



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“ESTUDIO DEL MANEJO DE GASES Y MATERIAL PARTICULADO EN EL PROCESO DE VENTILACION DE LABORES AUXILIARES EN MINERA SUBTERRANEA”

Trabajo de investigación para optar al grado de:

Bachiller en Ingeniería de Minas

Autor:

Arturo Gómez de la torre Hernández

Asesor:

Mg. Ing. Gonzalo Hugo Diaz García

Trujillo - Perú

2018

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios y a mis padres. A Dios porque ha estado conmigo en cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar. A mis padres, por ayudarme a lograr mis objetivos y a la vez brindarme la motivación para ser mejor cada día.

AGRADECIMIENTO

A Dios y al universo por haber conspirado para mantenerme firme y no decaer a pesar las adversidades presentadas durante este trabajo de investigación. A mi familia, en especial a mis padres, que quienes consus consejos fueron el motor de arranque y mi constante motivación, muchas gracias por su paciencia y comprensión, y sobre todo por su amor. A mi tutor, el Ing. Gonzalo Hugo Días García por su gran ayuda y colaboración en cada momento de consulta y soporte en este trabajo de investigación.

Tabla de contenido

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
RESUMEN	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	8
CAPITULO II. METODOLOGÍA.....	11
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	14
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES	18
REFERENCIAS.....	20

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1 Relación de Artículos seleccionados para el estudio del trabajo 15

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1: Etapas para la Selección De La Muestra.....	12
Figura N°2: Características de la muestra definitiva.....	13
Figura N°3: Procedimientos	13
Figura N°4 Selección de la muestra representativa.....	17

RESUMEN

La explotación de minerales toma cada vez más importancia, no sólo por la creciente demanda industrial y por encontrarse de forma abundante en la corteza terrestre, sino por los riesgos que ponen en peligro la vida y el bienestar de los trabajadores en la explotación subterránea del mineral. Por lo cual, este trabajo se realiza para describir las tendencias que existen sobre la ventilación de labores en minas subterráneas, manejo de gases y material particulado. Teniendo como objetivo describir los diferentes enfoques y estrategias para mejorar el sistema de ventilación auxiliar eliminando la recirculación de aire viciado, gases y material particulado. En esta revisión teórica se ha empleado las bases de datos de Medline, Redalyc, Scielo, Library y también fuentes secundarias para identificar los estudios sobre el manejo de gases y material particulado que se tienen actualmente. Además, se evaluarán la efectividad y seguridad de las diferentes alternativas para la ventilación en minas subterráneas presentes a nivel mundial. La investigación se desarrolló a través de las fases y acciones diseño y planeación, desarrollo y generación de resultados. Donde los resultados muestran una tendencia a la ventilación de las labores con un bajo control de material particulado y gases debido a la recirculación de gases y material particulado.

PALABRAS CLAVES: Ventilación auxiliar, material particulado, minería subterránea y aire viciado.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la ventilación en las operaciones de minería subterránea es un proceso de vital importancia para asegurar un ambiente confortable y asegurar en beneficio de los trabajadores, para un óptimo desarrollo de sus funciones, también su relevancia es en la productividad. A tal punto que sin sistemas de ventilación es imposible tener minería subterránea. El tiempo de ventilación en las minas subterráneas después de realizada la voladura se considera un tiempo excesivo para la dilución de gases, material articulado y de esta manera los niveles de CO (Monóxido de Carbono) y llegando a superar los Límites Máximos Permisibles, actualmente el tiempo de ventilación para la dilución de gases es 60 minutos en las labores. Debido a este tiempo prolongado en los proyectos de ejecución minera se deja de ubicar los potenciales de reservas mineras, que incrementarían la vida de la mina. Con respecto a esta problemática **¿Cuáles son los desafíos que han sido identificados?** Es por ello, que este estudio se enfoca a mejorar el sistema de ventilación auxiliar reduciendo el tiempo de ventilación y eliminando la recirculación de aire viciado, gases y material particulado. Por tanto, la metodología a desarrollar incluye la recolección de datos específicos, mediciones en campo de las condiciones termo ambientales del flujo de aire en mina, diagnóstico de condiciones actuales y propuestas de mejora utilizando el software de ventilación VentSim Visual 5. Para revisar el procedimiento se consultaron:

(Universidad Católica del Perú) (2018, Febrero) (**PROPUESTA TECNICA DE
MEJORA DEL SISTEMA DE VENTILACION PRINCIPAL DE UNA OPERACIÓN
MINERA POLIMETALICA – 2015**)

Mendez, F. (2012) en su tesis **“Optimización del sistema de ventilación utilizando Programa Vnet Pc2003, Mina San Cristóbal”** En la actualidad la velocidad de las operaciones en Mina requiere que se planifique la ventilación por anticipado para evitar problemas de orden legal y de productividad, ya que la velocidad de avance en las operaciones mineras es más rápida con el uso de equipos Diésel y estos requieren cantidades mayores de aire para su buen funcionamiento.

Mr. Sergio Olavarría, Director, Chuquicamata Underground Mining Project, CODELCO – Dr. Patricio Adriasola, Manager, Chuquicamata Underground Mining Project, CODELCO – (2015) **“TRANSITION FROM OPEN PIT TO UNDERGROUND MINING AT CHUQUICAMATA, ANTOFAGASTA, CHILE”**

Los análisis económicos de diferentes escenarios de planificación de minas a cielo abierto en Chuquicamata, indican que el cierre del pozo debe ocurrir a más tardar en el año de 2017. Sin embargo 60,000 m de perforaciones diamantina han demostrado que debajo del fondo del pozo hay un potencial de 2,3 billones de toneladas de mineral. Por lo tanto, la División Codelco Norte desarrolló el alcance ingeniería para una gran operación de espeleología de paneles subterráneos, similar a El Teniente Este proyecto considera la explotación de una huella de 2500 m x 300 m, con tres Ascensores de 250 m. El plan considera iniciar la construcción en el año 2009, para comenzar el producción en el año 2015 y alcanzar una tasa de producción de 45 millones de toneladas por año en El año 2021.

Sergio Valencia Briones – CODELCO – Chuquicamata

Briam Proser – Mine Ventilation Service – SRK **“DESARROLLO DE UN ESTUDIO DE MODELAMIENTO DE INCENDIO PARA LA CONSTRUCCION DE LA MINA CHUQUICAMATA SUBTERRANEA”**

ESTUDIO DEL MANEJO DE GASES Y MATERIAL PARTICULADO
EN EL PROCESO DE VENTILACION DE LABORES
AUXILIARES EN MINERA SUBTERRANEA

La adición de un modelo de incendio durante el desarrollo del diseño de un sistema de ventilación puede mejorar enormemente los sistemas de seguridad de la mina. Cuando se desarrolla el modelamiento de un incendio junto con el diseño de ventilación, entonces se puede incluir la infraestructura y los aspectos de mitigación en proceso de diseño. Comprender como responderá el sistema de ventilación ante incendios en áreas clave o de alto riesgo es fundamental para el diseño de ventilación. El sistema de ventilación para la nueva mina subterránea por hundimiento por bloques de Chuquicamata se encuentra en su etapa intermedia de desarrollo. En noviembre del año 2015 se desarrolló un estudio de modelamiento de incendios que estableció un modelo de ventilación correlacionado, el cual fue usado para simular escenarios de incendios en ubicaciones claves de la mina. El estudio fue usado para determinar la ubicación y aplicación de la infraestructura clave de mitigación y para identificar las consecuencias de un incendio, incluyendo la dispersión de humos, calor y cambios de flujos de aire

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

El presente estudio, de revisión sistemática de la literatura, es definido como “un método sistemático, explícito y reproducible para identificar, evaluar y sintetizar el análisis de la ventilación en minas subterráneas para reducir el tiempo de ventilación.

Para determinar la metodología proporcionada, se debe aplicar de un marco teórico – práctico analizando en materia el tiempo de ventilación de minas subterráneas, lo cual abarca el proceso de operaciones dentro de la mina subterránea, donde presenta tiempos de ventilación mayores a 1 hora y concentraciones de monóxido de carbono por encima del parámetro permisible, concretamente a ello se tiene que evaluar y establecer mejoras de muestreo aleatorio simple. Según una muestra representativa de los tiempos de ventilación en la unidad minera.

Muestra

La muestra está conformada por 24 publicaciones o unidades de análisis, cuya inclusión se dio a partir de las 3 etapas que se describen en la Figura 1 y cuyas características se observan en la Figura 2.

Se contemplan las publicaciones realizadas entre 1999 y 2018, a manera de síntesis histórica, y las de 2011 a 2018, como fuente principal de la revisión (por criterio de actualidad). De estas últimas, son 8 publicaciones, las cuales son el insumo de los indicadores cuantitativos del estudio original, retomándose aquí las de mayor aporte cualitativo.

Procedimiento

La investigación se desarrolló a través de las fases y acciones que se encuentran descritas en la Figura 3. Para garantizar la sensibilidad del proceso de búsqueda se definen como descriptores los siguientes términos a partir de la pregunta de investigación: Gases y Material particulado, Ventilación Subterránea, VENTSIM y Minería subterránea. Por especificidad de la búsqueda de la literatura científica, se diseñó un proceso con la combinación de estos términos establecidos y los operadores booleanos. Igualmente, se definió como base de datos especializada para la búsqueda a Scopus, Web of Science, y como buscador genérico se empleó Redalyc.

Fases

Estrategia de búsqueda y criterios de selección

La Figura 3 da a conocer el proceso de búsqueda así como los criterios de inclusión/exclusión contemplados. Se utilizó una técnica de exploración bibliográfica en bola de nieve haciéndose uso de descriptores (palabras clave) y operadores lógicos (and, &, or, not).



Figura 1: Etapas para la Selección De La Muestra

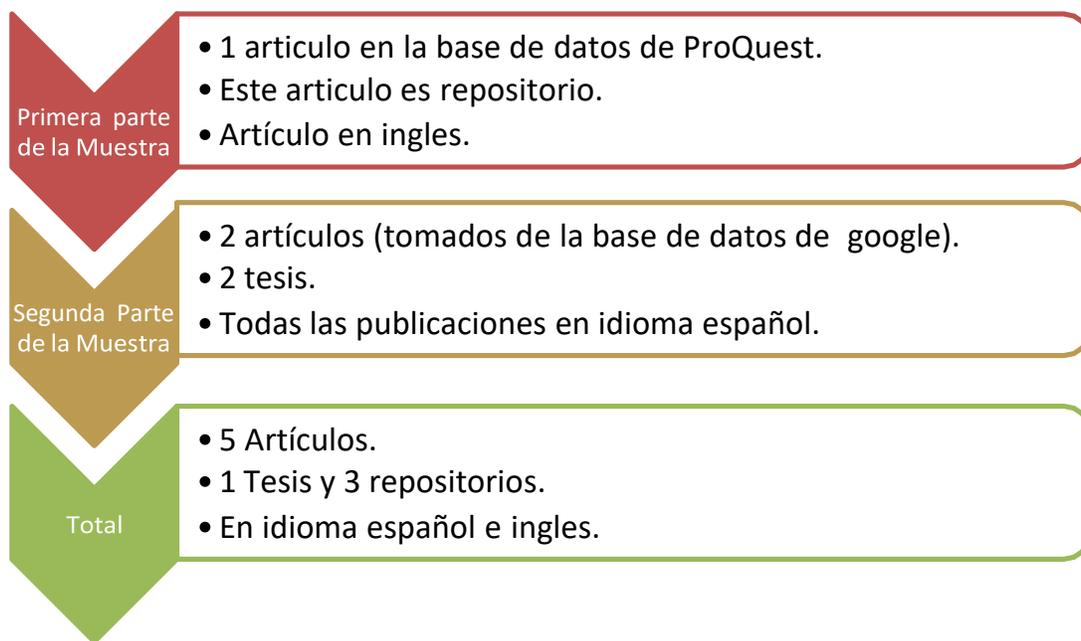


Figura 2: Características de la muestra definitiva

Diseño y planeación:	Desarrollo:	Generación de Resultados:
<ul style="list-style-type: none"> • Delimitación del problema. • Formulación de objetivos y estrategias. de búsqueda. 	<ul style="list-style-type: none"> • Búsqueda y preselección (resúmenes e índices) • Revisión ampliada (etapa de filtro) • Selección final, categorización emergente cualitativa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema cualitativo de la evidencia desde una perspectiva práctica. • Redacción de aspectos concluyentes.

Figura 3: Procedimientos

Se incluyeron artículos originales publicados en bases de datos científicas, en idioma inglés, entre los años 2011 y 2014, que describieran un enfoque amplio de las estrategias para la ventilación en mineras subterráneas. Por otro lado, las diferentes tipologías encontradas pueden resumirse en estos artículos y trabajos de investigación.

ESTUDIO DEL MANEJO DE GASES Y MATERIAL PARTICULADO
EN EL PROCESO DE VENTILACION DE LABORES
AUXILIARES EN MINERA SUBTERRANEA
CAPÍTULO III. RESULTADOS

La búsqueda de artículos en las bases de datos y motores de búsqueda arrojó un total de 24 artículos originales en el periodo de tiempo de 2011 a 2018, distribuidos así: 2 revistas, 22 artículos. A partir de este número total se eliminaron los duplicados con ayuda del gestor de referencias ProQuest y fueron suprimidas un total de 4 referencias para un valor final de 46 artículos originales. Posteriormente, se aplicaron criterios de inclusión y de exclusión hasta la obtención de un número final de 24 artículos para la presentación de resultados.

En los 24 artículos seleccionados se determinaron 4 para la realización del proyecto, presentados en la Tabla 1 y figura 4.

Con esta selección de información obtendremos una recolección de datos necesarios para poder desarrollar el proyecto con los puntos esenciales para obtener una óptima recirculación de gases, mantener la temperatura adecuada de acuerdo al calor presente en el interior de la operación y la utilización de un software que nos permita tomar mediciones de proyección en un tiempo determinado.

En el análisis de las literaturas se confirma que la ventilación subterránea en mineras subterráneas nos generan resultados cualitativos y cuantitativos en razón del modelo del sistema de ventilación auxiliar y lo hacen posible a través del desarrollo de diferentes enfoques que se visualizan mediante la ejecución sistemática de un conjunto de acciones de

ESTUDIO DEL MANEJO DE GASES Y MATERIAL PARTICULADO
EN EL PROCESO DE VENTILACION DE LABORES
AUXILIARES EN MINERA SUBTERRANEA
planificación y de dirección, las cuales aplican dimensiones de transformación de sus prácticas
y de sus proceso organizacionales para impactar positivamente al entorno de trabajo.

Tabla 1 Relación de Artículos seleccionados para el estudio del trabajo.

ESTUDIO DEL MANEJO DE GASES Y MATERIAL PARTICULADO
EN EL PROCESO DE VENTILACION DE LABORES
AUXILIARES EN MINERA SUBTERRANEA

Título	Autor	Derechos de Autor	Tipo De Documento	Fecha	Lenguaje	Lugar de Publicación	Publicado	Publicación
CARACTERIZACIÓN DE SISTEMAS DE VENTILACIÓN EN MINERÍA SUBTERRANEA	Cristian Camilo Córdoba Quiceno Cristian Camilo Córdoba Quiceno Jorge Martín Molina Escobar Jorge Martín Molina Escobar	Copyright Universidad Nacional de Colombia 2011	Journal Article	2011	English Spanish	Bogota	2011	Boletín de Ciencias de la Tierra
Evaluación de los flujos de calor en una mina subterránea y enfoque para mejorar sus condiciones ambientales	Marc Bascompta Massanés Marc Bascompta Massanés Castañón, Ana María Ana Ana María Castañón Castañón María Ana Castañón Sanmiquel, Lluís Lluís Lluís Lluís Sanmiquel Sanmiquel Lluís Sanmiquel, Oliva, Josep Josep Josep Oliva Oliva Josep Oliva	Copyright Universidad Nacional de Colombia 2016	Journal Article	2016	Spanish	Bogota	2016	Dyna
Simulación en el software VENTSIM™ de la influencia de la implementación de sellamientos en labores abandonadas en la ventilación de una mina subterránea de carbón ; Simulation software VENTSIM™ the influence of implementation of work abandoned sealings ventilation of an underground coal mine	Bustamante-Rúa, Moisés Oswaldo		article in journal/newspaper	2018	Spanish; Castilian	Colombia, South America: Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín - Facultad de Minas, 2018.	2018	Boletín de Ciencias de la Tierra
Design and construction of a teaching prototype for the study of control strategies applied to the ventilation of gas in underground mines ; Diseño y construcción de un prototipo didáctico para el estudio de estrategias de control aplicadas a la ventilación de gases en minas subterráneas	Niño-Tec, John Jairo			2014	Spanish; Castilian	Colombia		

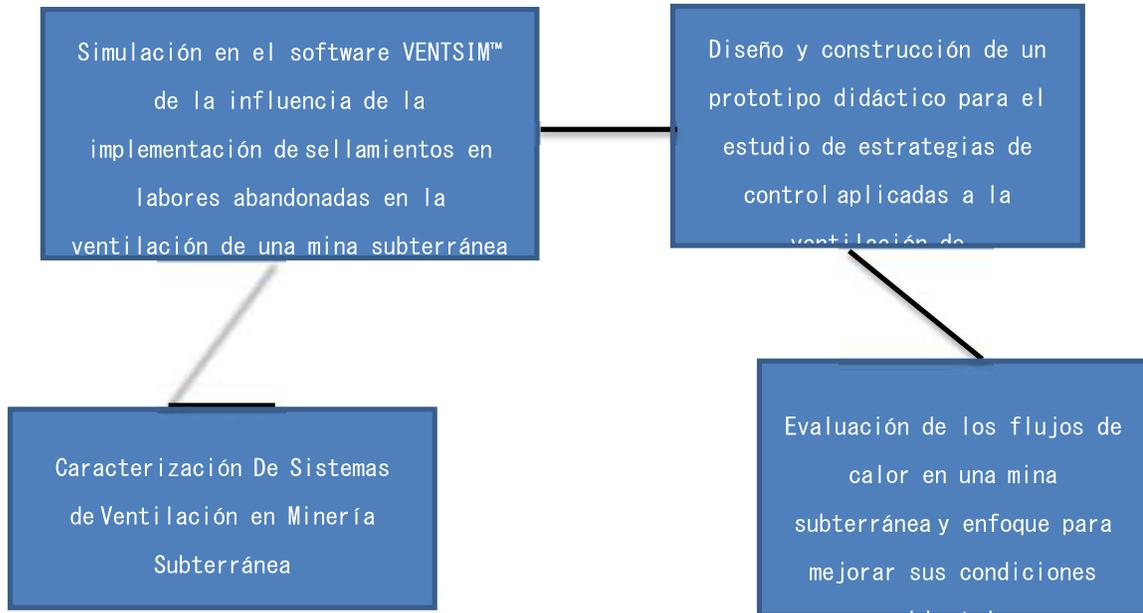


Figura 4 Selección de la muestra representativa

El modelo del sistema de ventilación en mineras subterráneas es polémico en razón de la forma y diseño que se va aplicar. El artículo “La caracterización de sistemas de ventilación en minería subterránea” sostiene claramente que lo que se mide es su capacidad y parámetros a seguir.

La revisión de la literatura científica realizada nos ubica también en un contexto de diversidad de tendencias a seguir, en la adaptación de los sistemas de ventilación con tecnologías en implementación de nuevos equipos. Asimismo, el estudio permitió identificar que los sistemas de ventilación no son una tendencia de investigación.

ESTUDIO DEL MANEJO DE GASES Y MATERIAL PARTICULADO
EN EL PROCESO DE VENTILACION DE LABORES
AUXILIARES EN MINERA SUBTERRANEA
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES

Sobre los hallazgos en relación con los enfoques descritos, se demostró que las ventilaciones en minería subterránea relacionadas en los estudios toman una dirección igual, acorde con la interpretación del concepto y por ende, las estrategias no se abordan de manera homologa, sino que cada una de ellas se formula y es aplicada en diferentes áreas de la minería subterránea, dando un conjunto de categorías únicas que se centren en un modelo de sistema de ventilación auxiliar.

Además, la metodología empleada para realizar esta investigación es importante aclarar que las revisiones sistemáticas emergieron en el ambiente de la ciencia físicas y matemáticas, pero su utilidad ha llevado a que se adapten a estas materias, como una manera de aportar cada vez más a la síntesis del conocimiento sobre diversos temas, pero atomizando en parcelas de conocimiento más cerradas.

Las muestras que se filtraron demuestran los parámetros que se utilizaron para realizar la demostración de nuestro trabajo de investigación. Además, algunas limitaciones de esta investigación se asocian a la naturaleza de los artículos seleccionados, que corresponden a estudios descriptivos de aquellos diseños de sistemas de ventilación que han sido analizadas y estudios de material articulado. Pero debemos valorar los hallazgos de estos estudios como una base teórica que soporta nuestra investigación, partiendo del conocimiento sobre las tendencias que marcan dichos procesos de implementación, descritas y categorizadas en este estudio. Igualmente, es importante recalcar que las revisiones sistemáticas de la literatura científica, con la descripción de los enfoques encontrados, en sus

ESTUDIO DEL MANEJO DE GASES Y MATERIAL PARTICULADO
EN EL PROCESO DE VENTILACION DE LABORES
AUXILIARES EN MINERA SUBTERRANEA

líneas generales, y en sus estrategias de aplicación, permiten establecer tendencias en sistema de ventilación en minas subterráneas.

El dinamismo de los avances y explotación en minería subterránea, hacen que algunas labores se paralicen, dejando que el aire que fluye por la mina se dirija por estas labores, considerándose labores parasitas por donde se pierde caudal de aire que administrando mejor y diligentemente nuestro circuito de ventilación, para esto se requiere los sellamientos de estas labores; Utilizando el software de ventilación VENTSIM nos ayuda a identificar los flujos por donde se dirigen, en nuestro circuito de ventilación, asimismo nos ayuda a predecir la temperatura y la humedad relativa en las labores, siendo este herramienta informática de gran importancia para la toma de decisiones en el plan de trabajo.

El estudio del comportamiento de los gases que se producen por efecto de la voladura es importante ya que se considera uno de los riesgos intolerables en interior mina. Los Software de ventilación Vnet PC y VENTSIM, por la complejidad y la turbulencia de los gases solo referencial su información. Asimismo se utilizan sensores de gases que son de gran ayuda en las labores donde se puede observar en tiempo real su información, estos equipos tienen en Superficie un servidor donde llega la información.

En minería subterránea se genera calor por efecto de los equipos diésel, para esto se ha tenido que requerir maquinaria eléctrica reduciéndose entre 50% y 80% los niveles de calor en las operaciones mineras, esto también condujo a la reducción de los contaminantes por efecto de los equipos diesel.

REFERENCIAS

- Juan Salamanca, (2012). Sistemas de control automático en la ventilación de minas. Importancia en la minería subterránea y su desarrollo en Colombia. Colombia: Universidad de Pamplona Facultad de Ingenierías y Arquitectura.
- Jorge Luis, G. (2013). Calculo de parámetros determinantes en la preparación de un circuito de ventilación en minería subterránea de carbón usando programación estructurada. Colombia: Universidad Nacional de Colombia Medellín.
- Carlos, A. (2014). Evaluación de las pérdidas de carga en el circuito de ventilación por el uso de sostenimientos en minas de carbón Colombia: Universidad Nacional de Colombia Medellín.
- Marcelo Díaz (2009). “Salud y Seguridad en el trabajo de minería” (Manual).
- Chambergó, G. (2013). “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 SAC” (Tesis). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Jaime Ponciano (2016). “Estudio de ventilación del proyecto de explotación minera invicta, Huaura” (Tesis). Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Elber aponte (2014). “Modificación e implementación del sistema de ventilación de la unidad minera cobriza zona norte” (Tesis). Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.

ESTUDIO DEL MANEJO DE GASES Y MATERIAL PARTICULADO
EN EL PROCESO DE VENTILACION DE LABORES
AUXILIARES EN MINERA SUBTERRANEA

Omar Choque (2012). “optimización del sistema de ventilación para el proyecto cortada 3800 – Quenamari, u.m. San Rafael – Minsur” (Tesis). Perú: Universidad Nacional del Altiplano.

Decreto Supremo N° 024 - 2016 - EM. (2016). Reglamento de seguridad y salud ocupacional. Lima - Perú.

Alberto Huamán (2009). “Mejoramiento del sistema de ventilación en la zona cuerpos compañía minera casa palca s.a. unidad americana” (Tesis). Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.

Fredy flores (2017). “Diseño y simulación del sistema de ventilación de las labores de exploración en el proyecto San Gabriel de minas buenaventura s.a.a.” (Tesis). Perú: Universidad Nacional del Altiplano.

Manual de ventilación de minas. Instituto de Ingenieros de Minas del Perú. (1989). Lima – Perú.

Mendez, F. (2012). “Optimización del sistema de ventilación utilizando programa VNET pc2003, mina san Cristóbal” (Tesis).Perú: Universidad Nacional De Ingeniería.

Juan Salamanca, (2012). Sistemas de control automático en la ventilación de minas. Importancia en la minería subterránea y su desarrollo en Colombia. Colombia: Universidad de Pamplona Facultad de Ingenierías y Arquitectura.