidad del aire en La Mina San Rafael, de la Región Puno. 2019.
- FANG, Yong, “*et al*”. Evaluating the impact of blast-induced damage on the rock load supported by liner in construction of a deep shaft: A case study of ventilation shaft of Micangshan road tunnel project. *Advances in Civil Engineering*, 2020, vol. 2020.
- FREIRE, C. Eudaldo y ESPINOZA Enrique. Las variables y su operacionalización en la investigación educativa. Parte I. *Revista Conrado*, 2018, vol. 14, no 65, p. 39-49.

- HACAR, Fernando; JÖNSSON, Jimmy; VIGNE, G. Contaminantes del aire en los túneles de carretera y límites admisibles. de RADL. Ingeniería Sostenible. Energía, Gestión Ambiental y Cambio Climático, 2016.
- HERNÁNDEZ, Arturo Andrés “*et al*”, primera edición 2018, Área de Innovación y Desarrollo, S.L.
- HERNÁNDEZ, Roberto y TORRES, Christian, Metodología de la investigación. México D. F DF: McGraw-Hill Interamericana, 2018.
- IBAÑEZ, Vicencio. Diseño del sistema de ventilación en el NV 4050 Veta Don Ernesto Unidad Minera el Porvenir–MILPO. 2018.
- JO, Jun Ho, “*et al*”. Implementation of IoT-Based Air Quality Monitoring System for Investigating Particulate Matter (PM10) in Subway Tunnels. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2020, vol. 17, no 15, p. 5429.
- KAVERZNEVA, T., et al. Neural network modeling of air pollution in tunnels according to indirect measurements. En Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing, 2016. p. 012035.
- MORALES, Eduardo Víctor. Láminas de acero galvanizado en caliente y su influencia en la construcción de túneles por el método Tunnel Liner. distrito, Huacho, Huaura-2018.
- PAGÁN Aranda, “*et al*”. Ventilación mecánica protectora perioperatoria: ventilación sin paredes. 2020.
- PAITÁN, Humberto, “*et al*”. Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis. Ediciones de la U, 2014.
- PORTILLA, Víctor E. Evaluación de la calidad de aire para proponer un sistema de ventilación del socavón San Luis 2019, distrito San Luis, provincia San Pablo, Región Cajamarca. 2019.
- RIQUELME, Nicolás F. “*et al*”. Evaluación del desempeño de sistemas de ventilación residencial controlados por demanda mediante modelo de flujos de aire multizona 2019.
- RIVERA, Corazon Y. Impacto del parque automotor y la calidad del aire en Lima Metropolitana durante las medidas de aislamiento social (COVID-19), 2020.

- RIZO, Carlos, “*et al*”. Ventilation as an indispensable tool for healthy constructions: Comparison of Alicante’s urban railway tunnels. *Sustainability*, 2019, vol. 11, no 22, p. 6205.
- SAAVEDRA, Maquin, “*et al*”. Eficacia de la ventilación convencional versus ventilación oscilatoria de alta frecuencia para disminuir la mortalidad en los pacientes con síndrome de dificultad respiratoria aguda. 2018.
- SONCCO, Carmelo F. Diseño de un nuevo sistema de ventilación para la dilución de gases nocivos en la unidad minera Untuca, Sandia-Puno. 2016.
- STABILE, Luca, “*et al*”. The effect of ventilation strategies on indoor air quality and energy consumptions in classrooms. *Buildings*, 2019, vol. 9, no 5, p. 110.
- SUÁREZ, Laura X. Diseño de un sistema de vigilancia de la calidad del aire para la zona urbana de Leticia, Amazonas. 2018.
- Terrones, Erwin H. La Metodología En El Desarrollo de habilidades para la Investigación en estudiantes de pregrado. 2018.
- VALDIVIA, Sergio A. Pacsi. Análisis temporal y espacial de la calidad del aire determinado por material particulado PM10 y PM2, 5 en Lima Metropolitana. En *Anales Científicos. Universidad Nacional Agraria La Molina*, 2016. p. 273-283.
- VEGA, Jhonatan D. Evaluación Integral del Sistema de ventilación, para que el trabajador desarrolle sus actividades en condiciones normales, En La Empresa Minera Los Quenuales - Unidad Minera Yauliyacu. 2018.

ANEXOS

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES:

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
La calidad del aire	Los estándares realizan parte de los planes de Administración de Calidad del Aire, generalmente las reglas de salud, establecen la pauta para la acción intersectorial (Riojas, 2018, p. 46).	ALTAIR 4XR equipo utilizado en trabajos de espacios confinados. Se utiliza para tomar datos de: concentraciones de Oxígeno (O2), Monóxido de Carbono (CO), Ácido Sulfhídrico (H2S) y explosividad (LEL)	Evaluación atmosférica (Emisión de gases)	Oxígeno (O2)	19.5% Minimo
				Combustible (LEL)	100.00%
				Monóxido de carbono (CO) PPM	25 Max.
				Ácido Sulfhídrico (H2S) PPM	200
Sistema de ventilación	Es la tensión de ventilación que se impone como resultado de una presión mecánica, como un ventilador, con la cual se proporciona la energía de ventilación mecánico para la corriente de un volumen de aire en el túnel.	Anemómetro: Instrumento para medir la velocidad de flujo de aire, en especial del viento.	Variables Metereológicas	Velocidad	m/s

TOMA DE MUESTRA DE OXIGENO

FECHA: 1/05/2021

F-I

LAPSO MEDIDO (hora)	CAMPO MONITORIA DO	EVALUACIÓN ATMOSFERICA			
		O2 (19-22)%	LEL(0) %	CO (0 ppm)	H2S (0 ppm)
7.00 - 8.00	TUNEL 02	20.8	0	8	0
8.00 - 9.00	TUNEL 02	20.8	0	8	0
9.00 - 10.00	TUNEL 02	20.8	0	10	0
10.00 - 11.00	TUNEL 02	20.8	0	9	0
11.00 - 12.00	TUNEL 02	20.8	0	10	0
12.00 - 13.00	TUNEL 02	20.8	0	10	0
14.00 - 15.00	TUNEL 02	20.8	0	13	0
15.00 - 17.00	TUNEL 02	20.8	0	10	0

20.8 0 9.75 0

FECHA: 1/05/2021

F-II

LAPSO MEDIDO (hora)	CAMPO MONITORIA DO	EVALUACIÓN ATMOSFERICA			
		O2 (19-22)%	LEL(0) %	CO (0 ppm)	H2S (0 ppm)
7.00 - 8.00	TUNEL 02	20.8	0	7	0
8.00 - 9.00	TUNEL 02	20.8	0	8	0
9.00 - 10.00	TUNEL 02	20.8	0	10	0
10.00 - 11.00	TUNEL 02	20.8	0	6	0
11.00 - 12.00	TUNEL 02	20.8	0	8	0
12.00 - 13.00	TUNEL 02	20.8	0	7	0
14.00 - 15.00	TUNEL 02	20.8	0	10	0
15.00 - 17.00	TUNEL 02	20.8	0	9	0

20.8 0 8.125 0

FECHA: 2/05/2021

F-I

LAPSO MEDIDO (hora)	CAMPO MONITORIA DO	EVALUACIÓN ATMOSFERICA			
		O2 (19-22)%	LEL(0) %	CO (0 ppm)	H2S (0 ppm)
7.00 - 8.00	TUNEL 02	20.8	0	9	0
8.00 - 9.00	TUNEL 02	20.8	0	10	0
9.00 - 10.00	TUNEL 02	20.8	0	12	0
10.00 - 11.00	TUNEL 02	20.8	0	9	0
11.00 - 12.00	TUNEL 02	20.8	0	8	0
12.00 - 13.00	TUNEL 02	20.8	0	10	0
14.00 - 15.00	TUNEL 02	20.8	0	9	0
15.00 - 17.00	TUNEL 02	20.8	0	7	0

20.8 0 9.25 0

FECHA: 2/05/2021

F-II

LAPSO MEDIDO (hora)	CAMPO MONITORIA DO	EVALUACIÓN ATMOSFERICA			
		O2 (19-22)%	LEL(0) %	CO (0 ppm)	H2S (0 ppm)
7.00 - 8.00	TUNEL 02	20.8	0	3	0
8.00 - 9.00	TUNEL 02	20.8	0	5	0
9.00 - 10.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0
10.00 - 11.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0
11.00 - 12.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0
12.00 - 13.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0
14.00 - 15.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0
15.00 - 17.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0

20.8 0 1 0

FECHA: 3/05/2021

F-I

LAPSO MEDIDO (hora)	CAMPO MONITORIA DO	EVALUACIÓN ATMOSFERICA			
		O2 (19-22)%	LEL(0) %	CO (0 ppm)	H2S (0 ppm)
7.00 - 8.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0
8.00 - 9.00	TUNEL 02	20.8	0	7	0
9.00 - 10.00	TUNEL 02	20.8	0	9	0
10.00 - 11.00	TUNEL 02	20.8	0	9	0
11.00 - 12.00	TUNEL 02	20.8	0	7	0
12.00 - 13.00	TUNEL 02	20.8	0	8	0
14.00 - 15.00	TUNEL 02	20.8	0	12	0
15.00 - 17.00	TUNEL 02	20.8	0	8	0

20.8 0 7.5 0

FECHA: 3/05/2021

F-II

LAPSO MEDIDO (hora)	CAMPO MONITORIA DO	EVALUACIÓN ATMOSFERICA			
		O2 (19-22)%	LEL(0) %	CO (0 ppm)	H2S (0 ppm)
7.00 - 8.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0
8.00 - 9.00	TUNEL 02	20.8	0	5	0
9.00 - 10.00	TUNEL 02	20.8	0	11	0
10.00 - 11.00	TUNEL 02	20.8	0	8	0
11.00 - 12.00	TUNEL 02	20.8	0	9	0
12.00 - 13.00	TUNEL 02	20.8	0	8	0
14.00 - 15.00	TUNEL 02	20.8	0	6	0
15.00 - 17.00	TUNEL 02	20.8	0	6	0

20.8 0 6.625 0

FECHA: 4/05/2021

F-I

LAPSO MEDIDO (hora)	CAMPO MONITORIA DO	EVALUACIÓN ATMOSFERICA			
		O2 (19-22)%	LEL(0) %	CO (0 ppm)	H2S (0 ppm)
7.00 - 8.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0
8.00 - 9.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0

FECHA: 4/05/2021

F-II

LAPSO MEDIDO (hora)	CAMPO MONITORIA DO	EVALUACIÓN ATMOSFERICA			
		O2 (19-22)%	LEL(0) %	CO (0 ppm)	H2S (0 ppm)
7.00 - 8.00	TUNEL 02				
8.00 - 9.00	TUNEL 02				

9.00 - 10.00	TUNEL 02				
10.00 - 11.00	TUNEL 02				
11.00 - 12.00	TUNEL 02				
12.00 - 13.00	TUNEL 02				
14.00 - 15.00	TUNEL 02				
15.00 - 17.00	TUNEL 02				

20.8 0 0 0

FECHA: 5/05/2021

F-I

LAPSO MEDIDO (hora)	CAMPO MONITORIA DO	EVALUACIÓN ATMOSFERICA			
		O2 (19-22)%	LEL(0) %	CO (0 ppm)	H2S (0 ppm)
7.00 - 8.00	TUNEL 02	20.8	0	2	0
8.00 - 9.00	TUNEL 02	20.6	0	10	0
9.00 - 10.00	TUNEL 02	20.4	0	4	0
10.00 - 11.00	TUNEL 02	20.4	0	7	0
11.00 - 12.00	TUNEL 02	20.8	0	6	0
12.00 - 13.00	TUNEL 02	20.7	0	13	0
14.00 - 15.00	TUNEL 02	20.8	0	7	0
15.00 - 17.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0

20.6625 0 6.125 0

FECHA: 6/05/2021

F-I

LAPSO MEDIDO (hora)	CAMPO MONITORIA DO	EVALUACIÓN ATMOSFERICA			
		O2 (19-22)%	LEL(0) %	CO (0 ppm)	H2S (0 ppm)
7.00 - 8.00	TUNEL 02	20.8	0	4	0
8.00 - 9.00	TUNEL 02	20.8	0	7	0
9.00 - 10.00	TUNEL 02	20.4	0	10	0
10.00 - 11.00	TUNEL 02	20.7	0	5	0
11.00 - 12.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0
12.00 - 13.00	TUNEL 02	20.8	0	5	0
14.00 - 15.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0
15.00 - 17.00	TUNEL 02				

20.728571 4 0 4.428571 43 0

FECHA: 7/05/2021

F-I

LAPSO MEDIDO (hora)	CAMPO MONITORIA DO	EVALUACIÓN ATMOSFERICA			
		O2 (19-22)%	LEL(0) %	CO (0 ppm)	H2S (0 ppm)
7.00 - 8.00	TUNEL 02	20.6	0	5	0
8.00 - 9.00	TUNEL 02	20.4	0	7	0
9.00 - 10.00	TUNEL 02	20.8	0	10	0
10.00 - 11.00	TUNEL 02	20.7	0	6	0
11.00 - 12.00	TUNEL 02	20.8	0	7	0
12.00 - 13.00	TUNEL 02	20.8	0	6	0
14.00 - 15.00	TUNEL 02	20.8	0	6	0
15.00 - 17.00	TUNEL 02	20.8	0	4	0

20.7125 0 6.375 0

FECHA: 8/05/2021

F-I

EVALUACIÓN ATMOSFERICA					
------------------------	--	--	--	--	--

9.00 - 10.00	TUNEL 02				
10.00 - 11.00	TUNEL 02				
11.00 - 12.00	TUNEL 02				
12.00 - 13.00	TUNEL 02	20.8	0	8	0
14.00 - 15.00	TUNEL 02	20.8	0	9	0
15.00 - 17.00	TUNEL 02	20.8	0	7	0

20.8 0 8 0

FECHA: 5/05/2021

F-II

LAPSO MEDIDO (hora)	CAMPO MONITORIA DO	EVALUACIÓN ATMOSFERICA			
		O2 (19-22)%	LEL(0) %	CO (0 ppm)	H2S (0 ppm)
7.00 - 8.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0
8.00 - 9.00	TUNEL 02	20.8	0	6	0
9.00 - 10.00	TUNEL 02	20.8	0	9	0
10.00 - 11.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0
11.00 - 12.00	TUNEL 02	20.8	0	7	0
12.00 - 13.00	TUNEL 02	20.8	0	6	0
14.00 - 15.00	TUNEL 02	20.8	0	12	0
15.00 - 17.00	TUNEL 02				

20.8 0 5.714285 71 0

FECHA: 6/05/2021

F-II

LAPSO MEDIDO (hora)	CAMPO MONITORIA DO	EVALUACIÓN ATMOSFERICA			
		O2 (19-22)%	LEL(0) %	CO (0 ppm)	H2S (0 ppm)
7.00 - 8.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0
8.00 - 9.00	TUNEL 02	20.8	0	8	0
9.00 - 10.00	TUNEL 02	20.8	0	14	0
10.00 - 11.00	TUNEL 02	20.6	0	7	0
11.00 - 12.00	TUNEL 02	20.8	0	6	0
12.00 - 13.00	TUNEL 02	20.8	0	5	0
14.00 - 15.00	TUNEL 02	20.8	0	6	0
15.00 - 17.00	TUNEL 02				

20.771428 6 0 6.571428 57 0

FECHA: 7/05/2021

F-II

LAPSO MEDIDO (hora)	CAMPO MONITORIA DO	EVALUACIÓN ATMOSFERICA			
		O2 (19-22)%	LEL(0) %	CO (0 ppm)	H2S (0 ppm)
7.00 - 8.00	TUNEL 02	20.8	0	9	0
8.00 - 9.00	TUNEL 02	20.8	0	7	0
9.00 - 10.00	TUNEL 02	20.8	0	12	0
10.00 - 11.00	TUNEL 02	20.6	0	10	0
11.00 - 12.00	TUNEL 02	20.8	0	10	0
12.00 - 13.00	TUNEL 02	20.8	0	8	0
14.00 - 15.00	TUNEL 02	20.8	0	9	0
15.00 - 17.00	TUNEL 02	20.8	0	10	0

20.775 0 9.375 0

FECHA: 8/05/2021

F-II

EVALUACIÓN ATMOSFERICA					
------------------------	--	--	--	--	--

LAPSO MEDIDO (hora)	CAMPO MONITORIA DO	O2 (19-22)%	LEL(0) %	CO (0 ppm)	H2S (0 ppm)
7.00 - 8.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0
8.00 - 9.00	TUNEL 02	20.8	0	7	0
9.00 - 10.00	TUNEL 02	20.8	0	9	0
10.00 - 11.00	TUNEL 02	20.8	0	8	0
11.00 - 12.00	TUNEL 02	20.8	0	7	0
12.00 - 13.00	TUNEL 02	20.8	0	8	0
14.00 - 15.00	TUNEL 02	20.8	0	10	0
15.00 - 17.00	TUNEL 02	20.8	0	7	0

20.8 0 7 0

FECHA: 9/05/2021

F-I

LAPSO MEDIDO (hora)	CAMPO MONITORIA DO	EVALUACIÓN ATMOSFERICA			
		O2 (19-22)%	LEL(0) %	CO (0 ppm)	H2S (0 ppm)
7.00 - 8.00	TUNEL 02	20.8	0	7	0
8.00 - 9.00	TUNEL 02	20.8	0	9	0
9.00 - 10.00	TUNEL 02	20.8	0	8	0
10.00 - 11.00	TUNEL 02	20.8	0	6	0
11.00 - 12.00	TUNEL 02	20.8	0	10	0
12.00 - 13.00	TUNEL 02	20.8	0	8	0
14.00 - 15.00	TUNEL 02	20.8	0	10	0
15.00 - 14.00	TUNEL 02	20.8	0	8	0
14.00 - 17.00	TUNEL 02	20.8	0	9	0

20.8 0 8.333333 0

FECHA: 10/05/2021

F-I

LAPSO MEDIDO (hora)	CAMPO MONITORIA DO	EVALUACIÓN ATMOSFERICA			
		O2 (19-22)%	LEL(0) %	CO (0 ppm)	H2S (0 ppm)
7.00 - 8.00	TUNEL 02	20.4	0	5	0
8.00 - 9.00	TUNEL 02	20.2	0	9	0
9.00 - 10.00	TUNEL 02	20.8	0	2	0
10.00 - 11.00	TUNEL 02	20.6	0	4	0
11.00 - 12.00	TUNEL 02	20.4	0	5	0
12.00 - 13.00	TUNEL 02	20.5	0	7	0
14.00 - 15.00	TUNEL 02	20.3	0	8	0
15.00 - 14.00	TUNEL 02	20.4	0	5	0
14.00 - 17.00	TUNEL 02	20.6	0	6	0

20.47 0.00 5.67 0.00

FECHA: 12/05/2021

F-I

LAPSO MEDIDO (hora)	CAMPO MONITORIA DO	EVALUACIÓN ATMOSFERICA			
		O2 (19-22)%	LEL(0) %	CO (0 ppm)	H2S (0 ppm)
7.00 - 8.00	TUNEL 02	20.8	0	7	0
8.00 - 9.00	TUNEL 02	20.8	0	6	0
9.00 - 10.00	TUNEL 02	20.8	0	8	0
10.00 - 11.00	TUNEL 02	20.8	0	7	0
11.00 - 12.00	TUNEL 02	20.8	0	6	0

LAPSO MEDIDO (hora)	CAMPO MONITORIA DO	O2 (19-22)%	LEL(0) %	CO (0 ppm)	H2S (0 ppm)
7.00 - 8.00	TUNEL 02	20.8	0	1	0
8.00 - 9.00	TUNEL 02	20.6	0	5	0
9.00 - 10.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0
10.00 - 11.00	TUNEL 02	20.6	0	4	0
11.00 - 12.00	TUNEL 02	20.8	0	6	0
12.00 - 13.00	TUNEL 02	20.8	0	7	0
14.00 - 15.00	TUNEL 02	20.8	0	5	0
15.00 - 17.00	TUNEL 02				

20.742857 1 0 4 0

FECHA: 9/05/2021

F-II

LAPSO MEDIDO (hora)	CAMPO MONITORIA DO	EVALUACIÓN ATMOSFERICA			
		O2 (19-22)%	LEL(0) %	CO (0 ppm)	H2S (0 ppm)
7.00 - 8.00	TUNEL 02	20.6	0	5	0
8.00 - 9.00	TUNEL 02	20.4	0	8	0
9.00 - 10.00	TUNEL 02	20.3	0	9	0
10.00 - 11.00	TUNEL 02	20.2	0	10	0
11.00 - 12.00	TUNEL 02	20.5	0	6	0
12.00 - 13.00	TUNEL 02	20.6	0	7	0
14.00 - 15.00	TUNEL 02	20.6	0	5	0
15.00 - 17.00	TUNEL 02	20.6	0	5	0
14.00 - 17.00	TUNEL 02	20.8	0	7	0

20.511111 1 0 6.888888 0

FECHA: 10/05/2021

F-II

LAPSO MEDIDO (hora)	CAMPO MONITORIA DO	EVALUACIÓN ATMOSFERICA			
		O2 (19-22)%	LEL(0) %	CO (0 ppm)	H2S (0 ppm)
7.00 - 8.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0
8.00 - 9.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0
9.00 - 10.00	TUNEL 02	20.85	0	7	0
10.00 - 11.00	TUNEL 02	20.6	0	9	0
11.00 - 12.00	TUNEL 02	20.85	0	10	0
12.00 - 13.00	TUNEL 02	20.8	0	8	0
14.00 - 15.00	TUNEL 02	20.8	0	9	0
15.00 - 17.00	TUNEL 02	20.8	0	10	0
14.00 - 17.00	TUNEL 02				

20.7875 0 6.625 0

FECHA: 12/05/2021

F-II

LAPSO MEDIDO (hora)	CAMPO MONITORIA DO	EVALUACIÓN ATMOSFERICA			
		O2 (19-22)%	LEL(0) %	CO (0 ppm)	H2S (0 ppm)
7.00 - 8.00	TUNEL 02				
8.00 - 9.00	TUNEL 02				
9.00 - 10.00	TUNEL 02				
10.00 - 11.00	TUNEL 02				
11.00 - 12.00	TUNEL 02				

12.00 - 13.00	TUNEL 02	20.8	0	9	0
14.00 - 15.00	TUNEL 02	20.8	0	7	0
15.00 - 17.00	TUNEL 02	20.8	0	8	0

20.8 0 7.25 0

12.00 - 13.00	TUNEL 02				
14.00 - 15.00	TUNEL 02				
15.00 - 17.00	TUNEL 02				

#iDIV/0!

FECHA: 14/05/2021

F-I

LAPSO MEDIDO (hora)	CAMPO MONITORIA DO	EVALUACIÓN ATMOSFERICA			
		O2 (19-22)%	LEL(0) %	CO (0 ppm)	H2S (0 ppm)
7.00 - 8.00	TUNEL 02	20.8	0	1	0
8.00 - 9.00	TUNEL 02	20.6	0	5	0
9.00 - 10.00	TUNEL 02	20.6	0	6	0
10.00 - 11.00	TUNEL 02	20.5	0	8	0
11.00 - 12.00	TUNEL 02	20.8	0	8	0
12.00 - 13.00	TUNEL 02	20.4	0	10	0
14.00 - 15.00	TUNEL 02	20.5	0	6	0
15.00 - 17.00	TUNEL 02	20.4	0	7	0

20.575 0 6.375 0

FECHA: 14/05/2021

F-II

LAPSO MEDIDO (hora)	CAMPO MONITORIA DO	EVALUACIÓN ATMOSFERICA			
		O2 (19-22)%	LEL(0) %	CO (0 ppm)	H2S (0 ppm)
7.00 - 8.00	TUNEL 02	20.8	0	7	0
8.00 - 9.00	TUNEL 02	20.8	0	8	0
9.00 - 10.00	TUNEL 02	20.8	0	12	0
10.00 - 11.00	TUNEL 02	20.8	0	13	0
11.00 - 12.00	TUNEL 02	20.8	0	9	0
12.00 - 13.00	TUNEL 02	20.8	0	12	0
14.00 - 15.00	TUNEL 02	20.8	0	8	0
15.00 - 17.00	TUNEL 02	20.8	0	7	0

20.8 0 9.5 0

FECHA: 15/05/2021

F-I

LAPSO MEDIDO (hora)	CAMPO MONITORIA DO	EVALUACIÓN ATMOSFERICA			
		O2 (19-22)%	LEL(0) %	CO (0 ppm)	H2S (0 ppm)
7.00 - 8.00	TUNEL 02	20.8	0	8	0
8.00 - 9.00	TUNEL 02	20.8	0	7	0
9.00 - 10.00	TUNEL 02	20.8	0	6	0
10.00 - 11.00	TUNEL 02	20.8	0	8	0
11.00 - 12.00	TUNEL 02	20.8	0	9	0
12.00 - 13.00	TUNEL 02	20.8	0	8	0
14.00 - 15.00	TUNEL 02	20.8	0	7	0
15.00 - 14.00	TUNEL 02	20.8	0	8	0
14.00 - 17.00	TUNEL 02	20.8	0	7	0

20.8 0 7.555555 56 0

FECHA: 15/05/2021

F-II

LAPSO MEDIDO (hora)	CAMPO MONITORIA DO	EVALUACIÓN ATMOSFERICA			
		O2 (19-22)%	LEL(0) %	CO (0 ppm)	H2S (0 ppm)
7.00 - 8.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0
8.00 - 9.00	TUNEL 02	20.7	0	3	0
9.00 - 10.00	TUNEL 02	20.6	0	5	0
10.00 - 11.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0
11.00 - 12.00	TUNEL 02	20.7	0	5	0
12.00 - 13.00	TUNEL 02	20.6	0	9	0
14.00 - 15.00	TUNEL 02	20.6	0	8	0
15.00 - 17.00	TUNEL 02	20.8	0	2	0
14.00 - 17.00	TUNEL 02				

20.7 0 4 0

FECHA: 16/05/2021

F-I

LAPSO MEDIDO (hora)	CAMPO MONITORIA DO	EVALUACIÓN ATMOSFERICA			
		O2 (19-22)%	LEL(0) %	CO (0 ppm)	H2S (0 ppm)
7.00 - 8.00	TUNEL 02	20.6	0	5	0
8.00 - 9.00	TUNEL 02	20.5	0	7	0
9.00 - 10.00	TUNEL 02	20.4	0	8	0
10.00 - 11.00	TUNEL 02	20.8	0	6	0
11.00 - 12.00	TUNEL 02	20.8	0	5	0
12.00 - 13.00	TUNEL 02	20.7	0	9	0
14.00 - 15.00	TUNEL 02	20.6	0	10	0
15.00 - 17.00	TUNEL 02	20.8	0	2	0

20.65 0 6.5 0

FECHA: 16/05/2021

F-II

LAPSO MEDIDO (hora)	CAMPO MONITORIA DO	EVALUACIÓN ATMOSFERICA			
		O2 (19-22)%	LEL(0) %	CO (0 ppm)	H2S (0 ppm)
7.00 - 8.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0
8.00 - 9.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0
9.00 - 10.00	TUNEL 02	20.8	0	10	0
10.00 - 11.00	TUNEL 02	20.8	0	7	0
11.00 - 12.00	TUNEL 02	20.8	0	8	0
12.00 - 13.00	TUNEL 02	20.8	0	7	0
14.00 - 15.00	TUNEL 02	20.8	0	6	0
15.00 - 17.00	TUNEL 02	20.8	0	8	0

20.8 0 5.75 0

FECHA: 17/05/2021

F-I

LAPSO MEDIDO (hora)	CAMPO MONITORIA DO	EVALUACIÓN ATMOSFERICA			
		O2 (19-22)%	LEL(0) %	CO (0 ppm)	H2S (0 ppm)
7.00 - 8.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0

FECHA: 17/05/2021

F-II

LAPSO MEDIDO (hora)	CAMPO MONITORIA DO	EVALUACIÓN ATMOSFERICA			
		O2 (19-22)%	LEL(0) %	CO (0 ppm)	H2S (0 ppm)
7.00 - 8.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0

8.00 - 9.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0
9.00 - 10.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0
10.00 - 11.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0
11.00 - 12.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0
12.00 - 13.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0
14.00 - 15.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0
15.00 - 17.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0

20.8 0 0 0

8.00 - 9.00	TUNEL 02	20.8	0	9	0
9.00 - 10.00	TUNEL 02	20.8	0	9	0
10.00 - 11.00	TUNEL 02	20.8	0	10	0
11.00 - 12.00	TUNEL 02	20.8	0	9	0
12.00 - 13.00	TUNEL 02	20.8	0	8	0
14.00 - 15.00	TUNEL 02	20.8	0	7	0
15.00 - 17.00	TUNEL 02	20.8	0	10	0

20.8 0 7.75 0

FECHA: 18/05/2021

F-I

LAPSO MEDIDO (hora)	CAMPO MONITORIA DO	EVALUACIÓN ATMOSFERICA			
		O2 (19-22)%	LEL(0) %	CO (0 ppm)	H2S (0 ppm)
7.00 - 8.00	TUNEL 02	20.8	0	2	0
8.00 - 9.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0
9.00 - 10.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0
10.00 - 11.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0
11.00 - 12.00	TUNEL 02	20.8	0	3	0
12.00 - 13.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0
14.00 - 15.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0
15.00 - 14.00	TUNEL 02	20.8	0	3	0
14.00 - 17.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0

20.8 0 0.8888889 0

FECHA: 18/05/2021

F-II

LAPSO MEDIDO (hora)	CAMPO MONITORIA DO	EVALUACIÓN ATMOSFERICA			
		O2 (19-22)%	LEL(0) %	CO (0 ppm)	H2S (0 ppm)
7.00 - 8.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0
8.00 - 9.00	TUNEL 02	20.8	0	8	0
9.00 - 10.00	TUNEL 02	20.8	0	7	0
10.00 - 11.00	TUNEL 02	20.8	0	7	0
11.00 - 12.00	TUNEL 02	20.8	0	5	0
12.00 - 13.00	TUNEL 02	20.8	0	6	0
14.00 - 15.00	TUNEL 02	20.8	0	8	0
15.00 - 17.00	TUNEL 02	20.8	0	7	0
14.00 - 17.00	TUNEL 02				

20.8 0 6 0

FECHA: 19/05/2021

F-I

LAPSO MEDIDO (hora)	CAMPO MONITORIA DO	EVALUACIÓN ATMOSFERICA			
		O2 (19-22)%	LEL(0) %	CO (0 ppm)	H2S (0 ppm)
7.00 - 8.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0
8.00 - 9.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0
9.00 - 10.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0
10.00 - 11.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0
11.00 - 12.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0
12.00 - 13.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0
14.00 - 15.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0
15.00 - 17.00	TUNEL 02				

20.8 0 0 0

FECHA: 19/05/2021

F-II

LAPSO MEDIDO (hora)	CAMPO MONITORIA DO	EVALUACIÓN ATMOSFERICA			
		O2 (19-22)%	LEL(0) %	CO (0 ppm)	H2S (0 ppm)
7.00 - 8.00	TUNEL 02				
8.00 - 9.00	TUNEL 02				
9.00 - 10.00	TUNEL 02				
10.00 - 11.00	TUNEL 02				
11.00 - 12.00	TUNEL 02				
12.00 - 13.00	TUNEL 02				
14.00 - 15.00	TUNEL 02				
15.00 - 17.00	TUNEL 02				

FECHA: 22/05/2021

F-I

LAPSO MEDIDO (hora)	CAMPO MONITORIA DO	EVALUACIÓN ATMOSFERICA			
		O2 (19-22)%	LEL(0) %	CO (0 ppm)	H2S (0 ppm)
7.00 - 8.00	TUNEL 02	20.8	0	6	0
8.00 - 9.00	TUNEL 02	20.8	0	7	0
9.00 - 10.00	TUNEL 02	20.4	0	11	0
10.00 - 11.00	TUNEL 02	20.6	0	8	0
11.00 - 12.00	TUNEL 02	20.8	0	5	0
12.00 - 13.00	TUNEL 02	20.8	0	7	0
14.00 - 15.00	TUNEL 02	20.8	0	5	0
15.00 - 17.00	TUNEL 02	20.8	0	2	0

20.725 0 6.375 0

FECHA: 22/05/2021

F-II

LAPSO MEDIDO (hora)	CAMPO MONITORIA DO	EVALUACIÓN ATMOSFERICA			
		O2 (19-22)%	LEL(0) %	CO (0 ppm)	H2S (0 ppm)
7.00 - 8.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0
8.00 - 9.00	TUNEL 02	20.8	0	0	0
9.00 - 10.00	TUNEL 02	20.8	0	7	0
10.00 - 11.00	TUNEL 02	20.8	0	8	0
11.00 - 12.00	TUNEL 02	20.8	0	9	0
12.00 - 13.00	TUNEL 02	20.8	0	7	0
14.00 - 15.00	TUNEL 02	20.8	0	8	0
15.00 - 17.00	TUNEL 02	20.8	0	9	0

20.8 0 6 0

REGISTRO DE NIVELES DE AIRE (m/s)

FECHA \ HORA	2/05/2020	3/05/2020	4/05/2020	5/05/2020	6/05/2020	7/05/2020
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
10:00	1.5	1.5	1.2	1.3	1.2	1.4
14:00	1.2	1.4	1.1	1.5	1.1	1.7

FECHA \ HORA	2/05/2020	3/05/2020	4/05/2020	5/05/2020	6/05/2020	7/05/2020
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
10:00	1.5	1.4	1.3	1.4	1.3	1.4
14:00	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3

FECHA \ HORA	2/05/2020	3/05/2020	4/05/2020	5/05/2020	6/05/2020	7/05/2020
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
10:00	1.3	1.2	1.1	1	1	1
14:00	1.1	1	1	1.2	1.3	1.1

FECHA \ HORA	2/05/2020	3/05/2020	4/05/2020	5/05/2020	6/05/2020	7/05/2020
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
10:00	1.4	1.4	1.3	1.3	1.4	1.2
14:00	1.5	1.2	1.2	1.3	1.2	1.2

DIAS	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
PROMEDIO	1.375	1.3125	1.2	1.3	1.225	1.2875

CERTIFICADO DE CALIBRACION

TC-04292-2021

PROFORMA : 1481A Fecha de emisión: 2021-03-12

SOLICITANTE : **PERFOTUNEL SAC**
Dirección : AV. PASEO DE LA REPUBLICA NRO. 4648 DPTO. 1704 LIMA-LIMA-MIRAFLORES.

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : **DETECTOR DE GAS**
Marca : MSA
Modelo : ALTAIR 4X
N° de Serie : 00059333-A19E0

Tipos de Gases				
Gas:	C5H12	H2S	CO	O2
Rango:	0-100	0-200	0-1999	0-30
Resolución:	1	1	1	0,1
Unidades:	% LEL	ppm	ppm	%

Identificación : No Indica
Fecha de Calibración : 2021-03-12

LUGAR DE CALIBRACIÓN
Laboratorio de TEST & CONTROL S.A.C.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN
La calibración se realizó por comparación directa haciendo uso de una mezcla de gas patrón según procedimiento QU - 012 "Procedimiento de calibración de detectores de Gas de uno o mas componentes". CEM DE ESPAÑA.

CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	20,3 °C	20,4 °C
Humedad Relativa	54,1 %	55,1 %

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



Certificado de Calibración
TC-04292-2021

TRAZABILIDAD

Trazabilidad	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
N.I.S.T.	Gases de Referencia CH ₄ , O ₂ , CO, CO ₂ , H ₂ S	13556338 Lote 1225062

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Gas Patrón	Objetivo a Verificar	Clase de Exactitud	Promedio de Mediciones	Error	Incertidumbre de la medición
Pentano (C ₅ H ₁₂)	58% LEL	5%	58 %	0 %	1 %
Acido Sulfhídrico (H ₂ S)	20ppm	10%	20 %	0 %	1 %
Monóxido de Carbono (CO)	60 ppm	5%	60 ppm	0 ppm	1 ppm
Oxígeno (O ₂)	15%	5%	15,0 %	0,0 %	0,1 %

OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO



INFORME DE CALIBRACIÓN

LV - 035 - 2019



Departamento de Metrología
Laboratorio de Volumen-Flujo

Página 1 de 1

Solicitante : PERFORACIONES HORIZONTALES PERU S.A.C.
 Dirección : AV. PASEO DE LA REPUBLICA NRO. 4648
 DPTO. 1704 LIMA - LIMA - MIRAFLORES
 Instrumento de Medición : ANEMÓMETRO DIGITAL
 Alcance de Indicación : 0,4 m/s a 35 m/s (*)
 Resolución : 0,01 m/s
 Marca : TENMARS
 Modelo : TM-414
 Serie : 170501479
 Procedencia : NO INDICA
 Identificación : NO INDICA

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Método de Calibración
 Comparación Directa usando instrumentos patrones trazables a nacionales e internacionales certificadas.

Los resultados del presente documento, son válidos únicamente para el objeto calibrado y se refieren al momento y a las condiciones en que fueron ejecutadas las mediciones

Fecha de Calibración : 2019-10-17
 Lugar de Calibración : Laboratorios de Calibración de SIMCAL S.A.C

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a la ejecución de una nueva calibración a intervalos apropiados, la cual esta en función al uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Condiciones Ambientales

Temperatura	20,0 °C
Humedad Relativa	70 %

SIMCAL S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios del uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados del documento.

Patrones de Referencia

Anemómetro digital patrón TSI con certificado de calibración de serie P17170080 trazable al NIST- USA.

Resultados

Indicación (m/s)	Indicación Patrón VCV (m/s)	Corrección (m/s)	Incertidumbre (m/s)
1,00	0,94	-0,06	0,056
8,86	8,81	-0,05	0,074

Valor Convencionalmente Verdadero (VCV) = Indicación + Corrección

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la expresión de la incertidumbre en la Medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

El presente documento sin firma y sello carecen de validez.

Observaciones y notas

Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "PROX.CALIBRACIÓN".

El tiempo de estabilización por punto de calibración fue de 2 min

El resultado es el promedio de 3 mediciones realizadas.

(*) datos según el manual del fabricante

Victor Altamirano P.
 Servicio Técnico
 SIMCAL S.A.C.

Fecha de emisión: 2019-10-17

El presente Certificado de Calibración es válido sólo en su papel original, a condición que se muestre en su totalidad y no en forma parcial o fragmentada, excepto con autorización previa por escrito de SIMCAL S.A.C

MERY VERA VALDIVIESO
 Ing. Especialista en Impacto Ambiental
 CIP: 113924

CONSORCIO MIRAFLORES

Gilmer Calderón Abanto
 ING RESIDENTE DE OBRA
 CIP: 44985

Dirección: Av. Carlos Izaguirre 520 Of. 301-Los Olivos-Lima

Teléfono: 511-345-3862
 Web: www.simcalperu.com

FOTOGRAFIAS



Toma de datos con el detector de gas Altair 4X, Oxigeno 20.8 ppm, Túnel Liner 690 ml.



Toma de datos con el detector de gas Altair 4X, Oxigeno 20.8 ppm, CO 12 ppm, H2S 0 en el Túnel Liner 690 ml.



Toma de datos con el detector de gas Altair 4X, en el Túnel Liner 690 ml. Profundidad de 8 m.



Toma de datos con el Anemómetro, en el Túnel Liner 690 ml. Profundidad de 8 m.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

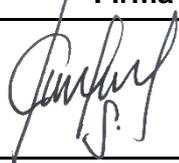
Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, Reyna Mandujano Samuel Carlos, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, Asesor de la Tesis titulada: "Evaluación de La Calidad del Aire con Sistema de Ventilación en el Túnel Liner Santa Anita Lima Perú 2021", del autor García Gómez Henry, constato que la investigación cumple con el índice de similitud establecido, y verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima, 28 de Setiembre de 2021

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
Reyna Mandujano Samuel Carlos DNI: 31662440 ORCID 0000-0002-0750-2877	

Código documento Trilce: 31792