



VICERRECTORADO ACADÉMICO

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

TESIS

**“APLICACIÓN DEL VENTILADOR AXIAL PARA LA
DILUCIÓN DE GASES PERNICIOSOS EN EL NIVEL 970
- UNIDAD PRODUCTIVA CARAHUACRA, VOLCAN
S.A.A. – 2018”**

Presentado por:

Bach. ESEO JOEL ALBITES VELASQUEZ

Para obtener el título profesional de:

INGENIERO DE MINAS

CERRO DE PASCO – PERÚ

2018

DEDICATORIA

A mi padre y madre, por el gran esfuerzo que hacen por educarme y todas mis amistades por sus consejos brindados.

AGRADECIMIENTO

Mis más cordiales agradecimientos a la Unidad Productiva Carahuacra - Volcan S.A.A. por haberme brindado la oportunidad para realizar mi tesis, por sus aportes y gran disposición en su apoyo incondicional con el desarrollo de esta tesis, así como su personal de dicha área.

Agradezco a la plana de docentes de la universidad ALAS PERUANAS por haberme brindado sus conocimientos en la formación de mi carrera profesional y el asesoramiento del ingeniero Carlos Rojas Victorio y de compartir todos sus conocimientos, experiencias de su profesión, consejos del cual me queda imitar su ejemplo de entrega y responsabilidad, por enseñarme a superarme diariamente, para ellos son estas palabras de agradecimiento. A mis familiares por haberme apoyado, constantemente. A mis compañeros de estudio por su apoyo incondicional.

RESÚMEN

La Unidad Productiva Carahuacra, Volcán S.A.A., posee problemas en el nivel 970, que se sumerge en la deficiencia de ventilación y la acumulación de gases perniciosos que están causando daños a los equipos y al trabajador. La investigación establece como objetivo general la aplicación del ventilador axial de 60000 CFM para la dilución de gases perniciosos para la mejora de la calidad y cantidad de aire en el nivel 970. Se trabaja también usando los instrumentos de acopio de datos adecuados, que en nuestro caso es el análisis documental aplicado a un análisis estadístico y contrastando las hipótesis. Se recalca que la información ha sido proporcionada por personal encargado del área de ventilación de la compañía minera Carahuacra – Volcan S.A.A. (fuente secundaria), así mismo se tiene una muestra de estudio 18 puntos de medición selectivos. Con resultado final se detalla la correlación que existe entre las variables de estudio, el caudal que genera el ventilador axial y a los gases perniciosos, habiendo una diferencia significativa, de disminución porcentual promedio de gases perniciosos del 21.513%, teniendo como medición inicial 34.323% y una medición final de 12.81%, luego de la aplicación del ventilador axial de 60000 CFM . Se analiza la concentración de monóxido de carbono y dióxido de carbono los cuales estos gases son muy perjudiciales para el trabajador estableciendo una relación antes y después la implementación del ventilador axial de 60000 CFM AIRTEC, el cual genera una disminución de la concentración de ambos gases dando resultados favorables y en concordancia con el DS.024-2016 EM. En el estudio de solamente se toma a los gases carbonoso y el gas anhídrido carbonoso como material de estudio ya que en minería existen una diversidad de gases, pero estos gases son los que generan una mayor problemática en el presente estudio.

Palabras claves: Ventilador, dilución, gases perniciosos.

ABSTRACT

The Production Unit of Carahuacra, S.A.A. Volcano, has problems at level 970, it is found in the deficiency of ventilation and the accumulation of gases that damage the equipment and the worker. The research is defined as the general objective the application of the axial fan of 60000 CFM for the dilution of pernicious gases for the improvement of the quality and the quantity of air in the 970 level. Case is the documentary analysis applied a statistical analysis and contrasting the hypothesis. The information has been provided by personnel in charge of the ventilation area of the mining company Carahuacra - Volcan S.A.A. (secondary source), likewise we have a sample of study 18 selective measuring points. The final result details the correlation that exists between the study variables, the flow generated by the axial fan and the pernicious gases, the difference between the pernicious gases average of 21,513%, and the initial objective of 34,323% and one measurement end of 12.81%, after the application of the axial fan of 60000 CFM. The concentration of carbon monoxide and carbon dioxide in which these are very harmful for the worker is analyzed, establishing a relationship before and after the implementation of the 60000 CFM AIRTEC axial fan, which generates a decrease in the concentration of both gases giving favorable results and concordance with the DS.024-2016 EM. In the study, only carbon gases and carbon dioxide gas are taken as the study material and that in mining there is a diversity of gases, but these gases are the most important response in the present study.

Keywords: Ventilator, dilution, pernicious gases.

SINTESIS

La presente tesis detalla la aplicación del ventilador axial para la dilución de gases perniciosos en el nivel 970 - Unidad Productiva Carahuacra, Volcan S.A. A. para ello se ha tomado una muestra de 18 puntos de medición subterráneos donde se ha aplicado la toma de datos de antes y después de la mejora de caudal, velocidad, gases dando resultados favorables para el sistema de ventilación. La reducción de gases perniciosos genera un mayor rendimiento en los trabajadores y la disminución de sufrir accidentes por gaseamiento.

Con la influencia del ventilador axial de 60000 CFM se logró cubrir el 92.3% del caudal requerido. También se ha podido ver un incremento del porcentaje de oxígeno (O₂) de 19.2% a 19.752% así como las disminuciones de la concentración del monóxido de carbono de 12.306 ppm a 2.7889 ppm y el dióxido de carbono inicial 971 ppm y luego se disminuyó a 723.89 ppm. En síntesis, se mejora las condiciones laborales de ambiente de trabajo gracias a la influencia del ventilador axial de 60000 CFM, donde se demuestra que se lleva una alta correlación con la dilución de gases perniciosos.

INDICE DE CONTENIDO

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Resumen.....	iv
Abstract.....	v
Síntesis.....	vi
Índice de contenido.....	vii
Índice de cuadros.....	xii
Índice de tablas.....	xiii
Índice de figuras.....	xv
Introducción.....	xvi

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	17
1.1.1. Geología Regional.....	19
1.1.2. Geológica Local.....	21
1.2. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
1.2.1 Formulación Delimitación Espacial.....	21
1.2.2. Delimitación Temporal.....	22
1.3. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	22
1.3.1. Problema General.....	22
1.3.2. Problema Específico.....	22
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
1.4.1. Objetivos Generales.....	23

1.4.2. Objetivos Específicos	23
1.5. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
1.5.1. Hipótesis General.....	24
1.5.2. Hipótesis Específico	24
1.6. VARIABLE DE LA INVESTIGACIÓN	24
1.6.1. Variable Independiente.....	24
1.6.2. Variable Dependiente	24
1.6.3. Operacionalización de Variables	24
1.7. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	25
1.7.1. Tipo de Investigación	25
1.7.2. Nivel de Investigación	25
1.7.3. Método de Investigación.....	25
1.7.4. Diseño de Investigación.....	25
1.8. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN	26
1.8.1. Población	26
1.8.2. Muestra	26
1.9. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	26
1.9.1. Técnicas	26
1.9.2. Instrumentos	27
1.10. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓ	27
1.10.1. Justificación	27
1.10.2. Importancia.....	28

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	29
--	----

2.1.1. A nivel internacional.....	29
2.1.2. A nivel nacional.....	32
2.2. BASES TEÓRICAS – CIENTÍFICAS	34
2.2.1. Ventilación subterránea	34
2.2.2. Tipos de Ventilación.....	36
2.2.3. Factores de la ventilación de mina.....	37
2.2.4. Gases de mina	40
2.2.5. Instrumentos para medir la ventilación.....	43
2.2.6. Calculo de requerimiento de aire	45
2.2.7. Sistemas de ventilación.....	47
2.2.8. Circuitos básicos de ventilación en minas	48
2.2.9. Caída de presión.	50
2.2.10. Pérdidas de Presión.....	50
2.2.11. Presiones en una mina	51
2.2.12. Clasificación de ventiladores	55
2.2.13. El ventilador Axial.....	58
2.2.14. Curva característica de un ventilador Axial.....	59
2.2.15. Ley de los ventiladores	60
2.2.16. Selección de un ventilador	62
2.2.17. Presión de fricción	63
2.2.18. Velocidad del flujo de aire.....	63
2.2.19. Potencia efectiva.....	63
2.2.20. Consumo de energía eléctrica	64
2.2.21. Aspectos financieros	64
2.2.22. Costos de operación.....	65

2.2.23. Costo de energía eléctrica (E).....	65
2.2.24. Aspectos prácticos del levantamiento de ventilación	66
2.2.25. Costos de ventilación en el tiempo	74
2.2.26. Costo de energía eléctrica (E).....	74
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	76

CAPÍTULO III

PROCESO DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS

3.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS	80
3.1.1. Hipótesis General.....	80
3.1.2. Hipótesis Específicas	88

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. CONFIABILIDAD Y VALIDACION DEL INSTRUMENTO.....	97
4.1.1. Confiabilidad del Instrumento	97
4.1.2. Validación del Instrumento.....	99
4.2. ANALISIS CUANTITATIVO DE LAS VARIABLES.....	100
4.3. PRUEBA DE NORMALIDAD	101

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

CONCLUSIONES	106
RECOMENDACIONES.....	108
FUENTE DE INFORMACIÓN.....	109
CITAS WEB	111
ANEXOS	112
Anexo 1. Matriz de Consistencia.....	113

Anexo 2. Instrumentos de recolección de datos	114
Anexo 3. Pruebas estadísticas en Spss Statistics versión 25.....	115
Anexo 4. Prueba para la campana de gauss	116
Anexo 5. Fotos del trabajo tomando mediciones.....	117
Anexo 6. Fotos del trabajo tomando mediciones.....	118
Anexo 7. Fotos de instrumentos de medición.....	119
Anexo 8. Software Airtec S.A. de generación de curvas.....	120
Anexo 9. Curvas específicas del ventilador de 60000 CFM usando software Airtec S.A.....	121
Anexo 10. Plano vista de planta NV. 970 – U.P. Carahuacra	122
Anexo 11. Plano Unifilar U.P. Carahuacra.....	123

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Operacionalización de Variable Independiente.	24
Cuadro 2. Operacionalización de Variable Dependiente	25
Cuadro 3. Tabla Tabachnick.....	83

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla del Coeficiente de Fricción (K).	53
Tabla 2. Longitud de las labores entre estaciones.....	67
Tabla 3. Cálculo de las áreas y perímetro de cada estación.....	68
Tabla 4. Cantidad de personas.	69
Tabla 5. Caudal necesario para las personas.....	69
Tabla 6. Caudal aire para equipo diésel.....	70
Tabla 7. Cantidad de explosivos.	71
Tabla 8. Caudal para dilución de contaminantes.	71
Tabla 9. Caudal total.....	71
Tabla 10. Balance de flujos de aire entrada y salida.....	72
Tabla 11. Caudales hallados en cada sección.	73
Tabla 12. Calculo Caída de presión.	73
Tabla 13. Costos de ventilación en el tiempo.	74
Tabla 14. Cálculo de la potencia (P).....	75
Tabla 15. Tiempo efectivo de operación (TE).....	75
Tabla 16. Costo de la energía eléctrica (E).....	75
Tabla 17. Datos para Contratación de Hipótesis.....	79
Tabla 18. Matriz de Análisis Datos del nivel 970 – Unidad Productiva Carahuacra, Volcan S.A.A. – 2018.	80
Tabla 19. Prueba de Normalidad para Hipótesis General.....	81
Tabla 20. Prueba de Normalidad vs significancia.	81
Tabla 21. Prueba de correlación de las variables.....	82
Tabla 22. Descriptiva del ventilador axial y los gases perniciosos.....	84
Tabla 23. Correlaciones de muestras emparejadas.	85
Tabla 24. Prueba de T- Student para Hipótesis General.....	86

Tabla 25. Prueba Estadística gases perniciosos inicialmente y gases perniciosos luego de la influencia del ventilador axial.	87
Tabla 26. Prueba de Normalidad para Hipótesis específica 1.	89
Tabla 27. Prueba de T- Student para Hipótesis Especifica 1.....	90
Tabla 28. Tabla de muestras Emparejadas y Medias para Hipótesis Especifica 1.	91
Tabla 29. Prueba de Normalidad para hipótesis Especifica 2.....	93
Tabla 30. Prueba T Student para Hipótesis específica 2.....	94
Tabla 31. Muestras Emparejadas y Medias para Hipótesis específica 2.	95
Tabla 32. División de muestra para método Split halves	98
Tabla 33. Análisis Cuantitativo porcentaje de gases pernicioso medición inicio y final.....	100
Tabla 34. Tabla descriptivos ventilador axial y gases perniciosos.	101
Tabla 35. Prueba de Normalidad para Hipótesis General.....	102
Tabla 36. Prueba de Normalidad para Hipótesis específica 1.	103
Tabla 37. Prueba de Normalidad para hipótesis Especifica 2.....	103

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plano Geológico Unidad Productiva Carahuacra – Volcan S.A.A.	20
Figura 2. Plano ubicación Unidad Productiva Carahuacra – Volcan S.A.A.	22
Figura 3. Diseño de Investigación	26
Figura 4. Cargos equivalentes en pies (le) para varias fuentes de pérdida por choque. .	54
Figura 5. Ventilador axial	56
Figura 6. Ventilador centrifugo.	56
Figura 7. Esquema de ventiladores principales, secundarios y auxiliares.	58
Figura 8. Curvas características del ventilador.	60
Figura 9. Correlación ventilador axial vs gases perniciosos.	85
Figura 10. Campana de Gauss para Hipótesis General.	86
Figura 11. Comparativos de gases perniciosos inicialmente y al final	87
Figura 12. Campana de Gauss para Hipótesis Específica N° 1	90
Figura 13. Comparativo de monóxido de carbono inicial y monóxido de carbono final.	91
Figura 14. Campana de Gauss para Hipótesis Específica N° 2	94
Figura 15. Comparativo de dióxido de carbono inicial y dióxido de carbono final.	95
Figura 16 Método de Mitades Partidas (split-haves).	97
Figura 17. Grado de correlación para ambos grupos 1.	98
Figura 18. Grado de correlación para ambos grupos 2.	99
Figura 19. Interpretación del coeficiente de confiabilidad.	99

INTRODUCCIÓN

La Unidad Productiva Carahuacra, Volcan S.A.A. en las labores del nivel 970, tajo de producción se genera una persistencia de aire viciado que generan un agotamiento repentino en trabajadores y fallas en los equipos que evitan desempeñarse con eficiencia, debido a la profundidad del nivel, la causa inmediata a esto, es la falta de un adecuado ventilador que no inyecta la cantidad suficiente de aire para evitar el agotamiento del personal y fallas en los equipos debido a la alta concentración de gases perniciosos que no son diluidos y causan problemas a la salud. El no cumplimiento de los reglamentos, normas y consignas podrían generar accidentes y enfermedades ocupacionales en los trabajadores para esto se hará uso del ventilador axial y técnicas de medición que demuestren y den solución a estos problemas. El trabajo de investigación se divide en cinco capítulos, el primer y segundo capítulo basado en la teoría, describe la realidad problemática, delimitación, formulación de problemas, objetivos e hipótesis de la investigación, Operacionalización de variables, tipo y nivel de investigación, método y diseño, técnicas e instrumentación, población, muestra, justificación e importancia. Además, se da alcances de los antecedentes de investigación, marco histórico, marco teórico y glosario de términos y aspectos de toma de datos.

Por su lado, la parte los capítulos terceros, cuarto y quinto están basados al análisis estadístico, así mismo se explica el desarrollo de la investigación, confiabilidad, validación de los instrumentos. Análisis cuantitativo de las variables y pruebas de normalidad. Y como parte final, la contrastación de hipótesis aplicando un sistema de test estadístico que dará confiabilidad a nuestra investigación, para luego proceder al análisis respectivo, llegando a la interpretación de resultados y finalizando en la discusión, conclusión y recomendación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

En todo tipo de trabajo que involucre excavaciones subterráneas ya se ha para la creación de túneles, extracción de minerales u otro tipo de finalidad donde se tenga que usar equipos mecánicos, productos químicos y seres vivos es de suma importancia suministrar aire limpio con el más mínimo de contaminantes para realizar correctamente cualquier tipo de labor subterránea en cualquier parte del mundo en que nos encontremos, en países de Latinoamérica estas políticas concernientes a minería subterránea son muy controlados optando políticas y normas de límites máximos permisibles de calidad y cantidad de aire que debe ingresar a una mina, hoy por hoy en la minería moderna implica la utilización de equipos diésel de bajo perfil, el uso de explosivos, personal de trabajo y diversos factores los cuales generan una gran cantidad de gases nocivos a la salud esto también incluyendo los mismos gases y polvo que se genera de forma natural en la minería, el Perú es un país eminentemente minero que también en conformidad

a estos factores adopta estas normas basándose a su reglamento de seguridad y salud ocupacional, D.S N°. 024 – 2016 - EM, previniendo y controlando accidentes que podrían generar el daño al ser humano, al medio ambiente y procesos de trabajo. En la Unidad Productiva Carahuacra - Volcán S.A.A. no es ajena a esto para esto la ventilación minera es de suma importancia para mejorar y controlar la calidad de aire, redundara en beneficio de la salud de los trabajadores mineros y el funcionamiento óptimo de los equipos mineros y la preservación de los materiales e insumos para el desarrollo de la actividad minera. La empresa minera ha establecido políticas de acercamiento hacia los trabajadores a fin de establecer facilidades que permitan continuar con las operaciones, optando por el modelo de la responsabilidad con el reglamento de seguridad y salud ocupacional, estableciendo de este modo un plan de ventilación adecuada para una evaluación desde una perspectiva nacional.

La Unidad Productiva Carahuacra, Volcan S.A.A. en las labores del nivel 970, tajo de producción se genera una persistencia de aire viciado que generan un agotamiento repentino en trabajadores y fallas en los equipos que evitan desempeñarse con eficiencia, debido a la profundidad del nivel, la causa inmediata a esto es la falta de un adecuado ventilador que no inyecta la cantidad suficiente de aire para evitar el agotamiento del personal y fallas en los equipos debido a la alta concentración de gases nocivos que no son diluidos y causan problemas a la salud, el no cumplimiento de los reglamentos, normas y consignas podrían generar accidentes y enfermedades ocupacionales en los trabajadores si no se da una solución lo más inmediato posible. Para solucionar este problema se propone hacer una evaluación del circuito del ventilación para esto se observa que existen tres ingresos de aire fresco natural en la mina, uno por la RP - 572, RB -

1945 o pique Huaripampa y bocamina del nivel 820, los cuales abastecen de aire en la mayoría de labores aprovechando el flujo de aire natural, pero a pesar de esto se está generando problemas de ventilación de lo mencionado anteriormente en el nivel- 970, en los tajeos, veta Mary el cual retrasa el ciclo de minado, para dar una solución inmediata y poder tener un buen flujo de ventilación primero se instaló un ventilador axial de 60 000 CFM ubicado en la RB - 629 este aire ingresara por el BP - 574 E y GL - 580 E, hacia el tope de la labor en avanzada, que inyecta aire fresco con dirección a los tajos, generando un buen flujo de aire, por otro lado, el aire viciado se evacuará por el mismo recorrido ya que la explotación será por el método de corte y relleno ascendente, este aire se diluirá cuando entre en contacto con el flujo de aire de la RP - 850 (+) generada por la depresión del RB - 838 ubicada en el nivel 1020 (Extracción) que es succionado por un ventilador marca AIRTEC de 60 000 CFM en el exterior. Con la instalación de este ventilador se da solución, mejorando la calidad de aire y el rendimiento de equipos y trabajadores.

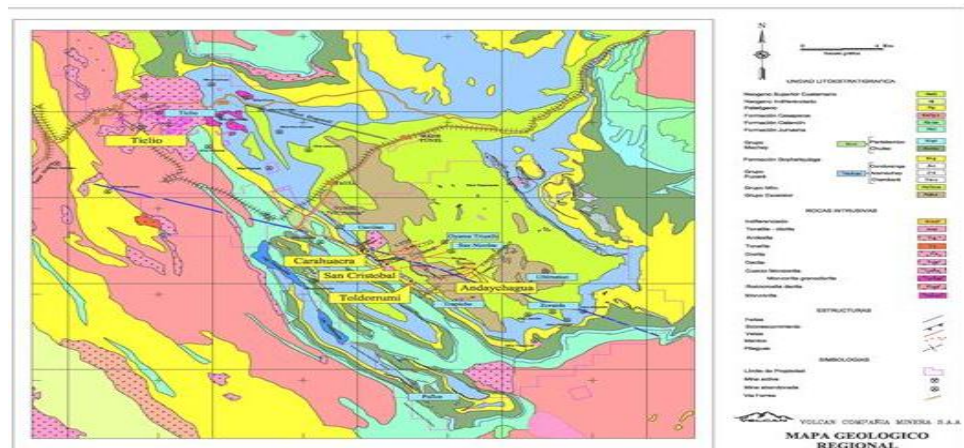
1.1.1 Geología Regional

El distrito minero de Yauli está localizado en la parte Sur Oeste de una amplia estructura regional del Domo que cubre los distritos de Morococha, San Cristóbal y Andaychagua, reciben el nombre de Domo de Yauli, representa la formación Paleozoicas dentro de la faja intracordillerana de formaciones Mesozoicas. El Paleozoico está formado por el grupo Excélsior y el grupo Mítu; el Excélsior está aflorando a lo largo del anticlinal de Chumpe en la parte Oeste del Domo y un anticlinal hacia el Este y el Mítu aflora en la mayor parte del Domo. La mina Carahuacra se ubica en el flanco Este de la Cordillera de los

Andes Centrales del Perú, a una altitud promedio de 4700 m.s.n.m. La región se caracteriza por un marcado intemperismo de las formaciones geológicas que han determinado una topografía abrupta. La morfología en la zona presenta relieves accidentados sus pendientes elevadas en zonas rocosas.

Litológicamente las rocas afloran en el área están comprendidas en edades del Paleozoico Inferior, Cretáceo Medio, Terciario y depósitos del Cuaternario. Los Intrusivos de composición intermedia y básicos han cortado enteramente la secuencia estratigráfica del anticlinal de Chumpe dando origen a la mineralización, se encuentra rellenando tanto fracturas de tensión y cizallamiento en el núcleo, flancos del pliegue de Chumpe 0011-0910-72-0100083816 como también remplazando capas calcáreas en el flanco Occidental de la misma estructura.

Estructuralmente las fallas y fracturas transversales al Domo de Yauli fueron importantes para los depósitos tipo vetas y cuerpos los que están localizados en fallas normales con rumbo general Noreste-Suroeste y Noroeste-Sureste respectivamente, ver figura 1.



Fuente: <https://www.google.com/search?q=mapa+de+carahuacra&hl=es&source>.
 Figura 1 Plano Geológico Unidad Productiva Carahuacra – Volcan S.A.A.

1.1.2 Geológica Local

La Unidad Productiva Carahuacra se localizan dentro del Anticlinal de Chumpe, cuyo eje se alinea en dirección 45° hacia el Norte y hacia el Sur donde se encuentran las vetas Mary, ML, Yanina están emplazadas en las filitas Excelsior, volcánicos Mitu, calizas Pucará e Intrusivo Carahuacra.

1.2. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

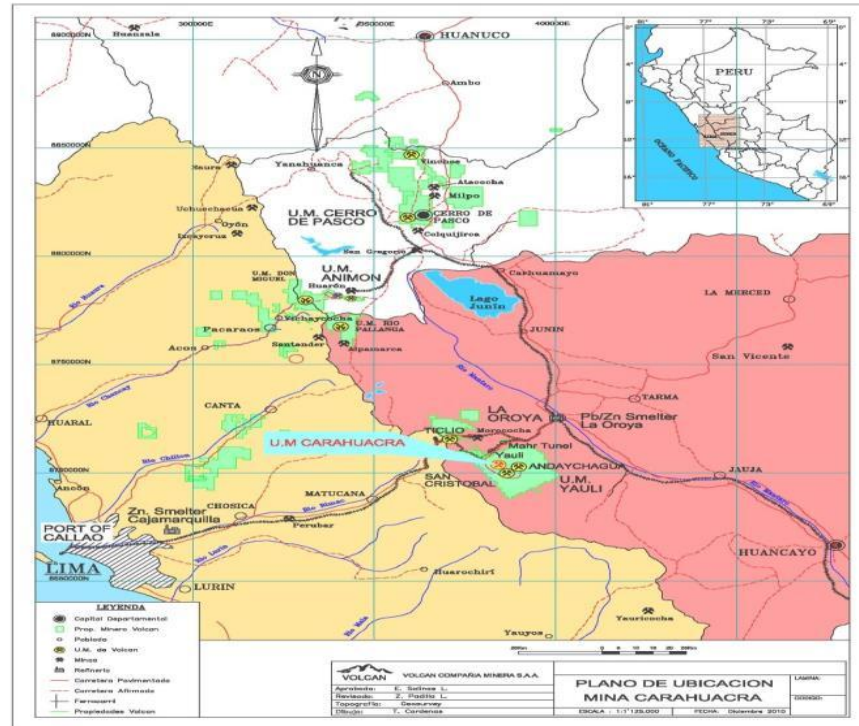
1.2.1. Formulación Delimitación Espacial

La Unidad Productiva Carahuacra se encuentra en el distrito y provincia de Yauli, departamento de Junín, en el flanco oriental de la Cordillera Occidental de los Andes Centrales del Perú, a 110 km en línea recta de la ciudad de Lima. Sus coordenadas geográficas son $76^\circ 05'$ de longitud oeste y $11^\circ 43'$ latitud sur, la altitud media del distrito es de 4,550 metros sobre el nivel del mar, ver figura 2.

El acceso a la Unidad se realiza por vía terrestre por la carretera central, desde:

Lima – Ticlio – Pachachaca - Yauli – Carahuacra.

Huancayo – Jauja – La Oroya – Yauli – Carahuacra.



Fuente: Departamento de topografía Unidad Productiva Carahuacra.
 Figura 2 Plano ubicación Unidad Productiva Carahuacra – Volcan S.A.A.

1.2.2. Delimitación Temporal

El estudio de la investigación se ejecuta en el periodo de octubre del 2017 hasta junio del 2018.

1.3. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.3.1. Problema General

¿La aplicación del ventilador axial permitirá la dilución de gases perniciosos en el nivel 970 - Unidad Productiva Carahuacra, Volcan S.A.A. - 2018?

1.3.2. Problemas Específicos

¿Cómo influye el caudal de aire en la concentración de gas carbonoso en el nivel 970 - Unidad Productiva Carahuacra, Volcan S.A.A. - 2018?

¿Cómo influye el caudal de aire en la concentración de gas anhídrido carbonoso en el nivel 970 - Unidad Productiva Carahuacra, Volcan S.A.A. -2018?

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Hoy las empresas mineras trabajan buscando la mejora continua de toda su área, en lo cual cada área plantea una serie de soluciones a diversos problemas, no obstante, el área de ventilación, busca y mejora nuevas tecnologías y métodos que puedan ayudar a enfocarse a los principios de rentabilidad apostando por la mejora de un buen ambiente de calidad, al buscar la mejora de calidad de aire en los ambientes de trabajo. De esta manera la presente investigación tiene objetivos claros de mejora, por ende, lo siguiente:

1.4.1. Objetivos Generales

Probar que la aplicación del ventilador axial permite dilución de gases perniciosos en el nivel 970 - Unidad Productiva Carahuacra, Volcan S.A.A. - 2018.

1.4.2. Objetivos Específicos

Determinar la influencia de caudal de aire en la concentración de gas carbonoso en el nivel 970 - Unidad Productiva Carahuacra, Volcan S.A.A. - 2018.

Establecer la influencia del caudal de aire en la concentración de gas anhídrido carbonoso el nivel 970 - Unidad Productiva Carahuacra, Volcan S.A.A. - 2018.

1.5. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

Consideramos ciertas afirmaciones como las más adecuadas para la presente investigación y son:

1.5.1. Hipótesis General

La aplicación del ventilador axial permitirá la dilución de gases perniciosos en el nivel 970 - Unidad Productiva Carahuacra, Volcan S.A.A. - 2018.

1.5.2. Hipótesis Específicas

El caudal de aire disminuye la concentración de gas en el nivel 970 - Unidad Productiva Carahuacra, Volcan S.A.A - 2018.

El caudal de aire disminuye la concentración de gas anhídrido carbonoso en el nivel 970 - Unidad Productiva Carahuacra, Volcan S.A.A -2018.

1.6. VARIABLE DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. Variable Independiente

Aplicación del ventilador axial.

1.6.2. Variable Dependiente

Dilución de gases perniciosos en el nivel 970 - Unidad Productiva Carahuacra, Volcan S.A.A. – 2018.

1.6.3. Operacionalización de Variables

La operacionalización de la variable independiente se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Operacionalización de Variable Independiente.

Variable	Dimensión	Indicadores	Índice
Ventilador Axial	Caudal de aire	m ³ /min	1699.0107

Fuente: Elaboración propia

La operacionalización de la variable dependiente se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Operacionalización de Variable Dependiente

Variable	Dimensión	Indicadores	Índices
Gases Perniciosos	Gas carbonoso	Partes por millón (ppm)	<0-25]
	Gas anhídrido carbonoso	Partes por millón (ppm)	<0-5000]

Fuente: Elaboración propia.

1.7. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1. Tipo de Investigación

Según el tipo de investigación que utilizaremos en la investigación se adapta en cuanto a la naturaleza que se persigue es una investigación aplicada, esta investigación es correlacional, usando datos recolectados del mapeo de ventilación tomado.

1.7.2. Nivel de Investigación

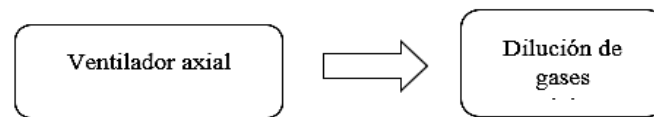
El nivel de investigación es correccional.

1.7.3. Método de Investigación

El método de investigación utilizado es el método cuantitativo, siendo estadístico y experimental.

1.7.4. Diseño de Investigación.

El diseño que utilizamos en la investigación es de carácter experimental. El manejo de la variable independiente ya que podemos manipular de manera intencional así mismo es prospectivo y longitudinal diseño es el siguiente, (ver figura 3).



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. Diseño de Investigación

1.8. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

1.8.1. Población

El nivel 970 - Unidad Productiva Carahuacra, Volcan S.A.A. - 2018.

1.8.2. Muestra

En el caso de nuestra investigación las muestras serán las labores en el nivel 970, TJ 500E, TJ 500 W, TJ 510 w x AC737 haciendo un total de 3 tajeos y accesos que fueron sometidos a estudio para muestra con 18 estaciones de medición.

La elección de la muestra es selectiva No probabilística, la cual depende del proceso de toma de decisiones de los investigadores.

Sampieri R. (2010), “Metodología de la Investigación, 5ta edición” menciona:

“En las muestras no probabilísticas, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación... el procedimiento no es mecánico ni con base a fórmulas de probabilidad”. (p.176).

1.9. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

1.9.1. Técnicas

La técnica de recolección de datos es en base en el análisis documentario de la información el nivel 970 - Unidad Productiva

Carahuacra, Volcán S.A.A., procesado durante los periodos 2017 al 2018.

1.9.2. Instrumentos

El instrumento que hemos utilizado para la recolección de datos es la matriz de análisis de datos, actividad que requiere el procesamiento estadístico riguroso.

1.10. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

1.10.1. Justificación

Se encuentra con la necesidad de aplicación los instrumentos de investigación para recopilar datos, con lo cual se puede ser extensivo a las demás unidades de producción minera del país que aluden este problema sobre la aplicación del ventilador axial para mejorar la calidad de aire en las labores de operación así como sucede en el nivel 970 - Unidad Productiva Carahuacra, Volcán S.A.A. nace ante la necesidad de dar celeridad a la Solución en el mejoramiento de las ventilación, así logrando un ambiente seguro para el personal que labora en interior mina. Al profundizar los trabajos de producción se da la deficiencia de ventilación, puesto que la ventilación natural que se está usando no está cumpliendo con lo requerido de acuerdo al número de personas, de equipos diésel, gases de voladura y a las altas temperaturas que existe en el nivel 970 en particularmente en los tajeos de producción. Se propone cuatro razones por las que se debe proveer un correcto flujo de ventilación de aire en las labores de mina:

- ✓ Administrar de oxígeno para la respiración de los trabajadores.
- ✓ Para diluir y atizar gases nocivos dentro de mina.

- ✓ Para diluir y disminuir las concentraciones de polvo suspendido.
- ✓ Mermar las temperaturas en las labores dentro de mina.

En acuerdo con la reglamentación de la Ley General de Minería y el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional DS N° 024-2016-EM establece:

Artículo 246°. - El titular de la actividad minera velará por el suministro de aire limpio a las labores de trabajo de acuerdo a las necesidades del trabajador de los equipos diésel y para evacuar los gases, humos y polvo suspendido que pudieran afectar la salud del trabajador, así como para mantener condiciones termo- ambientales confortables.

1.10.2. Importancia

El uso de ventiladores industriales es importante debido a que se relaciona a con la necesidad de inyectar aire fresco en la mina cuando el aire de flujo natural no llega a ciertas profundidades y es necesario a la vez para disminuir gases tóxicos que puedan encontrarse, así como la necesidad de hacer ingresar suficiente oxígeno para la vida, no dejando de lado la importancia de administrar de forma adecuada los recursos. Sabiendo todo lo mencionada líneas arriba, es importante la pronta aplicación del ventilador axial en el nivel 970 - Unidad Productiva Carahuacra, Volcán S.A.A. en este sistema de ventilación para mejorar la calidad en los ambientes de labor, así como influir en la salud y seguridad del trabajador beneficiándose significativamente.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 A nivel internacional

Chuctaya (2014). Titulado: “Optimización de los circuitos de ventilación secundaria para los periodos 2012-2016, Mina Inca-Disal Codelco-Chile”. Para esta tesis se formuló los siguientes objetivos:

CODELCO Chile-División Salvador tiene como compromiso el mantener un buen control en el ambiente minero subterráneo, dentro de los límites permisibles de calidad, cantidad, temperatura y humedad del aire, para asegurar la vida, salud y desarrollo de sus trabajadores y el buen funcionamiento de los equipos, por ende, está actualmente en un plan de actualización y calibrado del modelo de ventilación, para los circuitos de ventilación de la mina subterránea. Se tomarán consideraciones según el área activa y puntos de extracción con su incorporación de los nuevos sectores, se optimizará la cantidad de aire en todas aquellas áreas donde no lo requieran, apuntando a disminuir las

pérdidas de este valioso recurso. Además, son calculados los requerimientos máximos de aire al interior mina en base a información del área de ventilación. Finalmente es realizado un análisis de Control de Perdidas en la Ventilación de la mina Inca, para optimizar la Ventilación principal y secundaria, buscando utilizar de la mejor manera el aire que circula en la mina.

Novitzky (1962). Tesis titulada: “Ventilación de Minas – Ventiladores para minas, acondicionamiento del aire subterráneo y salvamento”. Para esta tesis se formuló los siguientes objetivos:

Se considera lo fundamental las propiedades físicas del aire y aerodinámica minera, dentro de ello tenemos las propiedades físicas del aire y parámetros básicos del aire, en lo cual se considera que en la ventilación de minas se utiliza el peso específico estándar P.E. = 1.2 kg./m³; que es el peso de 1 m³ de aire, con la presión de 1 atm; temperatura de 15° y la humedad de 60 %, las resistencias de las labores mineras al movimiento de aire se divide en arbitrariamente en 3 tipos como resistencia de rozamiento de aire contra las paredes de la labor y de las partículas entre sí, resistencias locales y resistencias frontales.

Centeno, G. (2011). Tesis titulada: “Evaluación de ventilación puntual y mecánica que influye en el sistema de ventilación de galería 636w nivel 1950 mina Colpa Arequipa 2011”. Menciona resultados:

En sus conclusiones N° 1 y 3, indica: “Conclusión N° 1, Respecto con la evaluación de ventilación natural en la galería de extracción de acuerdo con los datos obtenidos de caudal promedio es de 165.m3/min con una velocidad promedio de 50.28 m/min se observa que está dentro

del reglamento de seguridad y Salud Ocupacional por tanto mejora a la ventilación forzada. Conclusión N° 3, El caudal requerido de acuerdo a los parámetros es de 24 con un diámetro de manda de 22 pulgadas, con lo cual se mejorará notablemente la ventilación en dicha Galería proyectada viendo indicadores estadísticos”.

Corvalan & López (2016). Tesis titulada: “Metodología de ventilación auxiliar para desarrollos ciegos”. Para esta tesis se formuló los siguientes Resultados:

La investigación presenta un método de ventilación para una situación tipo, específicamente un desarrollo ciego. Se necesita planificar y enfocar recursos para que esta situación cambie lo más favorablemente, para el bienestar de las personas que trabajen. Para poder promover nuestro proyecto en primer lugar tuvimos que entender las generalidades del aire al interior de una mina subterránea como su origen, composición, clasificación, origen de polvos, entre otros. Ya conociendo la base de la ventilación, como concepto principal, el aire, procedemos a identificar el siguiente concepto. La ventilación: Como se produce, los métodos y tipos de ventilación, principios, teorías y leyes. Una vez asumiendo los conceptos de aire y ventilación como principales, se deriva a conocer e investigar los equipos; Ya sea ventiladores, ductos y mangas, conociendo sus características, diferencias y fortalezas de cada uno, para saber cuál se desenvuelve de mejor manera en distintas circunstancias que se presenten. Con toda esta información se llevó a crear un proyecto tipo, ficticio de ventilación, para un desarrollo ciego, con datos reales de mina el Toqui.

2.1.2 A nivel nacional

Mallqui (2006). Tesis titulada: “Ventilación de Minas”. Para esta tesis se formuló lo siguiente:

El trabajo de ventilación de minas tiene por objeto suministrar a las labores en operación suficiente aire fresco en función a las necesidades de la persona, equipo diésel autorizado y dilución de contaminantes, de modo que la atmosfera en dichas zonas mantenga sus condiciones termo – ambientales en compatibilidad con la seguridad, la salud y el rendimiento del personal. En base a lo expresado, me complace brindar el presente proyecto, desarrollando técnicamente y acorde a la reglamentación vigente, producto de una variada recopilación de obras de la especialidad y de conocimientos y experiencia adquiridos en el ejercicio de la profesión en diferentes empresas mineras y las universidades.

Mallqui (1981). Tesis titulada: “Proyecto Optimización del Sistema de ventilación”. Para esta tesis se formuló lo siguiente:

se acepta que el incremento de la temperatura del aire debido al auto compresión es el orden de 1°C por cada 100 metros de profundidad, el incremento de la temperatura es como resultado de la oxidación del carbón, de la pirita, putrefacción de la madera, velocidad de flujo de aire, el trabajo de equipos motorizados que influyen en el incremento de la temperatura, al movimiento de aire es originado en interior mina por la diferencia de presiones entre dos puntos del aire creados en forma natural o artificial.

Niño (2014). Tesis titulada: “Influencia de la ventilación natural y forzada en el dimensionamiento del sistema de ventilación de la mina Limpe centro - unidad minera de Iscaycruz - provincia de Oyon – Lima”. Para esta tesis se formuló lo siguiente:

La empresa al tomar la decisión de incrementar el ritmo productivo en los niveles de trabajo, plantea la necesidad de redimensionar el sistema de ventilación mixta, con lo cual se incrementa la Potencia de los ventiladores. Por lo tanto, se determina el caudal total suministrado en condiciones máximas de requerimiento de ventilación, el cual es función de la carga de ventilación según el número de personas operando en cada nivel y la carga de ventilación de los motores diésel que accionan a la maquinaria pesada dentro de la misma., teniendo así mismo en cuenta lo requerido según el D.S N° 055 – 2010 - EM. Determinándose un porcentaje de participación de la ventilación natural en 18%, mientras que el porcentaje de participación de la ventilación forzada es del 82 %, con lo cual se concluye que existe una influencia de ambos tipos de ventilación en el dimensionamiento del sistema de ventilación mixta.

Sutty (2016). Tesis titulada: “Influencia de la ventilación mecánica, en el diseño del sistema de ventilación del nivel 4955 mina Urbano S.A.C. – Puno”. Para esta tesis se formuló lo siguiente:

La ventilación mecánica que satisface las necesidades requeridas de aire, mejora el rendimiento del trabajador minero del nivel 4955 Mina Urano S.A.C - Puno, Con la instalación de un sistema ventilación mecánica y un diseño de ventilación se minimiza la recirculación de aire viciado del nivel 4955 Mina Urano S.A.C. - Puno, con metodología de

estudio el cual pertenece al tipo básico experimental, con un nivel de investigación que es totalmente descriptiva, Como conclusión, que la ventilación mecánica si influye notablemente en nuestra operación el cual fue necesaria la colocación de dos ventiladores: uno con capacidad de 25000 CFM y el otro de 15000 CFM para cubrir la necesidad de aire, se instaló en la misma galería; uno en BM y otro a 800 metros de profundidad permitiendo en seriarlo, mediante una cámara de acumulación de aire con capacidad de 75 m³.

Chambergó (2013). Tesis titulada: “Propuesta de un sistema de ventilación, aplicando tecnologías de información y manejo de escenarios técnico económico en la unidad productiva San Cristóbal, de Minera Bateas S.A.C.”. Para esta tesis se formuló lo siguiente objetivos:

La propuesta final considera la adquisición e instalación de 02 ventiladores de 100,000cfm adicionales a los actuales, excavación de 02 chimeneas con equipos Raise Borer de 2.1m de diámetro; adquisición de 04 variadores de velocidad, instalación de red de fibra óptica, puntos de monitoreo y consola de control de equipos. El tiempo de implementación asciende a dos años con una inversión de USD 692,297. La propuesta en mención permite una generación de valor de USD 438,487.

2.2. BASES TEÓRICAS – CIENTÍFICAS

2.2.1. Ventilación subterránea

Ascanio (2011). “Ventilación de minas y túneles, practica, aplicada y avanzada en minería clásica y minería por trackless”. Donde menciona:

Es el arte y ciencia que trata de distribuir y encausar la circulación de volúmenes de aire dentro de las operaciones mineras del modo más

económico y a sea por medios naturales o mecánicas, a fin de satisfacer las necesidades de oxígeno del personal, maquinaria y diluir gases para transportar los contaminantes sólidos y gaseosos, evitando que afecten la salud del trabajador y más bien mejoren las condiciones ambientales y termo ambientales de la mina a concentración y temperaturas aceptables en dicha labor de trabajo. (pag.1).

Decreto Supremo Nro. 024- 2016-EM. Capitulo VIII Art. 246, inciso b y Art 247, donde menciona:

Teniendo en consideración lo estipulado en el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional aprobado por el Ministerio de Energía y Minas en el Decreto Supremo Nro. 024-2016-EM, se tomará en cuenta lo siguiente: En todas las labores subterráneas se mantendrá una circulación de aire limpio y fresco, en cantidad y calidad suficiente de acuerdo con el número de personas, con el total de HPs de los equipos 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 % y un máximo de 22,5 % de oxígeno, cuando las minas se encuentren hasta 1500 metros sobre el nivel del mar, en los lugares de trabajo, la cantidad mínima de aire necesaria por hombre será de 3 metros cúbicos por minuto, en otras altitudes las cantidades de aire será de acuerdo con la siguiente escala :

De 1500 a 3000 metros aumentará en 40%, será igual a 4 m³/min.

De 3000 a 4000 metros aumentará en 70%, será igual a 5 m³/min.

Sobre los 4000 metros aumentará en 100%, será igual a 6 m³/min.

En caso de emplearse equipo diésel, la cantidad de aire circulante no será menor de tres 3 metros cúbicos por minuto por cada HP que

desarrollen los equipos, en ningún caso la velocidad del aire será menor de 20 metros por minuto ni superior a 250 metros por minuto en las labores de explotación incluido el desarrollo, preparación y en todo lugar donde haya personal trabajando, Cuando se emplee ANFO u otros agentes de voladura, la velocidad del aire no será menor de 25 metros por minuto. Cuando la ventilación natural no sea capaz de cumplir con lo antes señalado, deberá emplearse ventilación mecánica, instalando ventiladores principales, secundarios o auxiliares según las necesidades.

Estos planos de ventilación se actualizan cada vez que sea necesario y/o existan cambios. Cualquier cambio en el caudal y la dirección de la corriente de aire se marca en el plano de ventilación en forma inmediata al salir de la mina.

2.2.2. Tipos de Ventilación

Ramírez (2005). “Ventilación de minas. Módulo de capacitación técnico ambiental”. Donde se menciona:

a) Ventilación Natural

El caudal natural de aire que se inyecta al interior de una labor minera sin necesidad de equipos mecánicos de ventilación, en una galería horizontal o en labores de desarrollo en un plano horizontal se produce movimiento de aire, en minas profundas, la dirección y el desplazamiento del flujo de aire, se produce por causas distintas como por ejemplo presiones de entre la entrada y salida. Diferencia de temperaturas durante las estaciones.

Mallqui (1981). “Ventilación de minas”. Donde menciona:

Causas del movimiento de aire:

En una mina que cuente con labores horizontales hasta verticales existirá una diferencia de peso entre el aire superficial y del interior, equivale a la altura. En verano, el aire en la chimenea se encuentra a menor temperatura que en superficie y por lo mismo es más denso, ejerciendo presiones sobre el aire de la galería obligando a que el flujo ingrese por la chimenea y salga por la galería. Pero por las noches es difícil predecir. En el invierno se invierte el proceso. En otras estaciones difíciles predecir. (p.57).

Ramírez (2005). “Ventilación de minas. Módulo de capacitación técnico ambiental”. Donde se menciona:

b) Ventilación Mecánica

Es la ventilación secundaria y son aquellos sistemas que, haciendo uso de ductos y ventiladores auxiliares, ventilan áreas restringidas de las minas subterráneas, empleando para ello los circuitos de alimentación de aire fresco y de evacuación del aire viciado que le proporcione el sistema de ventilación general. El caudal de aire es la cantidad de aire que ingresa a la mina y que sirve para ventilar labores, cuya condición debe ser que el aire fluya de un modo constante y sin interrupciones, el movimiento de aire se produce cuando existe una alteración del equilibrio: diferencia de presiones entre la entrada y salida de un ducto, por causas naturales (gradiente térmica) o inducida por medios mecánicos. (p.58).

2.2.3. Factores de la ventilación de mina

Ascanio (2011). “Ventilación de minas y túneles, practica, aplicada y avanzada en minería clásica y minería por trackless”, menciona:

a) Volumen de aire

Es el aire que viaja por una galería, chimenea o tajo y está dado por la igualdad $Q=A*V$ en CFM, igualdad que se conoce como ley de la continuidad y que dice que la cantidad de aire que viaja por un conducto de mina sea este chimenea o galería o tajo está dado por el área transversal de la galería multiplicado por la velocidad de aire que atraviesa esta galería o chimenea o en otro casos por la velocidad que atraviesa la sección transversal de una manga de ventilación en toda su longitud .

b) Velocidad de aire

Es el avance del aire en la unidad de tiempo en pies por minuto e un punto a otro punto y se mide en las galerías o chimeneas siendo el factor más importante que debe considerarse y determinar en el terreno para trasladar el aire fresco o aire usado con todos sus contaminantes.

c) Presión

Es la fuerza que necesitamos imprimir para mover un peso de aire y vencer la presión estática =SP y la presión de velocidad =VP; ambos medidos en pulgadas de agua.

d) Sentido de flujo y encausamiento

Es la dirección de avance del aire y el cual hay que encausar según convenga a las operaciones en minería clásica que no es tan contaminante o en minería por trackless que es más contaminantes y en la cual se usa mayormente ventiladores secundarios y auxiliares.

El encausamiento o buscar el encauzamiento es una de las actividades más dificultosas y en mina debe estar acorde a la distribución de aire que requiere las operaciones.

e) Área de las galerías y sus perímetros

Las estaciones de ventilación muy bien constituida o condicionada todo en pies cuadrados y pies respectivamente.

f) Distribución del volumen de aire

Es la actividad que frecuentemente a ocurre en mina y es la distribución del flujo principal que viaja por una galería hacia otras galerías o chimeneas de modo que el volumen que ingresa por un punto es igual a los volúmenes que salen de este punto o llamada ley del equilibrio o distribución.

g) Balance en la distribución

Regula los volúmenes de aire el balance debe estar acorde a las necesidades y no debe variar más del 7% del volumen inicial.

h) Resistencia de un tramo de galería

Es la pérdida de energía o presión del flujo al pasar de un punto de la galería a otro punto distante de esta galería. Las energías se vuelven calor por la fricción esto es $SP1+VP1=SP2+VP2+HF$ donde H_p es la energía que debemos proveer al flujo, $SP1$ presión de fricción y $VP1$ es la presión de velocidad. La resistencia total de la galería o de la mina será la suma de las diferentes HF o presiones estáticas o llamadas caída de presión de la mina.

i) Factor de fricción

Una galería es la aspereza propia de cada tipo de roca de mina o conducto el cual obtenemos de tablas resultantes de muchas mediciones. (p. 6 y p. 7).

2.2.4. Gases de mina

Bedregal (2012). "Evaluación del sistema de ventilación de la compañía minera san Ignacio de Morococha - mina San Vicente, aplicando el software Ventsim 3.9". Menciona:

Los más comunes que se encuentran en el aire de una mina son:

a) Nitrógeno (N₂)

El nitrógeno Peso específico = 0,97 kg/m³ presente en el aire y en algunas rocas es un gas químicamente inerte, incoloro, inodoro, insípido y más liviano que el aire. Es a la vez el principal diluyente del oxígeno en el aire. Sin embargo, cuando se agrega nitrógeno al aire se produce una atmósfera con deficiencia de oxígeno, es decir, el agregar nitrógeno al aire es equivalente a quitarle oxígeno. En todo caso, una cantidad excesiva de nitrógeno creará una atmósfera asfixiante en la que un ser humano no puede mantenerse vivo. Fuentes de aumento del contenido de N, en el aire de mina son: putrefacción de sustancias orgánicas y trabajos con explosivos.

b) Oxígeno (O₂)

El oxígeno es un gas muy activo, se necesita para la respiración y la combustión. Es incoloro, inodoro, insípido y ligeramente más pesado que el aire. Aunque estamos acostumbrados a respirar aire que contiene 21% de oxígeno, el cuerpo humano puede funcionar en

atmósferas mayores o menores de este gas. Sin embargo, cuando el contenido de oxígeno baja hasta 16% (a 1 atm. de presión), muchas personas tienen dificultades para respirar. Cuando el contenido de oxígeno baja hasta 10% muchas personas pierden el conocimiento. Las principales causas de la disminución del oxígeno en el aire de mina son: procesos de oxidación lenta de materias orgánicas (madera, combustibles, rocas) desprendimiento de gases por los carbones y las rocas.

c) Anhídrido de carbono (CO₂)

Gas incoloro e inodoro con un sabor ligeramente ácido cuando se encuentra en concentraciones altas. Normalmente se considera que el CO₂ es un gas inerte ya que no mantiene la combustión, razón por la cual se le emplea como extinguidor para combatir incendios. Como se ha mencionado anteriormente, el anhídrido carbónico se encuentra presente en el aire que respiramos. Es generado por los seres vivos, los incendios y las explosiones. El anhídrido carbónico tiene una serie de propiedades interesantes, es más pesado que el aire y tiende a circular por las zonas bajas (niveles más profundos o en el piso de las galerías).

d) Monóxido de carbono (CO)

Se trata de un gas incoloro, inodoro, insípido y ligeramente más liviano que el aire. Su presencia en las minas se debe a las voladuras, los incendios subterráneos y al empleo de motores de combustión interna mal regulados. El peligro del monóxido de carbono para la salud se debe a que la hemoglobina de la sangre se combina con el gas

con mucha más facilidad que con el oxígeno, lo cual limita la capacidad de absorción de oxígeno por parte de la sangre. Esto hace que una concentración volumétrica de 500 ppm de CO en el aire pueda producir la muerte en 3 horas, ya que bloquea la absorción de oxígeno al 50% de la hemoglobina contenida en la sangre.

e) Óxidos de nitrógeno (NO_x)

Se trata de gases más pesados Peso específico NO = 1,04 kg/m³ y Peso específico NO₂ = 1,58 kg/m³. Que el aire, incoloros cuando la concentración es baja (pero tóxica) y pardos rojizos cuando la concentración es alta. Se detecta con relativa facilidad por el olor característico que se percibe en un frente de trabajo inmediatamente después de una voladura con explosivos. Gases formados en las minas por efecto del empleo de explosivos y de equipos con motores de combustión interna. La toxicidad de estos gases se debe a que, al disolverse en la humedad contenida en los pulmones, dan la formación de ácido nítrico y nitroso cuya corrosividad es conocida.

f) Anhídrido sulfuroso (SO₂)

Gas incoloro, sofocante, inflamable, más pesado que el aire y con fuerte olor a azufre, inflamable. Se disuelve fácilmente en el agua. Se forma por la combustión de minerales con alto contenido de azufre en incendios subterráneos y por las voladuras en minas que contienen sulfuros. Su efecto extremadamente irritante lo hace fácil de detectar y es difícil que una persona pueda permanecer más de unos minutos en una atmósfera que contiene este gas.

g) Ácido sulfhídrico (H₂S)

Gas incoloro, de gusto azucarado y olor a huevo podrido, arde y forma una mezcla explosiva cuando su concentración llega a 6% es fácilmente soluble en agua. Es más venenoso que el monóxido de carbono, pero su característico olor lo hace menos peligroso. Irrita las mucosas de los ojos y de los conductos respiratorios y ataca el sistema nervioso. Las fuentes de formación de ácido sulfhídrico en las minas son: putrefacción de sustancias orgánicas, descomposición de minerales, desprendimiento de las grietas (minas de sal, de asfaltita, etc).

h) Metano (CH₄) y otros hidrocarburos

Gas incoloro, inodoro, insípido y más liviano que el aire, se concentra en las partes altas de las labores mineras de atmósfera tranquila.

El metano es una de las impurezas más peligrosas de la atmósfera de las minas, por su propiedad de formar mezclas explosivas con el aire. Las explosiones de metano han sido la causa de muerte de centenares de mineros en minas de carbón.

2.2.5. Instrumentos para medir la ventilación

Ascanio (2011). “Ventilación de minas y túneles, practica, aplicada y avanzada en minería clásica y minería por trackless”. Donde menciona:

a) Para la velocidad

Para medir las velocidades bajas del aire usamos el tubo de humo con su bombilla y el cronometro y para altas velocidades usamos el anemómetro, el velo metro, el termo anemómetro y el tubo de pilot,

cada uno en función de las velocidades que se cree que existe y que se desea medir.

b) Para la temperatura

Para esto se usa el psicómetro de revoleo con el cual se toma la temperatura sensible del lugar, mediante el bulbo seco y el bulbo húmedo y con la toma de la temperatura del bulbo se tiene el grado de confortabilidad del lugar para posteriormente calcula el porcentaje del HR.

c) Para la densidad

Para hallar la densidad aire del lugar se usa el termómetro y el barómetro o el altímetro para poder calcular posteriormente mediante formula la densidad del lugar en que se halla la estación de medición.

d) Para medir el consumo de energía eléctrica de un ventilador

Para medir la cantidad de corriente que consume un ventilador hacemos uso de la pinza eléctrica y el amperímetro con lo que se mide el amperaje, el voltaje y luego el factor de potencia y usamos de un tacómetro para medir las revoluciones del motor.

e) Para medir el área y el perímetro

Para medir el perímetro y el área de las estaciones establecidas o de las que se movieron usamos la wincha metálica con lo que se precisa los lados de las áreas geométricas y usamos fórmulas para calcular el área respectiva.

f) Lectura de planos de ventilación

Para lo cual usamos los planos del último levantamiento de ventilación donde vemos los resultados de las mediciones de último

mapeo y tomamos conocimiento de los sentidos de flujo y longitudes para calcular las resistencias de cada ramal. (p.11 y p.12).

2.2.6. Calculo de requerimiento de aire

Ascanio (2011). “Ventilación de minas y túneles, practica, aplicada y avanzada en minería clásica y minería por trackless”. Donde menciona:

a) Requerimiento de Aire por el personal

Los objetivos a cumplir con respecto al personal es proporcionar 6 m³/min, por cada persona, debido a la corrección por altitud de 4432 m.s.n.m., a la que se encuentran la mina. Para eso se aplica la formula siguiente:

$$Q_h = N^{\circ} \text{ de personas} \times (216 \text{ CFM})$$

b) Requerimiento de caudal por el polvo en suspensión

El criterio más aceptado es hacer pasar una velocidad de aire determinado por las áreas contaminadas y arrastrar el polvo, a zonas donde no cause problemas. De acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional DS. 024-2016-EM en el Art. 236, en el literal (n) nos indica; que la concentración promedio de polvo respirable en la atmosfera de la mina, a la cual el trabajador está expuesto, no será mayor de 3 mg/m³ de aire. Así también la ventilación en los espacios indicados deberá cumplir con el estándar de velocidad del aire de veinte (20) metros por minuto con una cantidad de aire establecido en el literal (e) del artículo 236° del presente reglamento.

En ningún caso la velocidad del aire será menor de veinte (20) metros por minuto ni superior a doscientos cincuenta (250) metros por

minuto en las labores de explotación, incluido el desarrollo, preparación y en todo lugar donde haya personal trabajando. Cuando se emplea explosivo ANFO u otros agentes de voladura, la velocidad del aire no será menor de veinticinco (25) metros por minuto. Para los c{aculos, se utilizó la siguiente fórmula:

$$Q_t = A \times V \times M$$

Donde:

A = Área transversal de la galería o chimenea o ingreso al tajeo en p^2

V = Velocidad de aire en pies/min

M = Número de galerías o niveles de producción.

c) Requerimiento para los equipos diésel

El aire mínimo necesario en sus alrededores es de 3 m³/min, equivalente a 106 ft/m por cada Hp de potencia del motor de cada equipo.

d) Requerimiento para dar confort a los hombres en lugares calurosos

Para el efecto 1ro. Se tiene que hacer mediciones de temperatura y % de humedad relativa en el terreno y segundo se tiene que ver la velocidad que indica el ábaco o tabla de temperatura efectiva (que es muy diferente de lo que es la temperatura del ambiente que es la sensible y que se mide con el bulbo seco del psicrómetro) para después multiplicar esta velocidad de tabla por la sección del tajo o galería donde se quiere bajar la temperatura y donde además debe bajarse el porcentaje de humedad relativa hallado por precipitación

del agua; mediante la determinación de la temperatura del punto de rocío a aplicarse en el terreno por diferentes medios. Si hay calor en el lugar la velocidad mínima tentativa es de 350 ft/min la máxima de 550 ft/min.

Este volumen de aire para confort, se calcula con la siguiente fórmula:

$$Q_{\text{CONFORT}} = A \times V_{\text{te}} \times T$$

A= es el promedio de la sección del tajo o frontón.

Vte= velocidad efectivo obtenida de la tabla de temperatura efectiva a 30°C.

T= N° de tajos calientes que mejorar.

e) Cantidad total de aire necesario a introducirse a la mina

La cantidad de aire total necesario para toda la mina o área de trabajo, chimenea, taja, frontón, galería o circuito que deseamos ventilar es la suma de las diferentes necesidades. se calcula con la siguiente fórmula:

$$Q_t = Q_h + Q_l + Q_{\text{diesel}} + Q_{\text{confort}}$$

2.2.7. Sistemas de ventilación

Induambiente (2010). “<https://www.induambiente.com/informe-tecnico/climatizacion/ventilacion-subterra>”. Se menciona:

a) Sistema impelente

El aire es impulsado dentro del ducto y sale por la galería en desarrollo ya viciado. Para galerías horizontales de poca longitud y sección -menores a 400 metros y de 3 x 3 metros de sección - lo

conveniente es usar un sistema impelente de mediana o baja capacidad, dependiendo del equipo a utilizar en el desarrollo y de la localización de la alimentación y evacuación de aire del circuito general de ventilación de la zona.

b) Sistema aspirante

El aire fresco ingresa a la frente por la galería y el contaminado se extrae por la ductería. Para ventilar desarrollos de túneles desde la superficie se prefiere el sistema aspirante, aun cuando se requieren elementos auxiliares para remover el aire de la zona muerta, comprendida entre la frente y el extremo de la ductería de aspiración.

c) Sistema combinado

Es aspirante e impelente. Emplea dos tendidos de ductería, uno para extraer aire y otro para impulsar aire limpio a la frente en avance. Este método reúne las ventajas de los dos tipos básicos, ya que mantiene la galería y la frente en desarrollo con una renovación constante de aire limpio y alcanza la velocidad de la extracción de los gases de disparos, con la desventaja de su más alto costo de instalación y mantención. Para galerías de mayor sección (más de 12 m²), y con una longitud sobre los 400 metros, el uso de un sistema aspirante o combinado es más recomendable para mantener las galerías limpias y con buena visibilidad para el tráfico de vehículos, sobre todo si son equipos diésel.

2.2.8. Circuitos básicos de ventilación en minas

Compumet (2006). “http://geco.mineroartesanal.com/tiki-download_wiki_attachment.php?attId=637”. Donde menciona:

a) Circuito en Serie

Circuito de ventilación en serie se caracteriza porque la corriente de aire se mueve sin ramificación, por lo que el caudal permanece constante, en este caso todas las galerías se conectan extremo a extremo.

Propiedades:

El caudal que pasa por cada labor es el mismo:

$$Q_t = Q_1 = Q_2 = \dots = Q_n$$

La caída de presión total es igual a la suma de caídas de presiones parciales:

$$H_t = H_1 + H_2 + \dots + H_n$$

Luego, como $H = R \cdot Q$

$$H_t = R_1 \cdot Q_{12} + R_2 \cdot Q_{22} + \dots + R_n \cdot Q_{n2}$$

$$R_t \cdot Q_{t2} = R_1 \cdot Q_{12} + R_2 \cdot Q_{22} + \dots + R_n \cdot Q_{n2}$$

Como:

$$Q_t = Q_1 = Q_2 = \dots = Q_n$$

Quedará:

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

b) Circuito en Paralelo

Circuito de ventilación en paralelo, las labores se ramifican en un punto, en dos o varios circuitos que se unen en otro punto, la característica básica de las uniones en paralelo, es que las caídas de presión de los ramales que la componen son iguales, independientemente.

$$H_1 = H_2 = H_3 = \dots = H_n$$

El caudal total del sistema de galerías en paralelo, es igual a la suma de los caudales parciales.

$$Q_t = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n$$

La raíz cuadrada del valor recíproco de la resistencia aerodinámica del circuito, es igual a la suma de las raíces cuadradas de los valores recíprocos de las resistencias aerodinámicas parciales.

$$\frac{1}{\sqrt{R}} = \frac{1}{\sqrt{R_1}} + \frac{1}{\sqrt{R_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{R_n}}$$

2.2.9. Caída de presión.

Compumet (2006). “http://geco.mineroartesanal.com/tiki-download_wiki_attachment.php?attId=637”. Donde menciona:

Es más importante determinar la diferencia de presión entre dos puntos que la determinación de la presión en ellos. El flujo de aire se origina porque existe una diferencia de presión entre dos puntos del sistema y para poder lograr esta diferencia es necesario agregar energía al sistema. Esta energía es consumida en superar las pérdidas de energía del sistema. La diferencia de presión en ventilación se expresa en mm de columna de agua (H).

2.2.10. Pérdidas de Presión

Compumet (2006). “http://geco.mineroartesanal.com/tiki-download_wiki_attachment.php?attId=637”. Donde menciona:

Estas resistencias originan una caída o pérdida de presión, llamada H y que está dada en mm de columna de agua o Pascal (1mm Pa) Las pérdidas de presión están formadas por dos componentes:

Pérdidas por fricción (H_f), representan las pérdidas de presión en el flujo lineal a lo largo del ducto y es producida por el roce del aire con las paredes del ducto.

Pérdidas por choque (H_x), son de origen local, producidas por accidentes como cambio de área, bifurcaciones, uniones, obstrucciones, cambios de dirección, etc. $H = H_f + H_x$.

2.2.11. Presiones en una mina

Compumet (2006). “http://geco.mineroartesanal.com/tiki-download_wiki_attachment.php?attId=637”. Donde menciona:

Caída de presión estática es igual (H_s) = $H_f + H_x$ más la suma de la Caída de presión por velocidad (H_v). Dando una Caída total de presión en la mina: $H_{mina} = H_s + H_v$.

ISTEC (2006). “Ventilación avanzada para minería”. Donde menciona:

a) Fórmula de Atkinson

Para determinar la caída de presión se aplica la fórmula de Atkinson estableció las bases para el desarrollo de esta ciencia, es decir orientándolo al flujo de aire en interior de las minas. (pág. 11).

$$P = \frac{KCLQ^2}{A^3} * \frac{W}{1.2}$$

$$P = \frac{KCLV^2}{A} * \frac{W}{1.2}$$

Donde:

P = pérdida de presión (Pa).

C = perímetro (m).

L = longitud (m).

K = factor de fricción (Ns^2/m^4).

Q = flujo de cantidad (m^3/s).

w = densidad del aire (kg/m^3).

V = velocidad (m/s).

b) Presión requerida para superar la resistencia de fricción

Se usa las ecuaciones para determinar la presión requerida, en dónde. (Pag.11):

$$P=RQ^2.$$

P= Presión en pascales (Pa).

R=Resistencia (Ns^2/m^8).

Q=Cantidad de aire (m^3/s).

c) Presión de velocidad

Se usa las ecuaciones para determinar la presión de velocidad requerida, en dónde. (Pag.11):

$$VP = \frac{v^2 w}{2}.$$

VP= presión de velocidad (Pa).

V=velocidad de aire (m/s).

W=densidad del aire (kg/m^3).

Nota: El aire a una velocidad de 13m/s y con una densidad de 1.2 kg/m^3 , cuenta con una presión de velocidad aproximadamente 100pa.

d) Factor de fricción

Los valores de K son determinados por las mediciones en diferentes galerías, tipos de rocas y sinuosidades y es un tanto

laborioso obtenerlo en las galerías, por lo que obtenemos de una tabla elaborada, la cual hay que corregir por la densidad del aire de la mina para obtener K corregido a nivel de la mina. $K \text{ corregido} = K (w/1.2)$.

e) Tabla del Coeficiente de Fricción (K)

Los valores K son determinados por la medición y cálculos, la tabla que se incluye a continuación incluye algunos valores típicos que pueden utilizarse mostrados en la Tabla 1

Tabla 1. Tabla del Coeficiente de Fricción (K).

Conducto de Ventilación	$k(\text{Ns}^2/\text{m}^4)$
pique rectangular de madera	0.045-0.09
pique circular revestido de hormigón	
vacío	0.0037
con puntales divisorios	0.0075-0.06
con puntales divisorios aerodinámicos	0.0045-0.025
túnel subterráneo	0.011-0.018
cañería galvanizados	0.0027
conducto de ventilación flexible	0.003
ductos e fibra de vidrio	0.0025





















Fuente:

[https://www.google.com/search?q=Coeficiente+de+Fricci%C3%B3n+\(K\)&hl=es&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiOspeOmuDeAhXOwFkKHS-GBIQQ_AUIDigB&biw=1356&bih=647#imgsrc=jc9caTM8-pEZCM](https://www.google.com/search?q=Coeficiente+de+Fricci%C3%B3n+(K)&hl=es&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiOspeOmuDeAhXOwFkKHS-GBIQQ_AUIDigB&biw=1356&bih=647#imgsrc=jc9caTM8-pEZCM).

f) Longitud equivalente

Las pérdidas por choques son de origen local, producidas por turbulencias, remolinos, frenadas del aire al enfrentar diversos

accidentes dentro del circuito. Los accidentes son cambios de dirección, entradas, contracciones, etc. La longitud equivalente se determinó en las estaciones de las siguientes labores (ver figura 4).

FORMA	Le	FORMA	Le
 CURVA OBTUSA REDONDEADA	0.5	 BIFURCACION	230
 ANGULO RECTO REDONDEADO	1	 JUNTURA	90
 CURVA AGUDA REDONDEADA	3	 ENTRADA	3
 CURVA OBTUSA QUEBRADA	15	 DESCARGA	65
 ANGULO RECTO QUEBRADO	70	 PASO SOBRE NIVEL (OPTIMO)	1
 CURVA AGUDA QUEBRADA	150	 PASO SOBRE NIVEL (BUENO)	65
 CONTRACCION GRADUAL	1	 PASO SOBRE NIVEL (MALO)	290
 EXPANSION GRADUAL	1	 HUECO PARA PUERTA	70
 CONTRACCION ABRUPTA	10	 CARRO O JAULA 20 % AREA DEL CONDUCTO	100
 EXPANSION ABRUPTA	20	 CARRO O JAULA 40 % AREA DEL CONDUCTO	500

Fuente: <https://www.google.com/?hl=es>

Figura 4 Cargos equivalentes en pies (le) para varias fuentes de pérdida por choque.

g) Cálculo de las áreas de estaciones

Para calcular el área se sacó el ancho y la altura en las estaciones de las siguientes labores utilizando el distanciómetro.

$$A = \left(\frac{axh}{12} \right) \times (\pi + 8)$$

Donde:

a = área (m²).

a = ancho de la labor (m).

h = altura de la labor (m).

h) Cálculo de perímetro

Para calcular el área se sacó el ancho y la altura en las estaciones de las siguientes labores. La fórmula que se aplicó fue la siguiente:

$$P = \sqrt{A} \times 4$$

Donde:

P = perímetro (m).

A = área de la sección (m²).

i) Temperatura seca y húmeda

La temperatura húmeda y seca se sacó en las estaciones de las siguientes labores usando el anemómetro de paletas. Para convertir de °F a °C se aplicó la siguiente fórmula:

$$C = (F - 32) \times \frac{5}{9}$$

Donde:

C = grados Celsius (°C).

F = Grados Fahrenheit (°F).

2.2.12. Clasificación de ventiladores

Chicago(2018).“http://www.chiblosa.com.ar/spanish/herramientas/teoria_de_los_ventiladores.htm”. Donde menciona:

Se clasifican según el tipo y el uso, siguen el tipo suelen ser axiales y centrífugos y según el uso son principales, secundarios y auxiliares.

a) Clasificación por tipo

Ventilador axial

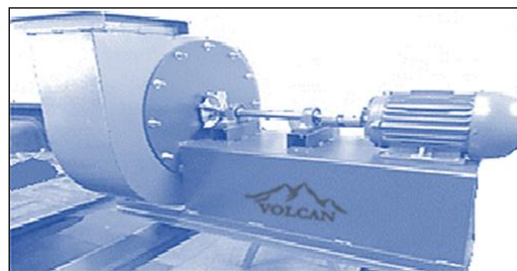
Son aquellos en los cuales el flujo de aire sigue la dirección del eje del mismo. Se suelen llamar helicoidales, pues el flujo a la salida tiene una trayectoria con esa forma. En líneas generales son aptos para mover grandes caudales a bajas presiones. Con velocidades periféricas medianamente altas son en general ruidosas. En la Figura 5, se muestra un modelo de ventilador axial.



Fuente: Imagen propia.
Figura 5 Ventilador axial

Ventiladores centrífugo

Son aquellos en los cuales el flujo de aire cambia su dirección, en un ángulo de 90° , entre la entrada y salida. En la Figura 6 se muestra un modelo de ventilador centrífugo.



Fuente: Imagen propia.

Figura 6. Ventilador centrífugo.

Los tipos de ventiladores, descritos en UAP (2005). “https://www.ucursos.cl/ingenieria/2005/2/MI57G/1/material_docente/bajar?id”, menciona:

b) Clasificación por aplicación

Ventiladores principales

Ventilador Principal o de Superficie. Instalado normalmente en la superficie para ventilar toda la mina, vale decir, por el pasa todo el aire del circuito que sirve.

Ventiladores secundarios

Son Instalado en un paso principal subterráneo para ayudar al ventilador principal a ventilar un circuito de alta resistencia. Últimamente ha aumentado el número de ventiladores reforzadores en uso, debido a una mayor concentración de los trabajos de minería y una profundización de éstas, lo que ha originado mayor demanda de presión de ventilación. Al principio era instalado un ventilador reforzado, de tipo axial o radial, similar a los ventiladores de superficie; en la actualidad es común encontrar verdaderas baterías de ventiladores reforzados de tipo axial, conectados en paralelo o en serie, según sean las necesidades; con ello se ha concluido una simplificación de las instalaciones ya que los ventiladores modernos son de propulsión directa y proporcionan una mayor flexibilidad al poder detener o poner en marcha parte de la batería a voluntad y de acuerdo a las experiencias de operación de la mina donde su posición se encuentra en la figura 7.

Ventiladores auxiliares

Son instalados en trabajos subterráneos en conjunto con ductos para ventilar una galería de avance o terminal ciego. Para lograr mayor eficiencia en la ventilación de galerías de avance, en este siglo se han introducido el ventilador auxiliar, su uso tuvo origen en una mayor disponibilidad de energía eléctrica y de aire comprimido. Lo compacto del ventilador axial ha hecho que sea preferido para cumplir esta misión, su ubicación se señala en la figura 7.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 7. Esquema de ventiladores principales, secundarios y auxiliares.

2.2.13. El ventilador Axial

Ascanio (2011). “Ventilación de minas y túneles, practica, aplicada y avanzada en minería clásica y minería por trackless”. Donde menciona:

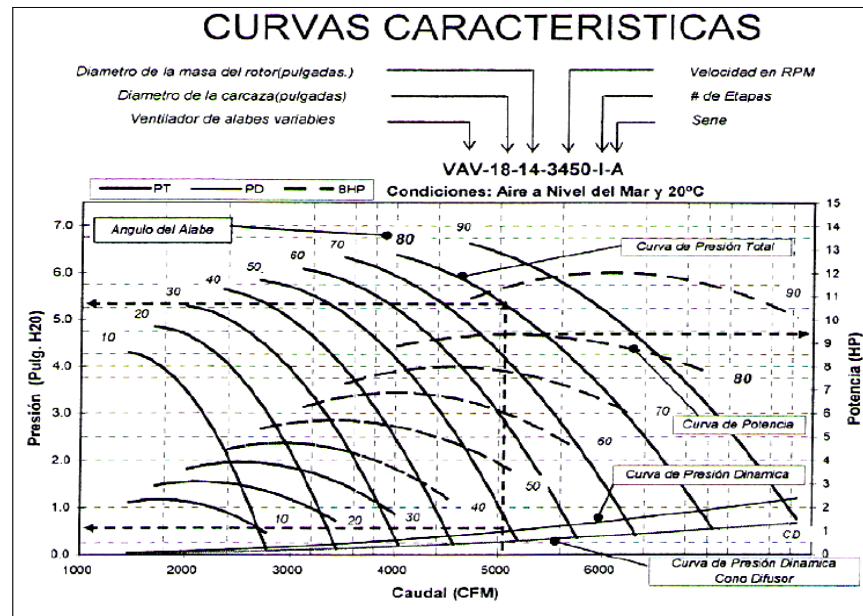
Este ventilador es de mayor uso en las minas peruanas como ventilador principal, secundario y auxiliar, debido a su facilidad de instalación, transporte y mantenimiento, especialmente instalación porque contruidos con rodamiento axial se le puede instalar verticalmente, oblicuamente, horizontalmente y suspendido para poder

aplicarlo a un circuito de mina o mangas de ventilación auxiliar. Este ventilador está constituido por un ducto dentro del cual se halla acoplado directamente el motor al impeler del ventilador y sobre el cual es necesario conocer debidamente como es su curva de trabajo. (pag.133).

2.2.14. Curva característica de un ventilador Axial

Ascanio (2011). “Ventilación de minas y túneles, practica, aplicada y avanzada en minería clásica y minería por trackless”. Donde menciona:

Cuando se compra un ventilador axial para la mina, se debe mencionar al fabricante o proveedor que nos proporcione la curva del ventilador que compramos, de lo contrario no debe adquirirse, debido a que hoy en el mercado peruano, muchos hacen ventiladores y no presentan su curva, la cual es necesario tener para futuras aplicaciones o saber lo que compramos. Teniendo la curva de un ventilador uno puede dibujar o aplicar en esta curva la curva de resistencia de la mina para determinar el punto de intersección del ventilador y La resistencia de mina que será el punto de operación del ventilador al volumen y estática que pide la mina.se observa las curvas características del ventilador en la figura 8.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 8. Curvas características del ventilador.

2.2.15. Ley de los ventiladores

Ascanio (2011). “Ventilación de minas y túneles, practica, aplicada y avanzada en minería clásica y minería por trackless”. Donde menciona:

Todos los tipos de ventiladores ciertas leyes en el cambio de sus condiciones de trabajo, leyes que son usadas para predecir futuros resultados por defectos del cambio de una de sus condiciones de operación o accionamientos o para la selección apropiada de estos entre ellas se tiene lo siguiente. (pag.131).

a) Primera ley

Si cambiamos la velocidad del ventilador y permanece constante su tamaño y la densidad del aire:

Los volúmenes del aire son directamente proporcionales a las velocidades.

$$Q_1/Q_2 = \frac{RPM_1}{RPM_2}$$

Las presiones (H) son directamente proporcionales al cuadrado de las velocidades.

$$Q_1/Q_2 = \frac{V_1^2}{V_2^2}$$

Las potencias (HP) son proporcionales al cubo de las velocidades.

$$BHP_1/BHP_2 = \frac{V_1^3}{V_2^3}$$

Las eficiencias mecánicas (n) son independientes de las velocidades.

$$n_1 = n_2$$

b) Segunda ley

Si cambiamos el tamaño del ventilador (diámetro D) y permanece constante la velocidad y la densidad del aire:

Los volúmenes (Q) de aire son proporcionales al cuadrado de sus diámetros.

$$Q_1/Q_2 = \frac{D_1^2}{D_2^2}$$

Las presiones son independientes de los diámetros.

$$H_1 = H_2$$

Las potencias son proporcionales al cuadrado de sus diámetros.

$$BHP_1/BHP_2 = \frac{D_1^2}{D_2^2}$$

Las eficiencias son independientes de los diámetros.

$$n_1 = n_2$$

c) Tercera ley

Si cambiamos la densidad del aire, y permanecen constantes las velocidades y los diámetros.

Los volúmenes de aire son independientes de las densidades

$$Q_1 = Q_2$$

Las presiones son directamente proporcionales a las densidades

$$H_1/H_2 = \frac{D_1}{D_2}$$

Las potencias son directamente proporcionales a las densidades

$$BHP_1/BHP_2 = \frac{D_1}{D_2}$$

Las eficiencias son independientes de las densidades

$$n_1 = n_2$$

2.2.16. Selección de un ventilador

La elección de un ventilador consta en seleccionar el que abastezca las necesidades de caudal y presión con que debe recorrer el aire, para la temperatura de la Operacionalización y la altitud de la instalación se debe determinar su el tamaño, el número de revoluciones por minuto, la potencia que debe ser entregada a su eje, el rendimiento con el que funciona, el ruido generado, etc. Los vendedores de los ventiladores proporcionan la información necesaria para realizar una adecuada selección. Todos los ventiladores que entre si poseen medidas proporcionales, o sea que son semejantes, pertenecen a un mismo origen.

2.2.17. Presión de fricción

Cutipa (2014). “<https://es.scribd.com/document/359613612/Borrador-de-Tesis>”. Donde menciona:

La presión requerida para circular un determinado volumen de aire a través de una manga de ventilación, basado en un coeficiente de fricción $K = 20 \times 10^{-10}$. Se resuelve utilizando el grafico de presión para mangas de ventilación.

2.2.18. Velocidad del flujo de aire

Es la velocidad requerida para hacer circular un determinado volumen de aire a través de la manga.

2.2.19. Potencia efectiva

La potencia efectiva requerida por el ventilador se calcula en base a la fórmula.

$$\text{BHP} = (\text{HL} \times \text{Q}) / (6350 \times e)$$

Donde:

HL = caída de presión total del flujo de aire; pulgadas de agua

Q = caudal del aire circulante; pie³/min

6350 = constante

e = Eficiencia mecánica del ventilador; oscila entre 0.7 a 0.95 normalmente se considera 0.9.

Esta potencia efectiva, calculada para la cota de trabajo, deberá ser corregida por el ventilador. Para el caso de que se incrementara 10% por cada 1000 metros de altura con respecto al nivel del mar.

2.2.20. Consumo de energía eléctrica

Conocer el consumo de energía eléctrica de los ventiladores es muy importante. Se calcula aplicando la siguiente fórmula eléctrica.

$E = \text{potencia por tiempo}$

Donde:

$E = \text{consumo de energía eléctrica por hora; kW/H}$

Potencia = fuerza eléctrica absorbida por el motor; se usa la siguiente fórmula

$$P = ((\sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi \times e) / 100)$$

$V = \text{voltaje; voltios, que viene grabado en la placa del motor}$

$I = \text{amperaje; amperios, que viene grabado en la placa del motor}$

$\cos \varphi = \text{parámetro eléctrico; 0.87}$

$e = \text{eficiencia del motor; normalmente es 0.98, pudiendo ser menor a más tiempo de trabajo del ventilador.}$

2.2.21. Aspectos financieros

Zamudio (2018). “Diseño de ventilación Nv-4050 veta don Ernesto unidad minera El Porvenir”. Donde menciona:

a) Costos fijos o de propiedad

Amortización

Es el pago periódico o recuperación del capital invertido en la Adquisición de bienes (costos fijos). Se halla aplicando entre otras, la siguiente fórmula:

$$a = Ax(((1+I)^N - 1) / I) / ((1+I)^N)$$

Dónde:

$a = \text{amortización}$

A = monto invertido, monto del préstamo o valor presente

I = tasa de interés

N = vida útil del bien, número de cuotas de devolución

Depreciación (D)

Es la disminución del valor del bien adquirido por obsolescencia o por el desgaste operacional, o fondo de reposición. Se considera el valor de rescate o de recuperación al final de su vida útil, el mismo que oscila entre 10 y 25% del costo de adquisición, siendo el más usual el 20%. Se halla aplicando la siguiente fórmula:

$$D = (80 \% \text{ del precio de adquisición}) / \text{vida útil.}$$

2.2.22. Costos de operación

a) Costo de mantenimiento (M)

Son los costos de mano de obra, materiales, instalaciones, herramientas, etc. Que se utilizan durante la vida útil del bien. Son aplicados a los ventiladores, ductos, cables eléctricos, equipos de medición. Se halla mediante la fórmula empírica:

$$M = (\text{precio de adquisición}) / \text{vida útil.}$$

2.2.23. Costo de energía eléctrica (E)

Se obtiene el costo de cada ventilador eléctrico en operación en base a la fórmula:

$$E = (P \times T \times \text{COSTO}) / \text{kW} \times (\text{n}^\circ \text{ ventiladores})$$

Dónde:

E = energía

$$P = ((\sqrt{3} * V * I * \text{Cos } \varphi * e) / 1000)$$

TE = horas de trabajo consideradas durante un período considerado

Costo/kW = es el precio fijado por cada kW producido o adquirido.

P = potencia; kW

TE = tiempo efectivo de operación de cada ventilador durante el período considerado; los ventiladores principales y secundarios trabajan normalmente las 24 horas, 26 días/mes y 12 meses/año

Costo/KW = costo de cada kW consumido por cada ventilador; este dato lo proporciona generalmente la Casa de Fuerza

V = voltaje; voltios, que viene grabado en la placa del motor

I = amperaje; amperios, que viene grabado en la placa del motor

$\text{Cos } \varphi$ = parámetro eléctrico; 0.87

e = eficiencia del motor; normalmente es 0.98, pudiendo ser de menor

2.2.24. Aspectos prácticos del levantamiento de ventilación

Para el caso de la presente investigación, se desarrolló tomando datos en cada uno de los tajeos, antes de la instalación del ventilador axial de 60000 CFM y posteriormente con la instalación del ventilador axial, para verificar cada uno de sus atributos, efectividades para beneficio de la presente investigación. Según el ciclo de minado los tajeos en cada guardia, cada labor pasa por las distintas actividades como son: perforación, voladura, ventilación, limpieza, transporte y sostenimiento. La implementación del ventilador axial se centra en la actividad de ventilación, para lograr un adecuado y correcto sistema de ventilación que evita accidente en el trabajador, para esto se tomó medidas con los instrumentos de medición de gases, la cantidad de personal que trabaja en el nivel y la necesidad de aire que se va a necesitar.

a) Longitud de las labores entre estaciones

La longitud entre labores se sacó en las estaciones de las siguientes labores usando el distanciómetro obteniendo los resultados de las medidas en la Tabla 2.

Tabla 2. Longitud de las labores entre estaciones

Estación	Ubicación	cota (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Perímetro	Área (m ²)	Longitud (m)
P1	RP-574 E	4044	4.5	4.5	17.3442555	18.80145	90
P2	BP-574 E	4043	4.5	4.5	17.3442555	18.80145	80
P3	VE-005	4043	4.5	4.5	17.3442555	18.80145	50
P4	VE-007	4032	4.5	4.5	17.3442555	18.80145	70
P5	VE-006	4040	4.5	4.5	17.3442555	18.80145	50
P6	VE-004	4100	4.5	4.5	17.3442555	18.80145	90
P7	VE-003	4045	4.5	4.5	17.3442555	18.80145	53
P8	GL-580E	4042	4.5	4.5	17.3442555	18.80145	54
P9	GL-580W	4041	4.5	4.5	17.3442555	18.80145	52
P10	GL-504	4044	4.5	4.5	17.3442555	18.80145	65
P11	BP-581W	4045	4.5	4.5	17.3442555	18.80145	50
P12	CA-536	4046	4.5	4.5	17.3442555	18.80145	48
P13	CA-967	4047	4.5	4.5	17.3442555	18.80145	70
P14	AC-488	4050	4.5	4.5	17.3442555	18.80145	90
P15	GL-504	4050	4.5	4.5	17.3442555	18.80145	70
P16	TJ-510 W	4050	4.5	4.5	17.3442555	18.80145	60
P17	TJ-500 E	4050	4.5	4.5	17.3442555	18.80145	75
P18	TJ-500 W	4051	4.5	4.5	17.3442555	18.80145	99
TOTAL							1216

Fuente: Elaboración propia

b) Cálculo de las áreas

Para calcular el área se sacó el ancho y la altura en las estaciones de las siguientes labores utilizando el distanciómetro. Las fórmulas que se aplicó fue la siguiente y a la vez los resultados de la operación se muestran en la Tabla 3.

$$A = ((axh)/12) \times (\pi + 8)$$

Dónde:

A= área (m²)

a= ancho de la labor (m)

h= altura de la labor (m)

Tabla 3. Cálculo de las áreas y perímetro de cada estación.

Ubicación	Cota (m)	Ancho(m)	Alto (m)	perímetro	Área (m ²)
RP-574 E	4044	4.5	4.5	17.3442555	18.80145
BP-574 E	4043	4.5	4.5	17.3442555	18.80145
VE-005	4043	4.5	4.5	17.3442555	18.80145
VE-007	4032	4.5	4.5	17.3442555	18.80145
VE-006	4040	4.5	4.5	17.3442555	18.80145
VE-004	4100	4.5	4.5	17.3442555	18.80145
VE-003	4045	4.5	4.5	17.3442555	18.80145
GL-580E	4042	4.5	4.5	17.3442555	18.80145
GL-580W	4041	4.5	4.5	17.3442555	18.80145
GL-504	4044	4.5	4.5	17.3442555	18.80145
BP-581W	4045	4.5	4.5	17.3442555	18.80145
CA-536	4046	4.5	4.5	17.3442555	18.80145
CA-967	4047	4.5	4.5	17.3442555	18.80145
AC-488	4050	4.5	4.5	17.3442555	18.80145
GL-504	4050	4.5	4.5	17.3442555	18.80145
TJ-510 W	4050	4.5	4.5	17.3442555	18.80145
TJ-500 E	4050	4.5	4.5	17.3442555	18.80145
TJ -500 W	4051	4.5	4.5	17.3442555	18.80145
PROMEDIO		4.5	4.5	17.3442555	18.80145

Fuente: Elaboración propia

c) Caudal según el número de personas

Para el caudal, según el número de personas se hace una con los cargos y la cantidad donde se puede visualizar en la Tabla 4 y a su vez la aplicación de la fórmula para hallar la cantidad de aire por persona donde los resultados se observan en la Tabla 5.

Tabla 4. Cantidad de personas.

CARGOS	N° PERSONAS
Inspección Gerencial	1
Residente	1
Ing. Jefe de guardia	1
Ing. De seguridad	1
Ing. Geo mecánico	1
Ing. Productividad	1
Ing. Geólogo	1
Inspector de seguridad	1
Topógrafo	1
Operador Jumbero	1
Ayudante Jumbero	1
Operador De Bolter	1
Ayudante De Bolter	1
Operador De Scoop	1
Operador De Scaler	1
Disparadores	2
Electricista	1
Mecánico Eq. Pesado	1
Chofer de camioneta	1
Total / Guardia	20

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Caudal necesario para las personas.

VOLUMEN DE AIRE MINIMO POR PERSONAL.	
N° DE TRABAJADORES	20
Qh (CFM)	4240

Fuente: Elaboración propia

d) Caudal para los equipos diésel autorizados

Los equipos que trabajan en interior de mina son mencionados en la Tabla 6 que menciona la cantidad de equipos y a su vez el volumen de aire necesario por equipo.

Tabla 6. Caudal aire para equipo diésel.

VOLUMEN DE AIRE PARA EQUIPO						
n° de equipos	Nombre de equipo	HP	consumo de CFM	Factor de simultaneidad (%)	CFM	FS* TCFM
1	SCOOP R1600G	250	106	1	26500	26500
1	JUMBO DD 310-26	92	106	0.4	9752	3900.8
1	BOLTER 88	80	106	0.4	8480	3392
1	SCALER 853 - 58	95	106	0.7	10070	7049
TOTAL (CFM)						40841.8

Fuente: Elaboración propia.

e) Caudal para dilución de contaminantes

Para el cálculo de este caudal, se emplea la siguiente formula y los resultados obtenidos se mencionan en la Tabla 7 la cantidad de explosivos y Tabla 8 el caudal necesario para la dilución.

$$Q_3 = (100 \times A \times a) / (d \times t)$$

Donde:

Q3 = caudal de aire requerido por consumo de explosivo detonado (m³/min)

A = cantidad de explosivo detonado, equivalente a dinamita 60%(kg) (consumo de total de explosivo empleado por turno)

a = volumen de gases generados por cada Kg de explosivo

a = 0.04 (m³/Kg de explosivo). Valor tomado como norma general

d = % de dilución de los gases en la atmósfera, deben ser diluidos a no menos de 0.008% y se aproxima a 0.01%

t = tiempo de dilución de los gases (minutos); generalmente, este tiempo no es mayor de 30 minutos, cuando se trata de detonaciones corrientes.

Tabla 7. Cantidad de explosivos.

CANTIDAD DE EXPLOSIVO EN KG METODO DE EXPLOTACION TIPO BREASTING		UNIDAD
ANFO	30	KG
EMULEX	19.5	KG
TOTAL/DIA	49.5	KG
TOTAL/GUARDIA	24.75	KG

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Caudal para dilución de contaminantes.

$$Q_3 = [(100 \times 24.75 \times 0.04) / (0.008 \times 30)]$$

$$Q_3 = 412.5 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$Q_3 = 14567.3137 \text{ CFM}$$

Fuente: Elaboración propia

f) Caudal de aire total

El caudal del aire total es el resultado de la suma del aire requerido o la suma total de los datos calculados anteriormente que se visualizan los resultados en la Tabla 9.

Tabla 9. Caudal total.

Q hombre	4240
Q equipo	40841.8
Q dilución	14567.3137
Q total(CFM)	59649.1137

Fuente: Elaboración propia

g) Balance de flujos

Se muestra el balance de flujos en la Tabla 10, cuyos datos fueron tomados de campo en el ingreso y salida de caudal de aire así como el déficit que se tiene.

Tabla 10. Balance de flujos de aire entrada y salida.

BALANCE DE FLUJOS		
ENTRADA DE AIRE		
Rampa 574 E	500.71 m ³ /min	17682.53 CFM
Chimenea 629	1057.7 m ³ /min	37352.3 CFM
TOTAL	1,558.41 m ³ /min	55034.83 CFM
SALIDA DE AIRE		
Chimenea 838	1495.41 m ³ /min	54971.83 CFM
TOTAL	1,495.41 m ³ /min	54971.83 CFM
REQUERIMIENTO DE AIRE		
Q hombre	120.06 m ³ /min	4240 CFM
Q equipo	1156.51 m ³ /min	40841.8 CFM
Q dilución	412.5 m ³ /min	14567.31 CFM
Necesidad de aire	1689.07 m ³ /min	59649.11 CFM
cobertura	92.3 %	92.3 %
déficit	130.7 m ³ /min	4614.3 CFM

Fuente: Elaboración propia.

h) Caudales hallados

Se toma las mediciones de los caudales hallados en el nivel mencionado, el cual se indica en la Tabla 11, con la muestra de 18 estaciones puntos estratégicos tomados por el investigador cada una con la medición del caudal de aire tomado en campo.

Tabla 11. Caudales hallados en cada sección.

Estación	Ubicación	Cota (m)	Ancho(m)	Alto (m)	perímetro	Área (m ²)	Velocidad (m/min)	Caudal (m ³ /min)
P1	RP-574 E	4044	4.5	4.5	17.3	18.8	40.1	754.5
P2	BP-574 E	4043	4.5	4.5	17.3	18.8	35.1	660.5
P3	VE-005	4043	4.5	4.5	17.3	18.8	35.1	660.5
P4	VE-007	4032	4.5	4.5	17.3	18.8	30.1	566.5
P5	VE-006	4040	4.5	4.5	17.3	18.8	30.6	575.9
P6	VE-004	4100	4.5	4.5	17.3	18.8	33.1	622.9
P7	VE-003	4045	4.5	4.5	17.3	18.8	24.5	461.2
P8	GL-580E	4042	4.5	4.5	17.3	18.8	25.2	474.4
P9	GL-580W	4041	4.5	4.5	17.3	18.8	25.2	474.4
P10	GL-504	4044	4.5	4.5	17.3	18.8	27.1	510.1
P11	BP-581W	4045	4.5	4.5	17.3	18.8	27.1	510.1
P12	CA-536	4046	4.5	4.5	17.3	18.8	27.1	510.1
P13	CA-967	4047	4.5	4.5	17.3	18.8	18.1	340.9
P14	AC-488	4050	4.5	4.5	17.3	18.8	20.4	384.1
P15	GL-504	4050	4.5	4.5	17.3	18.8	19.4	365.3
P16	TJ-510 W	4050	4.5	4.5	17.3	18.8	20.1	378.5
P17	TJ-500 E	4050	4.5	4.5	17.3	18.8	15.1	284.5
P18	TJ-500 W	4051	4.5	4.5	17.3	18.8	23.6	444.3
PROMEDIO			4.5	4.5	17.3442555	18.80145	49.9	

Fuente: Elaboración propia

i) Caída de presión

Para determinar la caída de presión se aplica la fórmula de Atkinson, mencionando el cálculo en la Tabla 12.

Tabla 12. Calculo Caída de presión.

$k(\text{Ns/m}^4)$	0.011
$c(\text{m})$	17.344
$L(\text{m})$	1216
$V(\text{m/s})$	0.83167
$A(\text{m}^2)$	18.801
$P(\text{Pa})$	8.5

Fuente: Elaboración propia.

2.2.25. Costos de ventilación en el tiempo

Se tomaron los costos calculados en los siguientes puntos y mencionando en la Tabla 13:

- Amortización (A).
- Depreciación (D).
- Costo de mantenimiento (M).

Tabla 13. *Costos de ventilación en el tiempo.*

OBJETOS	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO DE ADQUISICIÓN	VIDA UTIL	(A) US\$/AÑO	(D) US\$/AÑO	(M) US\$/AÑO	SUB TOTAL US\$/AÑO (A+D+M)
VENTILADOR Airtec								
Axial 60000 CFM	c/u	1	15,000	10	2653	1200	1500	5353
DUCTO METALICO								
De 15" Radio	c/u	1	1,000	10	177	80	100	356.98
3x 12 AWG	m	700	1,400	10	248	112	140	500
EQUIPOS DE MEDICION								
Anemómetro KESTREL	c/u	1	400	2	237	160	200	597
Bomba de humo	c/u	1	25	2	15	10	13	37
Analizador de gases	c/u	1	700	2	414	280	350	1044
MANGA DE VENTILACIÓN								
De 15" Radio	m	750	3,750.00	1				3,750
MATERIALES								
Clavo metálico	c/u	300	750	1				750
COSTO TOTAL								12,387.68

Fuente: Elaboración propia.

2.2.26. Costo de energía eléctrica (E)

Se obtiene el costo del ventilador eléctrico en operación teniendo en cuenta las siguientes variables que se especifican en la Tabla 14:

- Ponencia (P)
- Tiempo de efectivo de operación (TE)
- Costo de energía eléctrica (E)

a) Cálculo de la potencia (P)

Se hace el cálculo en kW del ventilador 60000 CFM.

Tabla 14. Cálculo de la potencia (P).

Ventilator Airtec	Voltage(V)	Amperage(I)	Parametric Electric (Cos ϕ)	Eficiencia de motor (e)	POTENCIA (P) kw
Axial 60000 CFM	460	119	0.87	0.95	78.36

Fuente: Elaboración propia

b) Tiempo efectivo de operación (TE)

Se da muestra el cálculo del tiempo efectivo en la Tabla 15

Tabla 15. Tiempo efectivo de operación (TE).

TE (Tiempo efectivo de operación)		
Horas/día	Dias/mes	Horas/año
16	30	5760

Fuente: Elaboración propia

c) Costo de la energía eléctrica (E)

Se hace el cálculo del costo de energía eléctrica donde los resultados del ventilador se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16. Costo de la energía eléctrica (E).

POTENCIA (P) KW	78.36
TE (TIEMPO EFECTIVO DE OPERACIÓN)	5760
COSTO ENERGÍA ELÉCTRICA (US\$/KW)	4.657
CANTIDAD DE VENTILADORES DE 60000 CFM	1
VENTILADOR AXIAL AIRTEC DE 60000 CFM TOTAL (US\$)	2101953.7

Fuente: Elaboración propia

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Chimenea

Es Una entrada vertical a una mina hecha hacia abajo desde la superficie, Excavación vertical o inclinada que desemboca directamente en la superficie y está destinada a la extracción del mineral, al descenso y al ascenso del mineral y los materiales. En la chimenea van canalizados los cables eléctricos, las tuberías de conducción de agua y aire comprimido; a través de la chimenea se efectúa la ventilación de todas las labores subterráneas.

Enfermedad profesional

Todo estado patológico permanente o temporal que sobrevenga a un trabajador como consecuencia obligada y directa de la clase de trabajo o del medio en que se ha visto obligado a laborar, y que haya sido determinada como Enfermedad. En minería, los riesgos causales de enfermedades profesionales se deben en la mayoría de los casos al manejo inadecuado de los desagües, exposición de material particulado (polvo, gases), pisos planos inclinados y a la falta de buena ventilación.

Gases esenciales

En minería, el aire atmosférico y el oxígeno, los gases indispensables para la vida del hombre.

Gases nitrosos

Gases nitrosos NO y NO₂. Son derivados de diferentes óxidos de nitrógeno. Se encuentra como mezcla en diferentes concentraciones como producto habitual de las voladuras en los frentes. Estos dos gases no se separan nunca en esta situación, por lo que hay que reconocerlos juntos, aunque los porcentajes

varíen constantemente. Producen la muerte por edema pulmonar, por lo que es preciso.

Gases sofocantes

En minería, gases que producen ahogos y en altas concentraciones pueden producir la muerte: nitrógeno (N_2), dióxido de carbono (CO_2) que cuando es >15% en volumen es mortal; metano (CH_4) y el gas de carburo.

Grisú

Se llama grisú a una mezcla de metano con aire en proporciones variables, la cual puede contener algún que otro gas. Sus características son: altamente combustible arde con llama azul, incolora, asfixiante y pesa menos que el aire. Puede desplazar el oxígeno en la mezcla de aire hasta niveles en los que el porcentaje de oxígeno (O_2) sea lo suficientemente bajo para no permitir la supervivencia humana y tiende a acumularse en los lugares altos de las labores donde la velocidad de ventilación es pequeña. Su mayor riesgo se debe a la capacidad de arder y explotar según los porcentajes de su mezcla con el aire, y se considera el mayor riesgo entre el 5% y 16% (en los que la mezcla es altamente explosiva y arde por debajo de la cifra menor y apaga la llama por encima de la cifra mayor). Se detecta mediante la lámpara de gasolina.

Leyes de ventilación

Son Conjunto de leyes que rigen el diseño de un eficiente circuito de ventilación: Por cada 30 metros que se desciende desde el suelo la temperatura aumenta un grado centígrado; Para obtener una corriente de aire se precisa una entrada, una salida y una diferencia de presión (depresión). En un circuito, cuanto mayor es la depresión mayor será la cantidad de aire que pasa por él; El porcentaje de gas será menor cuanto mayor sea la cantidad de aire; El aire, para

salir, siempre toma el camino más fácil; Cuantas menos fugas haya en el circuito, mayor será la cantidad de aire que pasa por el aire caliente tiende a subir.

Ventilación natural

Sistema de ventilación que se emplea en las minas subterráneas, principalmente las localizadas en montañas, que se consigue por diferencia de cota, sin utilizar ninguna clase de equipo mecánico o eléctrico como ventiladores y extractores. La única fuerza natural que puede crear y mantener un flujo apreciable de aire es la energía térmica, debido a la diferencia de temperatura, que genera una diferencia de peso específico entre el aire saliente y entrante.

Ventilador

En minería, dispositivo eléctrico o mecánico utilizado para recirculación, difusión o extracción del aire de la mina, los cuales pueden clasificarse, según su modo de operación, en Ventiladores centrífugos, y Ventiladores axiales (de tipo propulsor o mural, de tipo tubo - axial, y tipo vane - axial).

Manga de ventilación

Es un ducto fabricado para evacuar aire. Se caracteriza por ser muy resistente y liviana. Tanto para hacer llegar el aire del ducto a la frente (sistema impelente) como para hacer llegar los gases y polvo al ducto (sistema aspirante).

CAPÍTULO III

PROCESO DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS

Para las pruebas de hipótesis se utilizará la Matriz de análisis de datos, con los datos tomados y mencionados en la Tabla 18, desde 2017 y en diferentes ámbitos de estudio. La recolección de datos brindara resultados con el software SPSS Statistics versión 25 y el software Microsoft Excel a cada interrogante formulada.

Para la ejecución de la prueba de hipótesis, se tendrá consideración lo siguiente datos que se muestran en la Tabla 17 y para la gráfica de campana de gauss ver anexo 3.

Tabla 17. *Datos para Contratación de Hipótesis.*

Margen de error	Confiabilidad	Valor critico	Grados de liberad
0,05%	95%	(+/-)2,110	17

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. *Matriz de Análisis Datos del nivel 970 – Unidad Productiva Carahuacra, Volcan S.A.A. – 2018.*

UBICACIÓN	INICIAL						FINAL					
	VELOCIDAD (M/MIN)	CAUDAL (M3/MIN)	OXIGENO (O2%)	MONÓXIDO DE CARBONO (PPM)	DIÓXIDO DE CARBONO (PPM)	PROMEDIO DE GASES PERNICIOSO (%)	VELOCIDAD (M/MIN)	CAUDAL (M3/MIN)	OXIGENO (O2%)	MONÓXIDO DE CARBONO (PPM)	DIÓXIDO DE CARBONO (PPM)	PROMEDIO DE GASES PERNICIOSO (%)
RP-574 E	60.3	1133.7	19.6	13.0	1050.0	63.5	63.5	1193.9	20.1	3.5	850.0	57.8
BP-574 E	55.3	1039.7	19.5	12.8	1020.0	62.5	58.5	1099.9	20.0	3.3	770.0	57.2
VE-005	50.5	949.5	19.5	13.0	1050.0	62.7	58.5	1099.9	20.0	3.5	800.0	57.5
VE-007	50.3	945.7	19.3	12.6	1040.0	61.0	53.5	1005.9	19.9	3.1	790.0	57.1
VE-006	41.8	785.9	19.4	12.7	1000.0	61.6	54.0	1015.3	19.9	3.2	750.0	57.0
VE-004	45.3	851.7	19.4	12.5	1030.0	61.6	56.5	1062.3	19.9	3.0	780.0	56.9
VE-003	44.7	840.4	19.2	12.2	950.0	59.4	47.9	900.6	19.7	2.7	700.0	56.2
GL-580E	45.4	853.6	19.1	12.0	950.0	59.0	48.6	913.8	19.7	2.7	700.0	56.2
GL-580W	45.4	853.6	19.2	12.0	970.0	59.6	48.6	913.8	19.8	2.5	720.0	56.1
GL-504	50.3	945.7	19.3	12.5	1000.0	60.5	50.5	949.5	19.8	3.0	750.0	56.8
BP-581W	47.3	889.3	19.3	12.1	1000.0	60.1	50.5	949.5	19.8	2.6	750.0	56.4
CA-536	44.3	832.9	19.2	12.5	1000.0	59.9	50.5	949.5	19.7	3.0	750.0	56.8
CA-967	36.5	686.3	19.0	11.8	900.0	57.7	41.5	780.3	19.6	2.3	650.0	55.6
AC-488	35.6	669.3	19.1	12.0	940.0	58.4	43.8	823.5	19.6	2.5	690.0	56.0
GL-504	35.0	658.1	18.9	11.9	890.0	57.2	42.8	804.7	19.6	2.4	640.0	55.6
TJ-510 W	40.3	757.7	19.0	11.9	890.0	57.4	43.5	817.9	19.5	2.4	640.0	55.6
TJ-500 E	35.3	663.7	19.0	11.5	850.0	57.0	38.5	723.9	19.5	2.0	600.0	55.0
TJ-500 W	43.8	823.5	19.1	12.1	950.0	58.5	47.0	883.7	19.6	2.6	700.0	56.1

Fuente: Elaboración propia.

3.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS

3.1.1 Hipótesis General

La aplicación del ventilador axial permitirá la dilución de gases perniciosos en el nivel 970 - Unidad Productiva Carahuacra, Volcan S.A.A. - 2018.

a) Hipótesis Alterna

“La aplicación del ventilador axial si permitirá la dilución de gases perniciosos en el nivel 970 - Unidad Productiva Carahuacra, Volcan S.A.A. - 2018”.

b) Hipótesis Nula

“La aplicación del ventilador axial no permitirá la dilución de gases perniciosos en el nivel 970 - Unidad Productiva Carahuacra, Volcan S.A.A. - 2018”.

En primer lugar, verificamos si los datos provienen de una distribución normal, para ello detallamos línea abajo.

c) Prueba de Normalidad

Dónde: Para nuestro análisis en base a 18 muestras del nivel 970 - Unidad Productiva Carahuacra, la prueba de normalidad se hace en base a Shapiro Wilk, donde se obtiene los resultados mencionados en la Tabla 19 y el resumen de la prueba de normalidad versus el grado de significancia se menciona en la Tabla 20.

Tabla 19. Prueba de Normalidad para Hipótesis General.

PRUEBAS DE NORMALIDAD			
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Ventilador axial (m3/min)	,978	18	,929
Promedio de Gases Pernicioso (%)	,975	18	,890

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20. Prueba de Normalidad vs significancia.

Normalidad		
0.929	>	0.05
0.89	>	0.05

Fuente: Elaboración propia.

Dónde: La prueba de normalidad, los valores 0.929 y 0.890 son mayores al valor de significancia de 0.05, se acepta que los datos de los datos provienen de una distribución normal.

d) Correlación de Pearson

A continuación, la Prueba de correlación de las Variables, a contrastar se menciona los resultados obtenidos en la Tabla 21.

Tabla 21. *Prueba de correlación de las variables.*

CORRELACIONES DE PEARSON			
		Ventilador axial (m3/min)	Promedio de Gases Pernicioso (%)
Ventilador axial (m3/min)	Correlación de Pearson	1	,972**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	18	18
Promedio de Gases Pernicioso (%)	Correlación de Pearson	,972**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	18	18

Fuente: Elaboración propia.

Hallado el resultado de la correlación de Pearson $r = 0,972$ y cuyo valor se representa en los siguientes valores, corresponde entonces a una correlación negativa muy alta según Tabachnick, donde nos indica en el cuadro 13, los valores de los resultados y la caracterización del grado de significancia.

Cuadro 3. *Tabla Tabachnick.*

Valor	Significado
-1	Correlación negativa grande y perfecta
-0,9 a -0,99	Correlación negativa muy alta
-0,7 a -0,89	Correlación negativa alta
-0,4 a -0,69	Correlación negativa moderada
-0,2 a -0,39	Correlación negativa baja
-0,01 a -0,19	Correlación negativa muy baja
0	Correlación nula
0,01 a 0,19	Correlación positiva muy baja
0,2 a 0,39	Correlación positiva baja
0,4 a 0,69	Correlación positiva moderada
0,7 a 0,89	Correlación positiva alta
0,9 a 0,99	Correlación positiva muy alta
1	Correlación positiva grande y perfecta

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos85/coeficiente-correlacion-karl-pearson/coeficiente-correlacion-karl-pearson.shtml>.

A continuación, se detalla los resultados descriptivos del ventilador axial y los gases perniciosos de los datos introducidos al software SPSS Statistics versión 25, detallando los resultados en la Tabla 22.

Tabla 22. Descriptiva del ventilador axial y los gases perniciosos.

Descriptivos			Estadístico	Error estándar	
Ventilador axial (m3/min)	Media		4,988,024,685	294,775,593	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	4,366,102,547		
		Límite superior	5,609,946,823		
	Media recortada al 5%		4,965,045,135		
	Mediana		4,922,219,609		
	Varianza		15,640,677		
	Desviación estándar		1,250,626,924		
	Mínimo		2,844,659,385		
	Máximo		7,545,021,885		
	Rango		47,003,625		
	Rango intercuartil		2,049,358,050		
	Asimetría		,277	,536	
	Curtosis		-,398	1,038	
	Promedio de Gases Pernicioso (%)	Media		1,281,666,667	,350652986
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,207,685,354	
		Límite superior	135,564,798		
Media recortada al 5%			1,282,407,407		
Mediana			1,255,000		
Varianza			2,213		
Desviación estándar			1,487,694,624		
Mínimo			100,000		
Máximo			155,000,000		
Rango			5,500,000		
Rango intercuartil			2,250,000		
Asimetría			-,019	,536	
Curtosis			-,619	1,038	

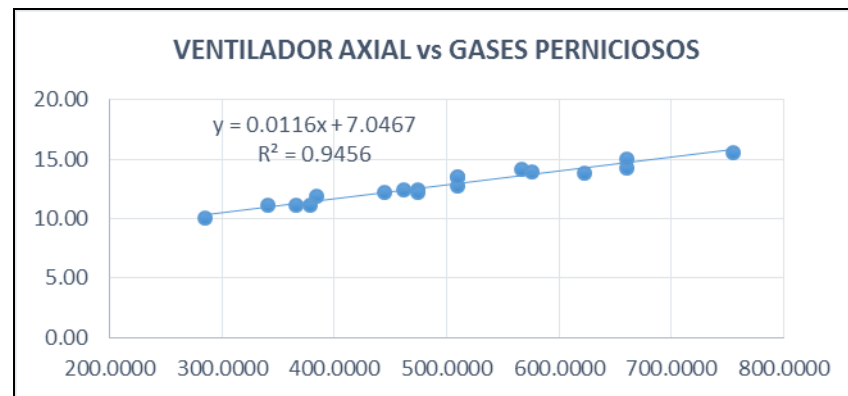
Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente Tabla 23 se detalla la muestra de línea de correlación de muestras emparejadas de las variables contrastadas y el grado de correlación del ventilador axial y gases perniciosos en una gráfica de dispersión, se menciona en la figura 9.

Tabla 23. *Correlaciones de muestras emparejadas.*

Correlaciones de muestras emparejadas				
		N	Correlación	Sig.
Par 1	Ventilador axial (m3/min) & Promedio de Gases Pernicioso (%)	18	,972	,000

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 9. *Correlación ventilador axial vs gases perniciosos.*

Según, se muestra una correlación ascendente, con $R^2 = 0.9456$.

Aceptando que los datos provienen de una distribución normal y la existencia de una alta correlación de Pearson se procede a realizar el test estadístico: T - Student, donde los resultados se muestra en la Tabla 24.

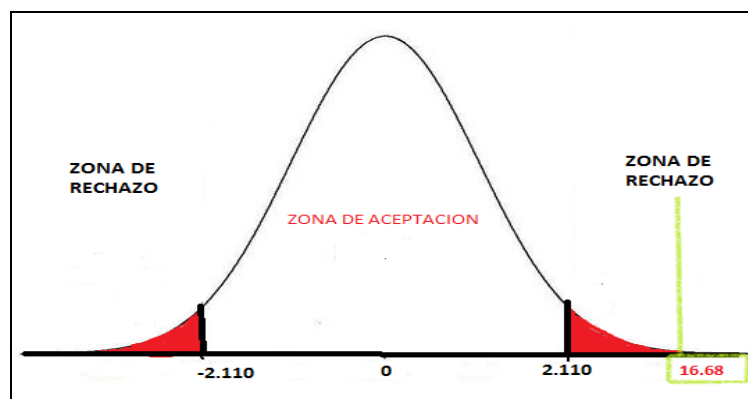
Tabla 24. Prueba de T- Student para Hipótesis General.

	Prueba de muestras emparejadas						t	gl	Sig. (bilateral)
	Diferencias emparejadas				Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia			
	Media	Desviación estándar	Inferior	Superior					
Par 1 Ventilador axial (m3/min) - Gases Pernicioso (%)	485	123,62	29,137	424,5	547,46	16,68	17	,000	

Fuente: Elaboración propia.

e) Campana de Gauss

Mediante la tabla de cuartiles, se obtiene los valores de: valor crítico ± 2.110 y grados de libertad de 17, el resultado obtenido se muestra en la figura 10.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 10 Campana de Gauss para Hipótesis General

Dónde: El resultado 16.68, del T- Student se posiciona en la zona de rechazo por ende se descarta la hipótesis nula.

Analizando la hipótesis alternativa a través de las medias de la medición del gases perniciosos inicialmente y gases perniciosos al

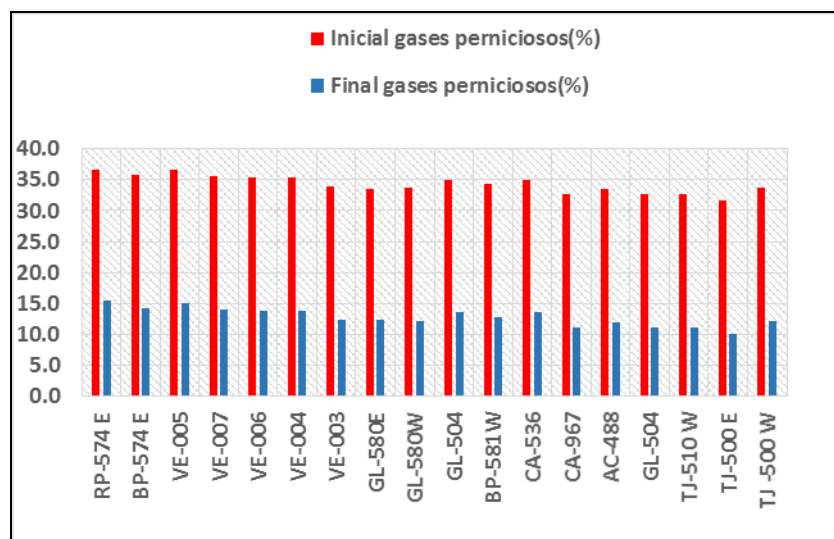
final luego de la influencia del ventilador axial, se menciona en Tabla 25.

Tabla 25. Prueba Estadística gases perniciosos inicialmente y gases perniciosos luego de la influencia del ventilador axial.

Estadísticas de muestras emparejadas				
	Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	Inicial gases perniciosos (%)	34,323,333	1,444,734,863	,3405272730
	Final Gases Pernicioso (%)	128,166,667	1,487,694,624	,350652986

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se detalla los Estadística gases perniciosos inicialmente y gases perniciosos luego de la influencia del ventilador axial en grafico estadístico de barras visualizándose en la figura 11.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 11. Comparativos de gases perniciosos inicialmente y al final

f) Análisis estadístico

Por lo expuesto el valor $t = 16.68$ reposa sobre la zona de rechazo, por tanto, se descarta la hipótesis nula, también podemos ver los resultados del comparativo de graficas de los gases perniciosos al inicio y al final de aplicar el ventilador axial diluye la concentración gases perniciosos. En la comparación de medias hay una disminución de 34,323% a 12,817% una diferencia de 21.506% de dilución de gases perniciosos, por lo expuesto se acepta la hipótesis alterna: La aplicación del ventilador axial permitirá la dilución de gases perniciosos en el nivel 970 - Unidad Productiva Carahuacra, Volcan S.A.A.

3.1.2 Hipótesis Específicas

Para las hipótesis específicas se considera solamente el gas carbonoso o monóxido de carbono y el gas anhídrido carbonoso o dióxido de carbono ya que son los principales gases que generan más problemas.

a) Hipótesis Especifica 1

El caudal de aire disminuye la concentración de gas carbonoso entonces mejora las condiciones laborales en el nivel 970 - Unidad Productiva Carahuacra, Volcan S.A.A - 2018.

Hipótesis Alterna

El caudal de aire si disminuye la concentración de gas carbonoso en el nivel 970 - Unidad Productiva Carahuacra, Volcan S.A.A - 2018.

Hipótesis Nula

El caudal de aire no disminuye la concentración de gas carbonoso en el nivel 970 - Unidad Productiva Carahuacra, Volcan S.A.A – 2018.

En primer lugar, verificamos si los datos provienen de una distribución normal, para ello detallamos línea abajo.

Prueba de Normalidad

Dónde: Para nuestro análisis en base a 18 muestras de tajeos de nivel 970 – Unidad Productiva Carahuacra, Volcan S.A.A. - 2018, la prueba de normalidad se hace en base a Shapiro Wilk, el resultado se especifica en la Tabla 26.

Tabla 26. Prueba de Normalidad para Hipótesis específica 1.

	Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Inicial Monóxido de carbono CO(PPM)	,951	18	,435
Final Monóxido de carbono CO(PPM)	,961	18	,627

Fuente: Elaboración propia.

Dónde: Las pruebas de normalidad los valores 0.435 y 0.627 son mayores al valor de significancia 0.05, se acepta que los datos de los tajeos provienen de una distribución normal. Se procede a realizar T-Student, donde los resultados se muestran en la Tabla 27.

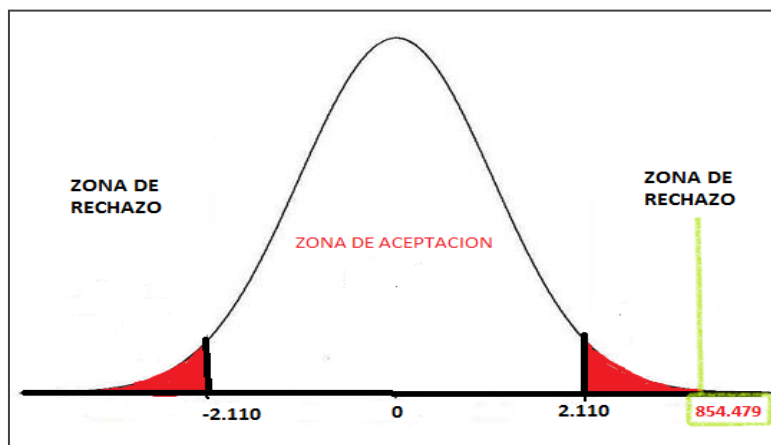
Tabla 27. Prueba de T- Student para Hipótesis Específica 1.

Prueba de muestras emparejadas								
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Diferencias emparejadas				
				Inferior	Superior			
Inicial Monóxido de carbono								
Par 1 CO(PPM) - Final Monóxido de carbono CO(PPM)	9,517	,0478	,0112	9,49	9,55	854,47	17	,000

Fuente: Elaboración propia.

Campana de Gauss

Mediante la tabla de cuartiles, se obtiene los valores de: valor crítico ± 2.110 y grados de libertad de 17. Cuyo resultado de operación se muestra en la figura 12.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 12. Campana de Gauss para Hipótesis Específica N° 1

Dónde:

El resultado 854.479, del T- Student se posiciona en la zona de rechazo por ende se descarta la hipótesis nula.

Analizando la hipótesis alternativa a través de las medias de la medición de la inicial del monóxido de carbono y el final de

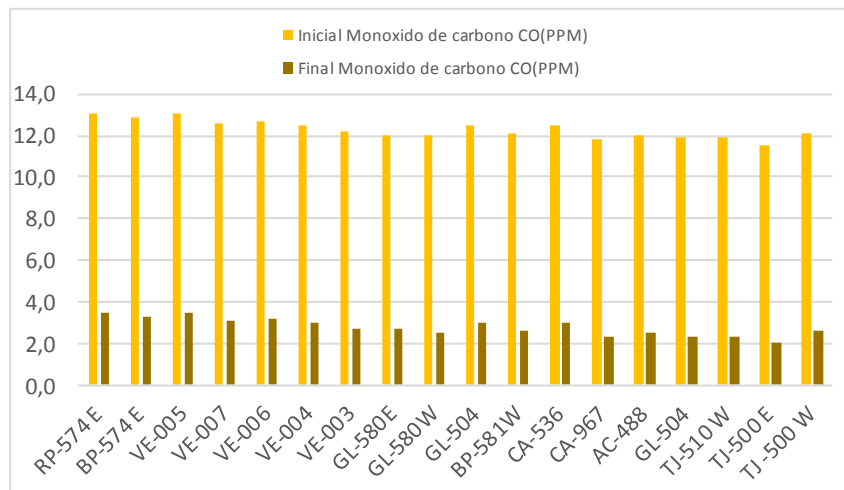
monóxido ambos en ppm luego de la influencia del ventilador axial, se obtiene resultados positivos los cuales se describen en la Tabla 28.

Tabla 28. *Tabla de muestras Emparejadas y Medias para Hipótesis Específica 1.*

		Estadísticas de muestras emparejadas			
		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	Inicial Monóxido de carbono CO(PPM)	123,061	18	,435729799	,102702498
	Final Monóxido de carbono CO(PPM)	27,889	18	,43201	,10183

Fuente: *Elaboración propia.*

También se detalla con graficas los promedios de la medición inicial del monóxido de carbono y el final de monóxido ambos en ppm en cada uno de los tajeos donde se observa en gráficos de barras en la figura 13.



Fuente: *Elaboración propia.*

Figura 13. *Comparativo de monóxido de carbono inicial y monóxido de carbono final.*

Se determina que los picos más altos son de la medición inicial de monóxido de carbono y los picos menores de monóxido de carbono al

final de haber hecho la aplicado el ventilador axial de 60000 CFM, apreciándose una gran diferencia en la ppm.

Análisis estadístico

Por lo expuesto, dado que el valor $t = 854.479$ reposa sobre la zona de rechazo, se descarta la hipótesis Nula. También podemos apreciar la diferencia en la gráfica de la medición inicial y final. En la comparación de medias hay una disminución de 12.3061 ppm a 2.7889 ppm una diferencia de 9.5172 ppm de dilución de monóxido de carbono estamos dentro de lo establecido en el reglamento DS. N°024-2016 EM, que menciona el tiempo medio moderado de exposición en concentración de monóxido de carbono es 25 ppm. Por lo expuesto se acepta la hipótesis alterna: El caudal de aire disminuye la concentración de gas carbonoso en el nivel 970 - Unidad Productiva Carahuacra, Volcan S.A.A.

b) Hipótesis Especifica 2

El caudal de aire disminuye la concentración de gas anhídrido carbonoso entonces mejora las condiciones laborales del trabajador en el nivel 970 - Unidad Productiva Carahuacra, Volcan S.A.A - 2018.

Hipótesis Alterna

El caudal de aire si disminuye la concentración de gas anhídrido carbonoso en el nivel 970 - Unidad Productiva Carahuacra, Volcan S.A.A -2018.

Hipótesis Nula

El caudal de aire no disminuye la concentración de gas anhídrido carbonoso en el nivel 970 - Unidad Productiva Carahuacra, Volcan S.A.A -2018.

En primer lugar, verificamos si los datos provienen de una distribución normal, para ello detallo línea abajo.

Prueba de Normalidad

Dónde: Para nuestro análisis en base a 18 muestras de tajeos del nivel 970, Unidad Productiva Carahuacra, Volcan S.A.A. - 2018. La prueba de normalidad se hace en base a Shapiro Wilk, se visualiza resultados en Tabla 29.

Tabla 29. Prueba de Normalidad para hipótesis Especifica 2.

	Pruebas de normalidad		
	Estadístico	Shapiro-Wilk gl	Sig.
Inicial Dióxido de carbono CO2(PPM)	,937	18	,258
final Dióxido de carbono CO2(PPM)	,975	18	,886

Fuente: Elaboración propia.

Dónde:

Los valores 0.258 y 0.886 son obtenidos son mayores al valor de significancia. Se acepta que los datos de los tajeos provienen de una distribución normal.

Aceptando que los datos provienen de una distribución normal se procede a realizar el test estadístico: T- Student, Ver Tabla 30.

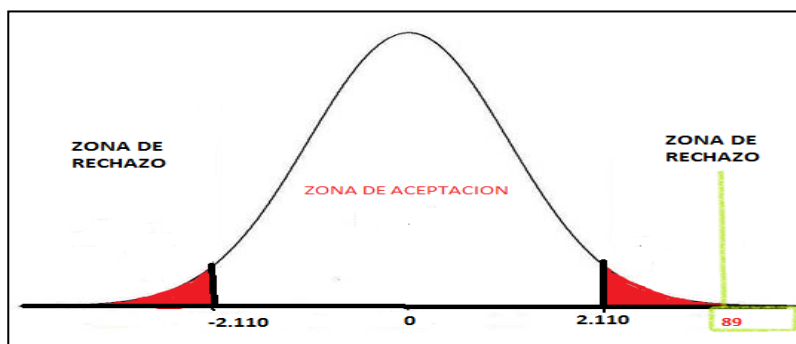
Tabla 30. Prueba T Student para Hipótesis específica 2.

		Prueba de muestras emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Diferencias emparejadas							
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de					
				Inferior	Superior				
Par 1	Inicial Dióxido de carbono CO ₂ (PPM)- final Dióxido de carbono CO ₂ (PPM)	247	11,8	27,778	241,4	253	89	17	,000

Fuente: Elaboración propia.

Campana de Gauss

Mediante la tabla de cuantiles, se obtiene los valores de: valor crítico ± 2.110 y grados de libertad de 17, Ver figura 14.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 14 Campana de Gauss para Hipótesis Específica N° 2

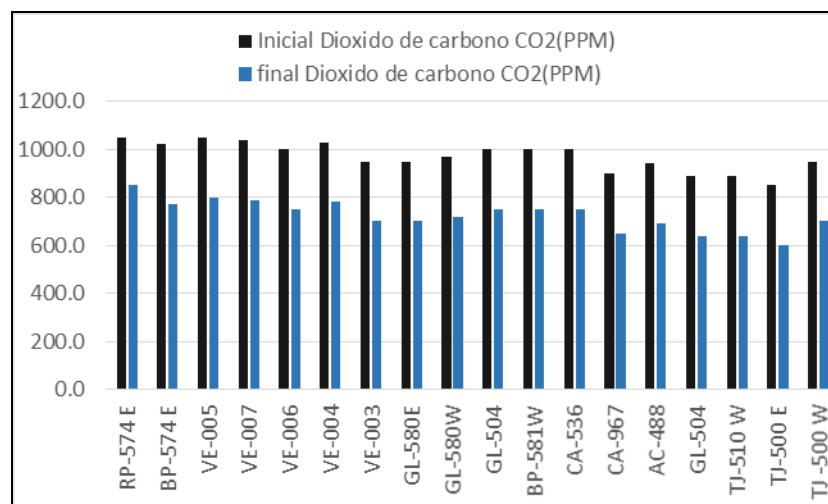
El resultado se posiciona en la zona de rechazo por ende se descarta la hipótesis nula. Analizaremos la hipótesis alternativa, a través de las medidas tomadas al inicio y final del dióxido de carbono donde se menciona el valor de las medias en Tabla 31 obteniendo resultados positivos.

Tabla 31. *Muestras Emparejadas y Medias para Hipótesis específica 2.*

Estadísticas de muestras emparejadas					
	Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar	
Par 1	Inicial Dióxido de carbono CO ₂ (PPM)	971,11	18	60,185	14,186
	Final Dióxido de carbono CO ₂ (PPM)	723,888	18	650,012,569	1,532,094,318

Fuente: *Elaboración propia.*

A continuación, se detalla los comparativos mediante grafica de inicio y final de dióxido de carbono, Ver figura 15.



Fuente: *Elaboración propia.*

Figura 15. *Comparativo de dióxido de carbono inicial y dióxido de carbono final.*

Análisis estadístico

Por lo expuesto, dado que el valor $t = 89$ reposa sobre la zona de rechazo, se descarta la hipótesis Nula. También podemos apreciar la diferencia en la gráfica de la medición inicial y final. En la comparación de medias hay una disminución de 971.11 ppm a 723.89 ppm una diferencia de 247.22 ppm de dilución de dióxido de carbono

estamos dentro de lo establecido en el reglamento DS N°024-2016 EM, que menciona el tiempo medio moderado de exposición en concentración de monóxido de carbono es 5000 ppm. Por lo expuesto se acepta la hipótesis alterna: El caudal de aire disminuye la concentración de gas anhídrido carbonoso en el nivel 970 - Unidad Productiva Carahuacra, Volcan S.A.A.

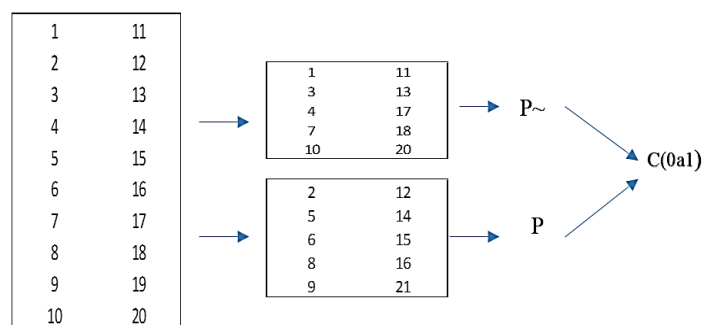
CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. CONFIABILIDAD Y VALIDACION DEL INSTRUMENTO

4.1.1 Confiabilidad del Instrumento

Para la confiabilidad del instrumento la presente investigación ha sido medida por el Método de Mitades Partidas (split-halves) que detallaremos líneas abajo en figura 16.



Fuente: Elaboración propia

Figura 16. Método de Mitades Partidas (split-haves).

De una forma aleatoria los datos de matriz de análisis se dividen en dos grupos para realizar la correlación, cada uno de ellos serán sometidos

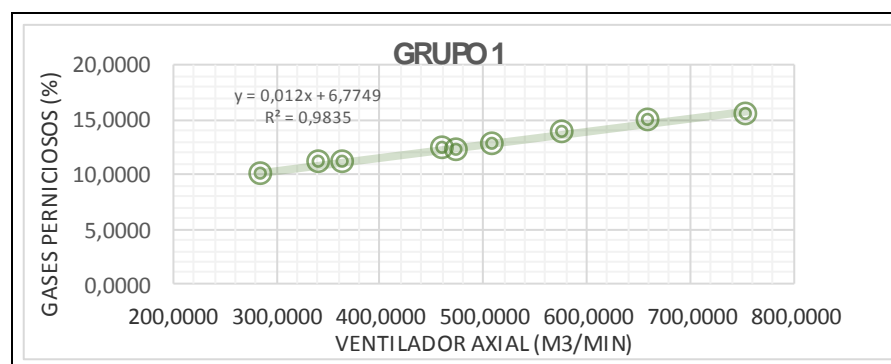
a coeficiente de correlación. Después de la operación se muestran los resultados en Tabla 32.

Tabla 32. División de muestra para método Split halves

GRUPO 1		
NUMERO	VENTILADOR AXIAL (m ³ /min)	GASES PERNICIOSOS (%)
1	754.5022	15.5
3	660.4949	15
5	575.8884	13.9
7	461.1996	12.4
9	474.3606	12.2
11	510.0833	12.7
13	340.8703	11.1
15	365.3122	11.1
17	284.4659	10
GRUPO 2		
NUMERO	VENTILADOR AXIAL (M ³ /MIN)	GASES PERNICIOSOS (%)
2	660.4949	14.3
4	566.4877	14.1
6	622.892	13.8
8	474.3606	12.4
10	510.0833	13.5
12	510.0833	13.5
14	384.1136	11.9
16	378.4732	11.1
18	444.2783	12.2

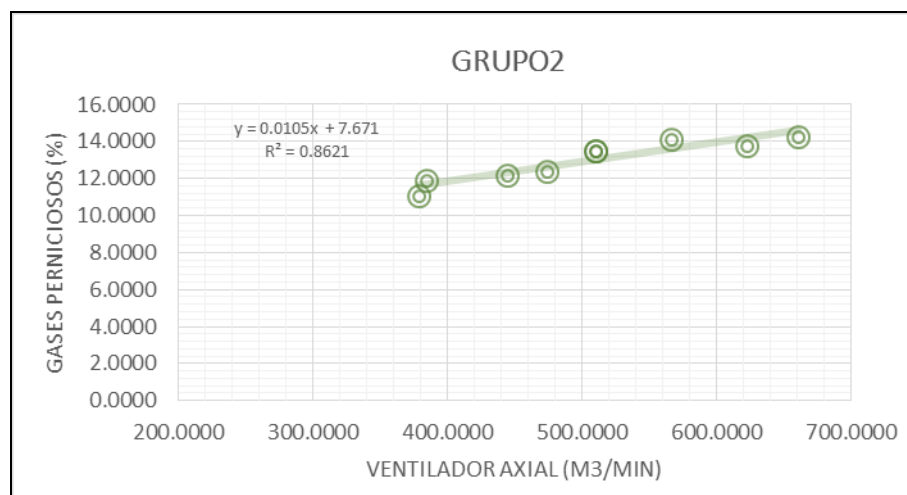
Fuente: Elaboración propia

Mediante la línea de tendencia se calcula el coeficiente de relación (R^2) para cada grupo determinando el grado de correlación de los datos, menciona en la figura 17 y figura 18 para cada grupo.



Fuente: Elaboración propia.

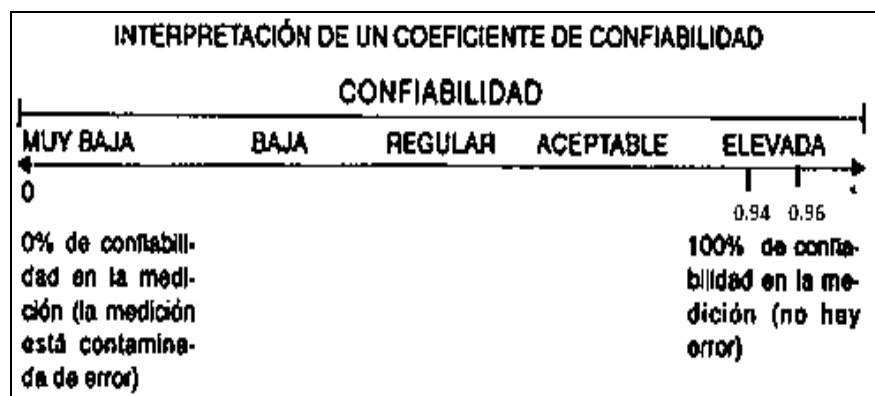
Figura 17. Grado de correlación para ambos grupos 1.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 18. Grado de correlación para ambos grupos 2.

Los valores obtenidos de R^2 son llevados a la interpretación de coeficiente de confiabilidad, donde ambos resultados recaen en una confiabilidad elevada la cual se puede comparar en la figura 19.



Fuente: R. Hernández S. Metodología de la Investigación
Figura 19. Interpretación del coeficiente de confiabilidad.

4.1.2 Validación del Instrumento

El instrumento que hemos utilizado para la recolección de datos es la Matriz de Análisis de datos, Unidad Productiva Carahuacra - Volcan S.A.A. procesado durante el mes de octubre a 2017 a junio de 2018. Para

garantía de la validación del instrumento nos guiamos por la experiencia de los jefes de guardia, supervisores y gerentes de la compañía minera. Además, personalmente he sido uno de los colaboradores que trabajó en el área de Ventilación detallo y se anexa documento de validación en los anexos.

4.2. ANALISIS CUANTITATIVO DE LAS VARIABLES.

Según la tipología de la investigación es de tipo *variable continua*, por ende, se detallan el análisis cuantitativo a través de la hipótesis formulada (general). Se ha utilizado el software Spss Statistics (versión 25), el análisis aplicativo se muestra en las siguientes tablas.

VARIABLES DE ESTUDIO

A continuación, se muestra la tabla antes de aplicar la variable de estudio, ver Tabla 33.

Tabla 33. *Análisis Cuantitativo porcentaje de gases pernicioso medición inicio y final.*

			Descriptivos		
			Estadístico	Error estándar	
Medición Inicial gases perniciosos (%)		Media	3,432,333,333	,340527273	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,360,488,359		
		Límite superior	3,504,178,308		
		Media recortada al 5%	3,435,259,259		
		Mediana	34,110,000		
		Varianza	2,087		
		Desviación estándar	1,444,734,863		
		Mínimo	31,560,000		
		Máximo	3,656,000		
		Rango	50,000,000		
		Rango intercuartil	22,350,000		
		Asimetría	-,108	,536	
		Curtosis	-,840	1,038	
	Medición Final gases perniciosos (%)		Media	12,816,666,670	,350652986
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	12,076,853,540	
Límite superior			1,355,647,980		
		Media recortada al 5%	12,824,074,070		
		Mediana	1,255,000,000		
		Varianza	2,213		
		Desviación estándar	14,876,946,240		
		Mínimo	100,000,000		
		Máximo	155,000,000		
		Rango	550,000,000		
		Rango intercuartil	225,000,000		
		Asimetría	-,019	,536	
		Curtosis	-,619	1,038	

Fuente: *Elaboración propia*

A continuación, se muestra la tabla después de aplicar la variable de estudio ver Tabla 34.

Tabla 34. *Tabla descriptivos ventilador axial y gases perniciosos.*

		Descriptivos		Estadístico	Error estándar
Ventilador axial (m3/min)	Media			4,988,024,685	294,775,593
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior		4,366,102,547	
		Límite superior		5,609,946,823	
	Media recortada al 5%			4,965,045,135	
	Mediana			4,922,219,609	
	Varianza			15,640,677	
	Desviación estándar			1,250,626,924	
	Mínimo			2,844,659,385	
	Máximo			7,545,021,885	
	Rango			47,003,625	
	Rango intercuartil			2,049,358,050	
	Asimetría			,277	,536
	Curtosis			-,398	1,038
	Promedio de Gases Pernicioso (%)	Media			1,281,666,667
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior		1,207,685,354	
		Límite superior		135,564,798	
Media recortada al 5%				1,282,407,407	
Mediana				1,255,000	
Varianza				2,213	
Desviación estándar				1,487,694,624	
Mínimo				100,000	
Máximo				155,000,000	
Rango				5,500,000	
Rango intercuartil				2,250,000	
Asimetría				-,019	,536
Curtosis				-,619	1,038

Fuente: *Elaboración propia*

4.3. PRUEBA DE NORMALIDAD

Para las pruebas de normalidad se tomaron los datos estadísticos de la Tabla 18 de acuerdo con las hipótesis formuladas (hipótesis general y específicas). A continuación se detallan las pruebas de normalidad para cada una de ellas. Además, destacamos que por el número de nuestras muestras que es de 18, adoptamos la prueba de normalidad de **Shapiro Wilk** (< 30 muestras).

Prueba de Normalidad: Hipótesis General

Para nuestro análisis en base a 18 muestras de tajeos de la unidad productiva Carahuacra, Volcan S.A.A. la prueba de normalidad se hace en base a Shapiro Wilk, se menciona en Tabla 35.

Tabla 35. *Prueba de Normalidad para Hipótesis General.*

	Prueba de normalidad		
	Estadístico	Shapiro-Wilk gl	Sig.
Ventilador axial (m3/min)	,978	18	,929
Promedio de Gases Pernicioso (%)	,975	18	,890

Fuente: Elaboración propia

La prueba de normalidad, los valores 0.929 y 0.890 son mayores al valor de significancia, se acepta que los datos de los tajeos provienen de una distribución normal.

Prueba de Normalidad: Hipótesis Especifico 1

Shapiro Wilk muestras pequeñas (<30 muestras)

Dónde:

Para nuestro análisis en base a 18 muestras de tajeos de la, unidad productiva Carahuacra, Volcan S.A.A. la prueba de normalidad se hace en base a Shapiro Wilk, el resultado se muestra en Tabla 36.

Tabla 36. Prueba de Normalidad para Hipótesis específica 1.

	Prueba de normalidad		
	Estadístico	Shapiro-Wilk	
		gl	Sig.
Inicial			
Monóxido de carbono CO(PPM)	,951	18	,435
Final			
Monóxido de carbono CO(PPM)	,961	18	,627

Fuente: Elaboración propia

La prueba de normalidad, los valores 0.435 y 0.627 son mayores al valor de significancia, se acepta que los datos de los tajeos provienen de una distribución normal.

Prueba de Normalidad Especifico 2

Shapiro Wilk muestras pequeñas (<30 muestras)

Para nuestro análisis en base a 18 muestras de tajeos de la unidad productiva Carahuacra, Volcan S.A.A. prueba de normalidad se hace en base a Shapiro Wilk, la prueba de normalidad se ve el resultado en Tabla 37).

Tabla 37. Prueba de Normalidad para hipótesis Especifica 2.

	Prueba de normalidad		
	Estadístico	Shapiro-Wilk	
		gl	Sig.
Inicial Dióxido de carbono CO2(PPM)	,937	18	,258
final Dióxido de carbono CO2(PPM)	,975	18	,886

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

La prueba de normalidad, los valores 0.258 y 0.886 son mayores al valor de significancia, se acepta que los datos provienen de una distribución normal.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

El ventilador axial marca AIRTEC de 60000 CFM en su aplicación de caudal aire que genera relevantes y contundentes mejoras en los tajeos del nivel 970, para afirmar la correlación entre las variables, según Pablo Jiménez Ascanio en su libro “Ventilación de minas subterráneas y túneles, practica, aplicada y avanzada en minería clásica y minera por trackless”. Menciona que el ventilador axial es el de mayor uso en las minas debido a su facilidad de instalación, transporte y mantenimiento en especial por instalación y versatilidad del ventilador, es por eso que se opta de hacer la aplicación del ventilador axial de 60000 CFM marca AIRTEC, dando buenos resultados en la dilución de los gases perniciosos en interior mina.

Centeno (2011) trabajo de tesis titulado “*Evaluación de ventilación puntual y mecánica que influye en el sistema de ventilación de galería 636w nivel 1950 mina Colpa Arequipa 2011*”, menciona en sus conclusiones n°1 y 3, indica: Conclusión n°1, Respecto con la evaluación de ventilación natural en la galería de extracción de acuerdo con los datos obtenidos de caudal promedio es de 165.m³/min con una velocidad promedio de 50.28 m/min se observa que está dentro del reglamento de seguridad y

Salud Ocupacional por tanto mejora a la ventilación forzada. Conclusión N°3, El caudal requerido de acuerdo a los parámetros es de 24 con un diámetro de manda de 22 pulgadas, con lo cual se mejorará notablemente la ventilación en dicha Galería proyectada viendo indicadores estadísticos. La cual en esta investigación se obtuvo los mismos resultados del aumento de velocidad de un promedio de 49.9 m/min en los tajeos aumentando el caudal y disminuyendo los gases nocivos, en conclusión, la aplicación del ventilador axial de 60000 CFM AIRTEC, incide para la dilución de gases perniciosos en el nivel 970, Unidad Productiva Carahuacra.

Sutty (2016) en su tesis *“Influencia de la ventilación mecánica, en el diseño del sistema de ventilación del nivel 4955 mina Urano SAC – Puno”*, menciona en sus conclusiones que con el diseño y la instalación de un circuito de ventilación se minimizó la recirculación de aire viciado en sus operaciones. Al igual que los resultados que obtenidos de la disminución de gases perniciosos, como el monóxido de carbonó y dióxido de carbonó con la aplicación del ventilador axial se genera una disminución de estos en el nivel 970, Unidad Productiva Carahuacra.

La presente investigación con las características explicadas en la investigación, traerá beneficios similares a las que se detalle en el estudio.

CONCLUSIONES

En el nivel 970 – Unidad Productiva Carahuacra, se realizó la medición inicial del sistema de ventilación obteniendo un aforo de 55034.83 CFM y un aumento progresivo de los gases perniciosos, para la dilución de estos gases y tener una cobertura total de aire no viciado se soluciona aplicando el ventilador axial marca AIRTEC de 60000 CFM teniendo una cobertura del 92.3 % cubriendo la necesidad requerida por el número de persona y equipos que se necesitan para poder hacer los trabajos diarios en los tajeos, y así como la dilución de gases perniciosos de 34.323% a 12.817% % una diferencia de 21.506% de dilución de gases perniciosos y gracias al aumento de caudal de aire se da el aumento de oxígeno (O_2) de 19.2% a 19.752% él se encuentra dentro de lo establecido por el DS N° 024-2016-EM.

En un antecedente con la medición inicial del monóxido de carbono con el analizador de gases se obtuvo 12.306 ppm que si se encuentra dentro de lo permitido por el DS N° 024-2016-EM, que es menor a 25ppm pero lo que se busca es la mejora al disminuir esta cantidad de gas para evitar una posible acumulación en otros puntos, gracias al caudal de aire generado por el ventilador axial de 60000 CFM AIRTEC se obtuvo una dilución en la concentración de 2.7889 ppm en promedio; luego se ha logrado optimizar la dilución con una efectividad de 95% teniendo lo más mínimo de concentración en monóxido de carbono, debido al aumento del flujo de aire que hace que se diluya con rapidez, y a la vez se hace la medición cada 15 días para obtener una adecuado monitoreo de gases perniciosos y aumentar el rendimiento del trabajador evitando accidentes por gaseamiento y enfermedades ocupacionales.

Se ha logrado la dilución de dióxido de carbono que inicialmente se obtuvo 971 ppm y luego se disminuyó a 723.89 ppm debido al caudal de aire generado por el ventilador axial. Dando lugar a no tener problemas con los equipos y el trabajador ya que este gas

pernicioso, genera ahogamiento y el aumento de calor en los tajeos, así también se mejora más el control de los equipos en emanación de este gas según el DS N° 024-2016-EM, se debe tener como tiempo medio moderado por 8 horas, menos 5000 ppm, el cual se da con los resultados positivos. Siempre con la finalidad de dar un ambiente laboral de confort y seguridad al trabajador.

Para obtener el requerimiento adecuado de ventilación, hay que conocer bien la red de ventilación y su dimensionamiento, así como la necesidad del caudal necesario, velocidad y la presión que se genera en la mina son datos necesarios para el correcto caudal de aire, por eso hacer una correcta medición de las necesidades de aire para obtener un adecuado sistema de ventilación.

RECOMENDACIONES

Se recomienda considerar implementar instrumentos más modernos para el monitoreo periódico de las labores ciegas y confinadas, cumplir con los horarios de ventilación después del disparo a media guardia y la activación correcta de los ventiladores, así como su monitoreo.

Se recomienda continuar con el uso del ventilador axial por su versatilidad y fácil instalación en el sistema de ventilación para mantener un caudal de aire en calidad y cantidad suficientes para la dilución de gases nocivos, así mismo, se recomienda hacer una buena toma de medición de los gases para llegar hacer cálculos más precisos.

FUENTE DE INFORMACIÓN

Anibal, T. (1981). *Ventilacion de minas*. Huancayo.

Argentina, C. (2018). *google*. Obtenido de google:

http://www.chiblosa.com.ar/spanish/herramientas/teoria_de_los_ventiladores.htm

Ascanio, P. (2011). *Ventilación de minas y tuneles, practica, aplicada y avanzada en mineria clasica y mineria por Trackless*. Lima: Primera Edición.

Bedregal, A. (2012). *Evaluación del sistema de ventilación de la compañía minera San Ignacio de Morococha - Mina San Vicente, aplicando el software Ventsim 3.9*. Arequipa.

Cutipa, A. J. (2014). *scribd.com*. Obtenido de scribd.com:

<https://es.scribd.com/document/359613612/Borrador-de-Tesis>

EIRL, C. (lunes de agosto de 2006). *geco.mineroartesanal*. Obtenido de

[geco.mineroartesanal: http://geco.mineroartesanal.com/wiki-download_wiki_attachment.php?attId=637](http://geco.mineroartesanal.com/wiki-download_wiki_attachment.php?attId=637)

Evaluación del sistema de ventilación de la Compañía Minera san Ignacio de Morococha - Mina San Vicente, aplicando el software ventsim 3.9. (s.f.).

Induambiente. (2010). *Induambiente*. Obtenido de Induambiente:

<https://www.induambiente.com/informe-tecnico/climatizacion/ventilacion-subterra>

ISTEC. (2006). *Ventilacion avanzada para mineria*. Lima: Loma Export S.A.

Peruana, A. (2005). *scribd*. Obtenido de scribd: [https://www.u-](https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/MI57G/1/material_docente/bajar?id)

[cursos.cl/ingenieria/2005/2/MI57G/1/material_docente/bajar?id](https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/MI57G/1/material_docente/bajar?id)

Ramirez. (2005). *Ventilacion Minas. "Modulo de capacitación Tecnico Ambiental"*.

Lima: Chaparra Perú.

Zamudio, I. (2018). *diseño de ventilacion nv-4050 veta don ernesto unidad minera el*

porvenir. huancayo.

CITAS WEB

Argentina, C. (2018) *google*. Retrieved from *google*:
http://www.chiblosa.com.ar/spanish/herramientas/teoria_de_los_ventiladores.htm

Cutipa, A. (2014). *scribd.com*. Retrieved from *scribd.com*:
<https://es.scribd.com/document/359613612/Borrador-de-Tesis>

EIRL, C. (2006). *geco.mineroartesanal*. Retrieved from
geco.mineroartesanal:http://geco.mineroartesanal.com/tikizownload_wiki_attachment.php?attId=637.

Induambiente (2010). *Induambiente*. Retrieved from *Induambiente*:
<https://www.induambiente.com/informe-tecnico/climatizacion/ventilacion-subterra>.

Peruana, A. (2005). *scribd*. Retrieved from *sribd*: [ttps://www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/MI57G/1/material_docente/bajar?id](https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/MI57G/1/material_docente/bajar?id).

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
TÍTULO DE TESIS: APLICACIÓN DEL VENTILADOR AXIAL PARA LA DILUCIÓN DE GASES PERNICIOSOS EN EL NIVEL 970 - UNIDAD PRODUCTIVA CARAHUACRA, VOLCAN S.A.A. – 2018.						
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENCIONES	INDICADORES	DISEÑO
¿La aplicación del ventilador axial permitirá la dilución de gases perniciosos en el nivel 970 - Unidad Productiva Carahuacra, Volcan S.A.A. 2018?	Probar que la aplicación del ventilador axial permite dilución de gases perniciosos en el nivel 970 - Unidad Productiva Carahuacra, Volcan S.A.A. - 2018.	La aplicación del ventilador axial permitirá la dilución de gases perniciosos en el nivel 970 - Unidad Productiva Carahuacra, Volcan S.A.A. - 2018.	INDEPENDIENTE: Aplicación del ventilador axial.	CAUDAL DE AIRE: El caudal de aire de un ventilador, es la masa de aire que éste puede desplazar en una unidad de tiempo.	• (m ³ /min)	MÉTODO: Experimental NIVEL DE INVESTIGACIÓN: Aplicativo DISEÑO: Experimental- Correlacionar POBLACIÓN: UNIDAD PRODUCTIVA CARAHUACRA, VOLCAN S.A.A -2018. Muestra: tajeo 500 E tajeo 500 w tajeo 510 E
ESPECIFICOS	ESPECIFICOS	ESPECIFICOS	DEPENDIENTE:	GAS CARBONOSO:	• (PPM)	
¿Cómo influye el caudal de aire en la concentración de gas carbonoso en el nivel 970 - Unidad Productiva Carahuacra, Volcan S.A.A. 2018?	Determinar la influencia de caudal de aire en la concentración de gas carbonoso en el nivel 970 - Unidad Productiva Carahuacra, Volcan S.A.A. - 2018.	El caudal de aire disminuye la concentración de gas carbonoso en el nivel 970 - Unidad Productiva Carahuacra, Volcan S.A.A. - 2018.	Dilución de gases perniciosos	También conocido como El monóxido de carbón, gas incoloro y altamente toxico, puede causar la muerte a concentraciones elevadas.		
¿Cómo influye el caudal de aire en la concentración de gas anhídrido carbonoso en el nivel 970 - Unidad Productiva Carahuacra, Volcan S.A.A. -2018?	Establecer la influencia del caudal de aire en la concentración de gas anhídrido carbonoso el nivel 970 - Unidad Productiva Carahuacra, Volcan S.A.A. - 2018.	El caudal de aire disminuye la concentración de gas anhídrido en el nivel 970 - Unidad Productiva Carahuacra, Volcan S.A.A. 2018.		GAS ANHÍDRIDO CARBONOSO: El dióxido de carbono gas incoloro e importante para el efecto invernadero. En caso de minería es ocasionado por lo equipos a diésel, que se vuelve altamente toxico para el trabajador.	• (PPM)	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Instrumentos de recolección de datos

BASE DE DATOS EXCEL: NIVEL-970 U.P CARAHUACRA, VOLCAN S.A.A. HOJA DE

VALIDACIÓN

	VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A. INFORME VENTILACION	OTROS DESTINATARIOS PARA INFORMACION CC: VENT-001-2018
U.P CARAHUACRA	FECHA 5 de Octubre del 2017 al 25 de junio 2018	

A: Ing. Augusto Ponte (Spts. Planeamiento San Cristóbal- Carahuacra)
De: Ing. Walter Mariñas. (Ing. de ventilación)
Asunto: MAPEO DE VENTILACION NV.970 E

Tengo a usted a tomar los datos de campo por parte del área de ventilación en el nivel 970 E, dando prioridad a los tajeos, ventanas y labores de producción, para aplicación de ventilador según la necesidad, esta medición se realizan cada 15 días comenzando en el mes de octubre 2017 hasta junio 2018, utilizando el promedio de cada mes para obtener resultados finales. Al final de esta medición se presenta el informe de los datos obtenidos de campo.

Toma de promedio muestra inicial mes de octubre, noviembre, diciembre, enero.

Etiqueta	Modelo	Cap. (m)	Aspira (m)	Alto (m)	ancho (m)	Dist. (m)	Velocidad (m/s)	Temperatura (°C)	Temperatura (°C)	Velocidad (m/s)	Coeficiente	Q (m³/s)	Q (m³/min)	Q (m³/h)	
P1	BP-2N1	4224	4.5	4.5	17.34	18.80	35	15.11	14.94	34.3	644.89	15.56	13.01	1050	36.36
P2	BP-2N1	4224	4.5	4.5	17.34	18.80	45	17.78	15.38	25.3	500.83	15.46	12.81	1020	33.96
P3	VE-006	4224	4.5	4.5	17.34	18.80	55	17.78	16.71	24.5	460.84	15.46	12.02	1020	33.96
P4	VE-007	4224	4.5	4.5	17.34	18.80	75	17.22	15.98	24.2	486.85	15.51	12.5	1040	35.5
P5	VE-008	4224	4.5	4.5	17.34	18.80	95	16.57	14.94	25.8	287.06	15.36	12.71	1030	35.36
P6	VE-004	4224	4.5	4.5	17.34	18.80	95	16.57	15	25.8	282.87	15.36	12.51	1030	35.36
P7	VE-003	4224	4.5	4.5	17.34	18.80	55	17.22	15.98	24.2	461.94	15.46	12.21	990	31.96
P8	S-500E	4224	4.5	4.5	17.34	18.80	54	16.33	16.11	29.4	384.75	15.24	12.04	990	31.96
P9	S-500W	4224	4.5	4.5	17.34	18.80	54	16.33	16.11	29.4	384.75	15.24	12.04	990	31.96
P10	SA-304	4224	4.5	4.5	17.34	18.80	85	11.31	9.5	24.2	456.88	15.75	12.51	1030	35.36
P11	BP-32W	4224	4.5	4.5	17.34	18.80	90	11.31	10.56	21.3	400.47	15.26	12.31	1007	34.26
P12	CA-53E	4224	4.5	4.5	17.34	18.80	45	10.56	10	13.3	344.07	15.19	11.51	1007	34.26
P13	CA-53W	4224	4.5	4.5	17.34	18.80	70	11.31	10	13.3	257.42	15.01	11.85	900	27.36
P14	CA-18E	4224	4.5	4.5	17.34	18.80	90	11.31	11.33	7.8	282.48	15.05	11.51	940	27.46
P15	SA-304	4224	4.5	4.5	17.34	18.80	90	10.56	10.44	5	359.72	15.55	11.88	990	31.96
P16	TI-012W	4224	4.5	4.5	17.34	18.80	60	30	20.44	14.3	258.28	15.55	11.88	990	31.96
P17	TI-012E	4224	4.5	4.5	17.34	18.80	75	30	20.44	14.3	274.25	15.55	11.58	950	31.56
P18	TI-500W	4224	4.5	4.5	17.34	18.80	60	30.56	30	17.8	484.650	15.05	12.15	957	31.75

Toma de promedio de muestra final meses febrero, marzo abril, mayo, junio.

Etiqueta	Modelo	Cap. (m)	Aspira (m)	Alto (m)	ancho (m)	Dist. (m)	Velocidad (m/s)	Temperatura (°C)	Temperatura (°C)	Velocidad (m/s)	Coeficiente	Q (m³/s)	Q (m³/min)	Q (m³/h)	
P1	BP-2N1	4224	4.5	4.5	17.34	18.80	35	15.11	14.94	34.3	644.89	15.56	13.01	1050	36.36
P2	BP-2N1	4224	4.5	4.5	17.34	18.80	45	17.78	15.38	25.3	500.83	15.46	12.81	1020	33.96
P3	VE-006	4224	4.5	4.5	17.34	18.80	55	17.78	16.71	24.5	460.84	15.46	12.02	1020	33.96
P4	VE-007	4224	4.5	4.5	17.34	18.80	75	17.22	15.98	24.2	486.85	15.51	12.5	1040	35.5
P5	VE-008	4224	4.5	4.5	17.34	18.80	95	16.57	14.94	25.8	287.06	15.36	12.71	1030	35.36
P6	VE-004	4224	4.5	4.5	17.34	18.80	95	16.57	15	25.8	282.87	15.36	12.51	1030	35.36
P7	VE-003	4224	4.5	4.5	17.34	18.80	55	17.22	15.98	24.2	461.94	15.46	12.21	990	31.96
P8	S-500E	4224	4.5	4.5	17.34	18.80	54	16.33	16.11	29.4	384.75	15.24	12.04	990	31.96
P9	S-500W	4224	4.5	4.5	17.34	18.80	54	16.33	16.11	29.4	384.75	15.24	12.04	990	31.96
P10	SA-304	4224	4.5	4.5	17.34	18.80	85	11.31	9.5	24.2	456.88	15.75	12.51	1030	35.36
P11	BP-32W	4224	4.5	4.5	17.34	18.80	90	11.31	10.56	21.3	400.47	15.26	12.31	1007	34.26
P12	CA-53E	4224	4.5	4.5	17.34	18.80	45	10.56	10	13.3	344.07	15.19	11.51	1007	34.26
P13	CA-53W	4224	4.5	4.5	17.34	18.80	70	11.31	10	13.3	257.42	15.01	11.85	900	27.36
P14	CA-18E	4224	4.5	4.5	17.34	18.80	90	11.31	11.33	7.8	282.48	15.05	11.51	940	27.46
P15	SA-304	4224	4.5	4.5	17.34	18.80	90	10.56	10.44	5	359.72	15.55	11.88	990	31.96
P16	TI-012W	4224	4.5	4.5	17.34	18.80	60	30	20.44	14.3	258.28	15.55	11.88	990	31.96
P17	TI-012E	4224	4.5	4.5	17.34	18.80	75	30	20.44	14.3	274.25	15.55	11.58	950	31.56
P18	TI-500W	4224	4.5	4.5	17.34	18.80	60	30.56	30	23.89	484.75	15.05	12.15	957	31.75


Augusto Ponte
 Gerente Operativo
 INGENIERO DE MINAS
 CIP N° 206135


Walter Mariñas
 Gerente Operativo
 INGENIERO DE MINAS
 VOLCAN CIA CARAHUACRA



Anexo 3. Pruebas estadísticas en Spss Statistics versión 25

Promedio de datos de tajeos del 2017 – 2018 en el software SPSS Statistics versión 25.

	Ubicación	InicialVelocidad m/min	InicialCaudal3 min	InicialoxigenoO 2	InicialMonóxido decarbonoCOP PM	InicialDioxidode carbonoCO2PP M	Inicialgasesper micosos	FinalVelocidad m/min	FinalCaudal3 min	finaloxigenoO2	FinalMonóxido decarbonoCOP M
1	RP-574 E	34,3000000000000	644,889735000000	19,5600000000000	13,0300000000000	1050,0	35,5600000000000	40,1300000000000	754,502188500000	20,10	3,54
2	BP-574 E	29,3000000000000	550,882485000000	19,4600000000000	12,8300000000000	1020,0	35,8600000000000	35,1300000000000	660,494938500000	20,00	3,31
3	VE-005	24,5000000000000	460,635525000000	19,4600000000000	13,0300000000000	1050,0	35,5600000000000	35,1300000000000	660,494938500000	20,00	3,54
4	VE-007	24,3000000000000	456,875235000000	19,3100000000000	12,6000000000000	1040,0	35,6000000000000	30,1300000000000	566,487688500000	19,85	3,11
5	VE-006	15,8000000000000	297,062910000000	19,3600000000000	12,7300000000000	1000,0	35,4600000000000	30,6300000000000	575,888413500000	19,90	3,21
6	VE-004	19,3000000000000	362,867985000000	19,3900000000000	12,5300000000000	1030,0	35,3600000000000	33,1300000000000	622,892038500000	19,93	3,01
7	VE-003	18,7000000000000	351,587115000000	19,1600000000000	12,2300000000000	950,0	33,9600000000000	24,5300000000000	461,199668500000	19,70	2,71
8	GL-580E	19,4000000000000	364,748130000000	19,1100000000000	12,0300000000000	950,0	33,5600000000000	25,2300000000000	474,360583500000	19,65	2,71
9	GL-580W	19,4000000000000	364,748130000000	19,2100000000000	12,0300000000000	970,0	33,7600000000000	25,2300000000000	474,360583500000	19,75	2,51
10	GL-504	24,3000000000000	456,875235000000	19,2600000000000	12,5300000000000	1000,0	35,0600000000000	27,1300000000000	510,083338500000	19,80	3,01
11	BP-581W	21,3000000000000	400,470885000000	19,2600000000000	12,1300000000000	1000,0	34,2600000000000	27,1300000000000	510,083338500000	19,80	2,61
12	CA-536	18,3000000000000	344,066535000000	19,1900000000000	12,5300000000000	1000,0	35,0600000000000	27,1300000000000	510,083338500000	19,73	3,01
13	CA-967	10,5000000000000	197,415225000000	19,0100000000000	11,8300000000000	900,0	32,6600000000000	18,1300000000000	340,870288500000	19,55	2,31
14	AC-488	9,60000000000000	180,493920000000	19,0600000000000	12,0300000000000	940,0	33,4600000000000	20,4300000000000	384,113623500000	19,60	2,51
15	GL-504	9,00000000000000	169,213050000000	18,5400000000000	11,8800000000000	890,0	32,6600000000000	19,4300000000000	365,312173500000	19,58	2,31
16	TJ-510 W	14,3000000000000	268,860735000000	18,9600000000000	11,8800000000000	890,0	32,6600000000000	20,1300000000000	378,473188500000	19,50	2,31
17	TJ-500 E	9,30000000000000	174,853485000000	18,9600000000000	11,5300000000000	850,0	31,5600000000000	15,1300000000000	284,465938500000	19,50	2,01
18	TJ -500 W	17,8000000000000	334,665810000000	19,0600000000000	12,1300000000000	950,0	33,7600000000000	23,6300000000000	444,278263500000	19,60	2,61
19											
20											
21											
22											

Fuente: Elaboración propia

Prueba de T Student en el software Spss Statistics versión 25

Prueba T

Estadísticas de muestras emparejadas

	Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1 Final Caudal (m3/min)	938,1923550	18	125,0626924	29,47755930
Final gases pernicosos (%)	56,40833333	18	7,438473120	1,753264928

Correlaciones de muestras emparejadas

	N	Correlación	Sig.
Par 1 Final Caudal (m3/min) & Final gases pernicosos (%)	18	,972	,000

Prueba de muestras emparejadas

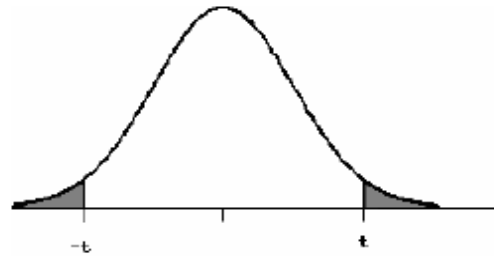
Diferencias emparejadas

	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
Par 1 Final Caudal (m3/min) - Final gases pernicosos (%)	881,7840217	124,3394752	29,30709537	619,9514553	943,6165680	30,088	17	,000

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4. Prueba para la campana de gauss

Cuadro T- Student



(a) El área de las dos colas está sombreada en la figura.

(b) Si H_A es direccional, las cabeceras de las columnas deben ser divididas por 2 cuando se acota el P-valor.

g1	ÁREA DE DOS COLAS						
	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01	0,001	0,0001
1	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657	636,619	6366,198
2	1,886	2,920	4,303	6,695	9,925	31,598	99,992
3	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	12,924	28,000
4	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	8,610	15,544
5	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	6,869	11,178
6	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	5,959	9,082
7	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	5,408	7,885
8	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	5,041	7,120
9	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	4,781	6,594
10	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	4,587	6,211
11	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106	4,437	5,921
12	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055	4,318	5,694
13	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012	4,221	5,513
14	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977	4,140	5,363
15	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947	4,073	5,239
16	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921	4,015	5,134
17	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898	3,965	5,044
18	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878	3,922	4,966
19	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861	3,883	4,897
20	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845	3,850	4,837
21	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831	3,819	4,784
22	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819	3,792	4,736
23	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807	3,767	4,693
24	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797	3,745	4,654
25	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787	3,725	4,619
26	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779	3,707	4,587
27	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771	3,690	4,558
28	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763	3,674	4,530
29	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756	3,659	4,506
30	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750	3,646	4,482
40	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704	3,551	4,321
60	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660	3,460	4,169
100	1,290	1,660	1,984	2,364	2,626	3,390	4,053
140	1,288	1,656	1,977	2,353	2,611	3,361	4,006
∞	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576	3,291	3,891

Fuente: <https://www.slideshare.net/francisolverocascue/t-studentdoscolas-26990966?omobile=true>

Anexo 5. Fotos del trabajo tomando mediciones.

Toma de medidas para el levantamiento de la ventilación



Fig.1



Fig.2

Anexo 6. Fotos del trabajo tomando mediciones

Instalación de manga de ventilación por crucero



Fig.3

Tapón de ventilador



Fig.4

Anexo 7. Fotos de instrumentos de medición.

Analizador de gases marca ALTAIR



Fig.5

Toma de medidas de velocidad de aire en galería



Fig.6

Medida de velocidad Anemómetro



Fig.7

Anexo 8. Software Airtec S.A. de generación de curvas

FACTOR DE CORRECCION POR ALTITUD Y TEMPERATURA

Temp msnm	Std	0 °C	10 °C	20 °C	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	
3400 m	0.713	0.712	0.687	0.663	0.642	0.621	0.602	0.584	0.567	11154.86 pies
3500 m	0.705	0.705	0.680	0.657	0.635	0.615	0.596	0.578	0.561	11482.94 pies
3600 m	0.697	0.698	0.673	0.650	0.629	0.609	0.590	0.572	0.556	11811.02 pies
3700 m	0.689	0.691	0.667	0.644	0.623	0.603	0.584	0.567	0.550	12139.11 pies
3800 m	0.682	0.685	0.660	0.638	0.617	0.597	0.579	0.561	0.545	12467.19 pies
3900 m	0.676	0.678	0.654	0.632	0.611	0.592	0.573	0.556	0.540	12795.28 pies
4000 m	0.670	0.672	0.648	0.626	0.605	0.586	0.568	0.551	0.535	13123.36 pies
4100 m	0.662	0.665	0.642	0.620	0.600	0.581	0.563	0.546	0.530	13451.44 pies
4200 m	0.654	0.659	0.636	0.614	0.594	0.575	0.557	0.541	0.525	13779.53 pies
4300 m	0.647	0.653	0.630	0.609	0.589	0.570	0.552	0.536	0.520	14107.61 pies
4400 m	0.641	0.647	0.624	0.603	0.583	0.565	0.547	0.531	0.515	14435.70 pies
4500 m	0.635	0.641	0.619	0.598	0.578	0.560	0.542	0.526	0.511	14763.78 pies
4600 m	0.629	0.636	0.613	0.592	0.573	0.555	0.538	0.521	0.506	15091.86 pies
4700 m	0.623	0.630	0.608	0.587	0.568	0.550	0.533	0.517	0.502	15419.95 pies
4800 m	0.617	0.625	0.603	0.582	0.563	0.545	0.528	0.512	0.497	15748.03 pies
4900 m	0.611	0.619	0.597	0.577	0.558	0.540	0.524	0.508	0.493	16076.12 pies
5000 m	0.605	0.614	0.592	0.572	0.553	0.536	0.519	0.504	0.489	16404.20 pies
	Std	32 °F	50 °F	68 °F	86 °F	104 °F	122 °F	140 °F	158 °F	Temp msnm

Tipo ventilador
Variable


Diámetro de la masa
26.5"

Diámetro de la carcasa
48"

Número de polos
4A

Capacidad del ventilador
DOBLE ETAPA

Características del Ducto
Sin Cono



Ingresar Datos

Presión Total

Presión Estática

Presión Total (Pt) pulg de H2O

Caudal (Q) cfm

NOTA: Los datos de Presión y Caudal a ingresar deberán ser a Condición Estándar (0 msnm y 20°C).

Resultado por Eficiencia

Calcular

Ventilador	Eficiencia	
VAV48264A	81.40 %	SIN CONO
VAV54264A	80.10 %	SIN CONO
VAV45264A	78.42 %	SIN CONO
VAV48264B	75.17 %	SIN CONO
VAV45264B	73.28 %	SIN CONO
VAV60264A	72.58 %	SIN CONO

CARACTERISTICAS DEL VENTILADOR

VAV - 48 - 26.5 - 1750 - II - A

FACTOR: 0.587

Ingresar

Salir

Fig.8

Anexo 9 Curvas específicas del ventilador de 60000 CFM usando software Airtec

S.A.

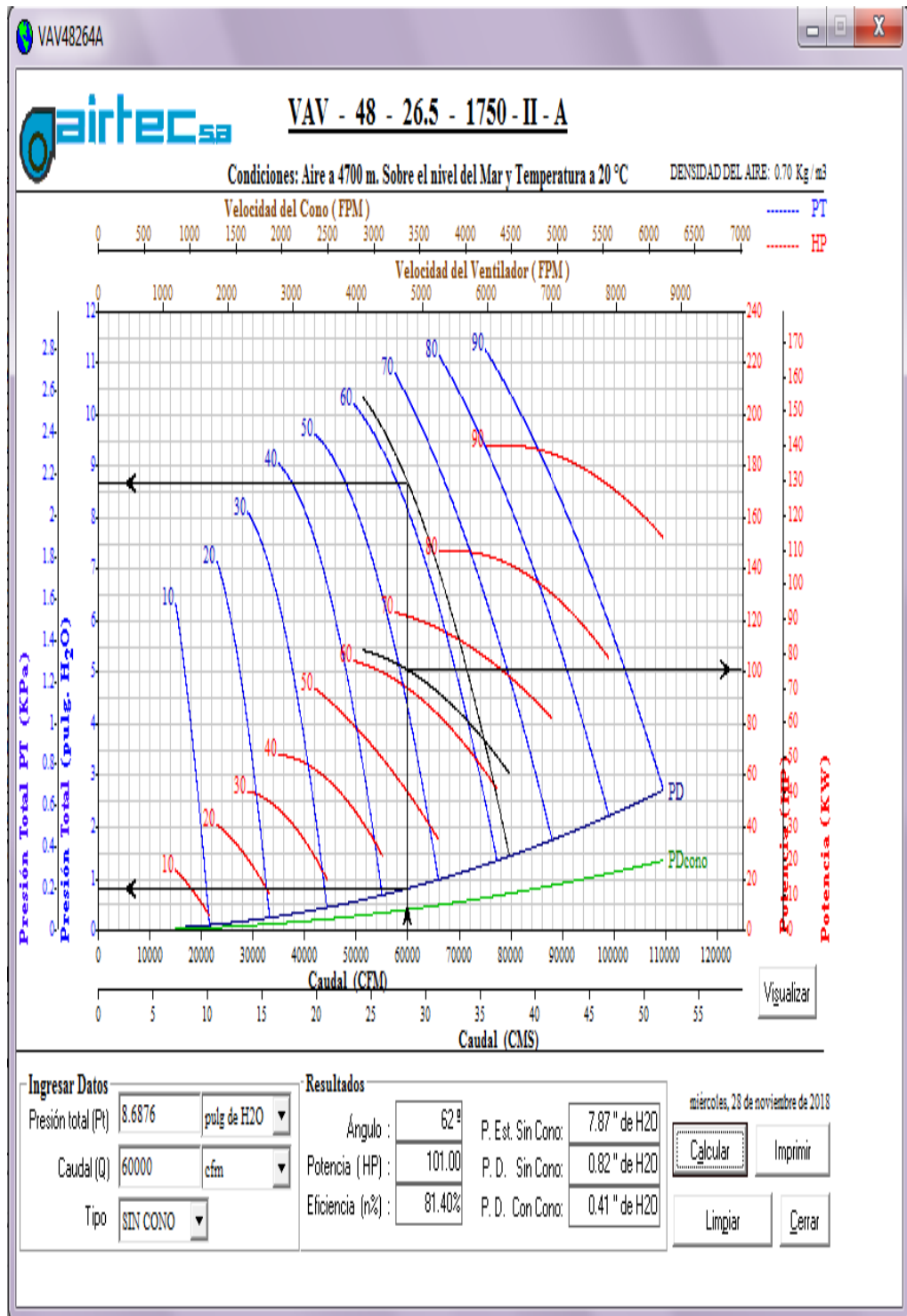
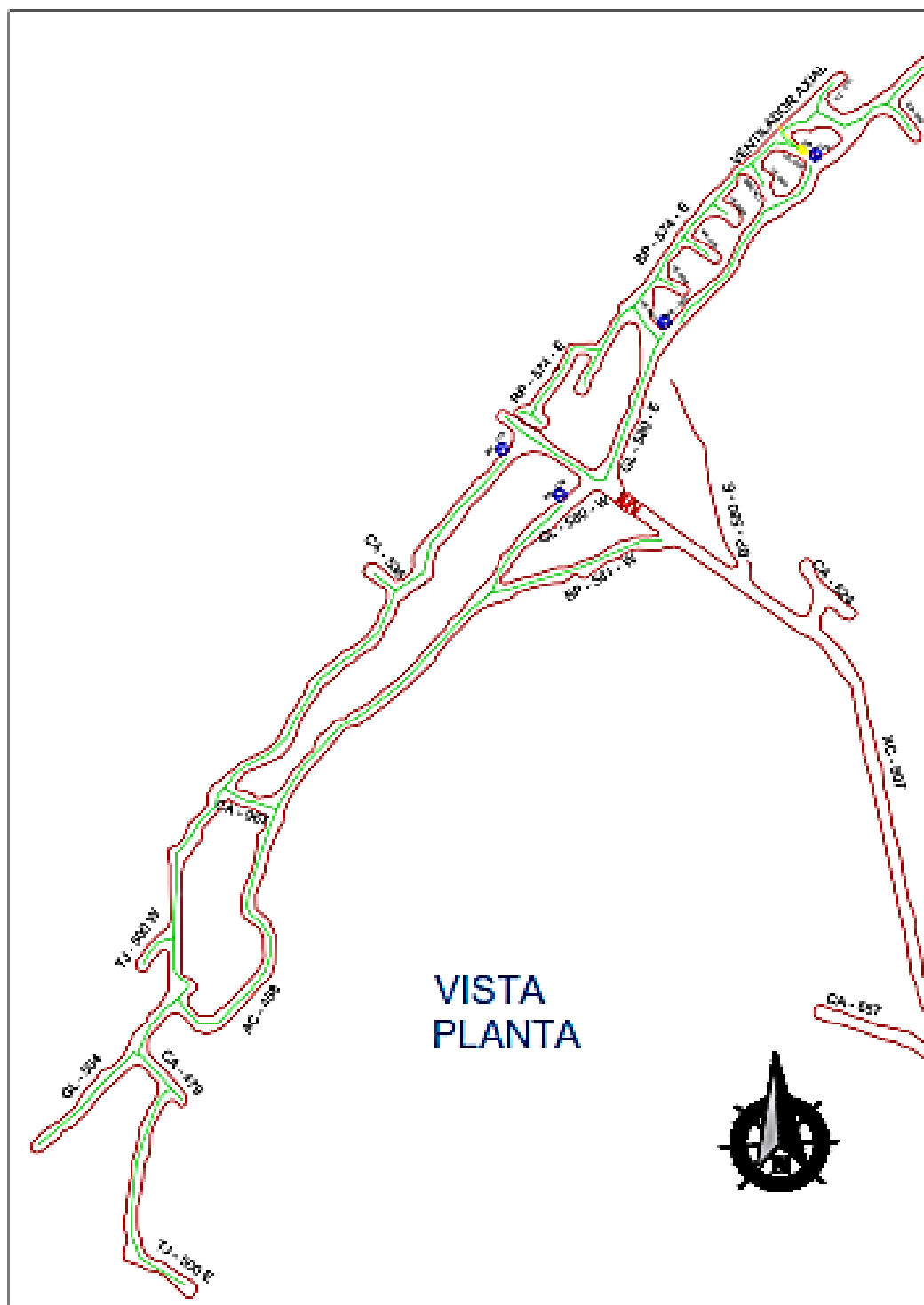


Fig.9

Anexo 10. Plano vista de planta NV. 970 – U.P. Carahuacra



Anexo 11. Plano Unifilar U.P. Carahuacra

