

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA



TESIS

“PREVENCIÓN DEL GASEAMIENTO EN USO MASIVO DEL
ANFO EN LAS OPERACIONES MINERAS SUBTERRÁNEAS DE
CÍA. MINERA RAURA S.A.”

PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN
SEGURIDAD Y SALUD MINERA

ELABORADO POR:
ROSAS FÉLIX LÓPEZ

ASESOR:
M.Sc. Ing. EFRAIN EUGENIO CASTILLO ALEJOS

LIMA – PERÚ
2021

DEDICATORIA

A mi esposa Alicia por su comprensión y apoyo incondicional, también dedico este trabajo a mis hijas Ximena y Jessica para que sirva de motivación y puedan continuar en su formación profesional.

AGRADECIMIENTO

Al Gerente de Unidad, Gerente de Operaciones y Superintendente de Mina por permitirme laborar y facilitarme para realizar el presente trabajo.

Agradecimiento a los Ingenieros de Planeamiento, Ventilación y Seguridad y Salud Ocupacional por sus apoyos en las informaciones solicitadas y facilitadas para realizar el presente trabajo.

También mi inmensa gratitud a mis profesores de Maestría en Seguridad y Salud Minera de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica – UNI por sus sabias enseñanzas.

Finalmente, mi agradecimiento a mi amigo Amador Conozco por la motivación impartida y al personal administrativo de la Unidad de Posgrado de la FIGMM-UNI por los apoyos incondicionales.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
INDICE DE FIGURAS	viii
INDICE DE CUADROS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	12
CAPITULO I	13
GENERALIDADES	13
1.1 Antecedentes Bibliográficos	13
1.1.1 Antecedentes bibliográficos internacionales	13
1.1.2 Antecedentes bibliográficos nacionales.....	17
1.2 Descripción de la Realidad Problemática	20
1.2.1 A nivel internacional	20
1.2.2 A nivel nacional	22
1.2.3 A nivel local.....	23
1.3 Formulación del Problema.....	23
1.4 Justificación e Importancia de la Investigación	24
1.4.1 Justificación práctica	24
1.4.2 Justificación personal	24
1.5 Objetivo General	24
1.5.1 Objetivos específicos	24
1.6 Hipótesis General	25
1.6.1 Hipótesis específicas.....	25
1.7 Variables Dependientes e Independientes	25
1.8 Período de Análisis	26
CAPÍTULO II	27
MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	27
2.1 Ventilación en Minas Subterráneas.....	27
2.1.1 Balance de Aire en Mina.....	27
2.1.2 Circuitos de Ventilación.....	27

2.1.3	Necesidades de aire en mina.....	28
2.2	Medición de gases por disparo con ANFO	31
2.2.1	Oxígeno (O ₂).....	31
2.2.2	Monóxido de Carbono (CO)	31
2.2.3	Gases Nitrosos (NO y NO ₂).....	31
2.2.4	Anhídrido Carbónico (CO ₂).....	32
2.3	Comportamiento Seguro del Trabajador	32
CAPITULO III		33
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION Y DESARROLLO		33
3.1	Metodología	33
3.2	Tipo de Investigación	33
3.3	Nivel de la Investigación	34
3.4	Diseño de la Investigación.....	34
3.5	Fuentes de Recolección de Datos.....	34
3.5.1	Fuentes primarias	34
3.5.2	Fuentes secundarias	34
3.6	Desarrollo de la Tesis	34
3.6.1	Sistema de Ventilación.....	34
3.6.1	El monitoreo de gases remanentes de los disparos en las labores.....	35
3.6.2	El comportamiento seguro del trabajador minero en interior mina	35
CAPITULO IV		36
RESULTADOS DE LA INVESTIGACION		36
4.1	Mejoramiento del Circuito de Ventilación	36
4.1.1	Sistema de Ventilación Principal	37
4.1.2.	Sistemas de Ventilación Secundario y Auxiliar.....	37
4.1.3	Ingreso de Aire Fresco.....	38
4.1.4	Salidas de Aire Viciado	38
4.1.5	Requerimiento de Aire.....	39
4.1.6	Balance	42
4.1.7	Cobertura.....	44
4.1.8	Continuidad del del Circuito de Ventilación en la Profundización	44
4.1.8.1	Proyectos en ventilación.....	44
4.1.8.2	Chimeneas Principales.....	44
4.1.8.3.	Chimeneas Auxiliares.....	45

4.1.8.4 Equipos de ventilación.....	45
4.1.8.5 Trabajos Complementarios.....	46
4.1.8.6 Objetivos del Circuito de ventilación para la Operación.....	46
4.1.8.7 Medición de Cantidad de Aire.....	47
4.1.8.8 Simulación de Ventilación.	47
4.2 Identificación de gases después del disparo con ANFO	48
4.2.1 Mejoramiento de la Medición de gases.....	52
4.2.1.1 Medición de Calidad de Aire.	53
4.3 Comportamiento Seguro del Trabajador de Mina	53
4.3.1 Empoderamiento del Comportamiento del Personal de Mina	58
4.3.1.1 Alcohol y Drogas.....	59
4.3.1.2 Uso de Explosivos.....	59
4.3.1.3 Labores Subterráneas	59
4.3.1.4 Notificación de Incidentes	59
4.3.1.5 Uso de Equipos y Maquinarias	59
4.3.1.6 Guardas de Protección y Equipos de Emergencia	59
4.3.1.7 Aislamiento Bloqueo y Etiquetado	59
4.3.1.8 Trabajos en Altura	60
4.3.1.9 Izaje.....	60
4.3.2.0 Espacios Confinados y/o Peligrosos.....	60
4.4 Comprobación de la Hipótesis.....	60
4.4.1 Prueba de Hipotesis del Mejoramiento del Circuito de ventilación	60
4.4.2 Prueba del Hipotesis de Gases por disparo con ANFO	61
4.4.3 Prueba de Hipotesis del Comportamiento Seguro del Trabajador de Mina..	65
4.5 Beneficio para la Empresa con el Uso Masivo de Anfo.....	67
CONCLUSIONES.....	68
RECOMENDACIONES	70
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	71
Anexo 1: Estructura de la Matriz de Consistencia	73
Anexo 2: Control de Monitoreo de Gases en Vehículos y Equipos	74
Anexo 3: Medición de Emisión de Gases de Equipos con Motores Petroleros	75
Anexo 4: Plan General de Instrumentos y Equipos de Monitoreo y Medición	76
Anexo 5: Control de Ventilación de Labores y Comunicación a los Trabajadores ..	77

Anexo 6: Cartilla del Programa de Observadores de Seguridad – Parte 1	78
Anexo 7: Cartilla del Programa de Observadores de Seguridad – Parte 2	79
Anexo 8: Cartilla de la Verificación del Ciclo de trabajo – Parte 1	80
Anexo 9: Cartilla de la Verificación del Ciclo de trabajo – Parte 2.....	81
Anexo 10: Aspectos Generales de la Mina.....	82
Anexo 11: Costo de Explosivos sin Uso de ANFO.....	106
Anexo 12: Costo de Explosivos con Uso de ANFO	107
Anexo 13: Otros.....	108
Anexo 13: Curriculum Vitae.....	109

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Posición del Perú en Accidentes por Gaseamiento a Nivel Regional y Mundial	21
Tabla 2.1: Límites Máximos Permisibles en interior Mina	31
Tabla 3.1: Ingreso de aire a interior mina sin los dos ventiladores extractoras.....	35
Tabla 4.1: Requerimiento de Aire en Mina	42
Tabla 4.2: Ingreso de Aire a interior Mina	43
Tabla 4.3: Salida de Aire de interior Mina	43
Tabla 4.4: Relación de Raise Borer a ejecutarse	45
Tabla 4.5: Cuadro resumen por tres meses de labores monitoreadas	52
Tabla 4.6: Indicadores Proactivos aplicados a la Supervisión	54
Tabla 4.7: Indicadores Proactivos POS aplicados a la Supervisión	54
Tabla 4.8: Indicadores Proactivos VCT aplicados a la Supervisión.....	55
Tabla 4.9: Corridas de Ingreso de Aire a Interior Mina.....	61
Tabla 4.10: Estadísticos de Muestra.....	61
Tabla 4.11: Corridas de Ingreso de Aire a Interior Mina.....	62
Tabla 4.12: Estadísticos de Muestra.....	63
Tabla 4.13: Evaluación Mensual del Comportamiento Seguro del trabajador por el POS.	65
Tabla 4.14: Evaluación Mensual del Comportamiento Seguro del trabajador por el VCT.	65
Tabla 4.15: Estadísticos de Muestra.....	66
Tabla 4.16: Ahorro en Uso Masivo de ANFO en las Operaciones.....	67

RESUMEN

En el presente trabajo se demuestra que es posible utilizar el ANFO en las Operaciones Mineras Subterráneas de la Compañía Minera Raura S.A. para este propósito se ha evaluado tres variables independientes.

La primera variable fue verificar el Sistema de Ventilación con proyección a la profundización de la mina, comprobar en 105.40% la cobertura del ingreso de aire fresco y limpio y la demanda de aire en mina y finalmente verificar el balance en 3.90% del ingreso y salida de aire en mina.

La segunda variable del control de los gases remanentes después del disparo fue controlada en las labores en un 100%. Para que ingresen a laborar los trabajadores de mina el supervisor con su equipo multigas monitorea los gases remanentes y deja registrado en el cuaderno de obra y tablero de monitoreo, adicionalmente todos los trabajadores tienen el monogas para detectar el gas CO que es el más peligroso.

La tercera variable importante para evitar el accidente por gaseamiento es el comportamiento seguro del trabajador, este comportamiento hace seguimiento el supervisor colegiado por medio del POS "Programa de Observadores de Seguridad" y el VCT "Verificación del Ciclo de Trabajo". Finalmente, el supervisor colegiado es evaluado mensualmente con más del 91% en su Gestión del IDSS "Índice de Desempeño de Seguridad del Supervisor".

Finalmente, con esta propuesta se garantiza CERO registros por accidente de gaseamiento y un ahorro a la Empresa de US\$ 409,395.38 anuales por uso masivo de ANFO en todas sus labores programadas.

ABSTRACT

This work shows that it is possible to use the ANFO in Underground Mining Operations of Company Minera Raura S.A. For this purpose, three independent variables have been evaluated.

The first variable was to verify the Ventilation System with projection to the deepening of the mine, to verify in 105.40% the coverage of the entrance of fresh and clean air and the demand for air in the mine and finally to verify the balance in 3.90% of the entrance and exit of air in mine.

The second variable of the control of the remaining gases after the shot was controlled in the work in 100%. In order for the mine workers to enter to work, the supervisor with his multigas equipment monitors the remaining gases and records them in the work log and monitoring board, additionally all workers have the monogas to detect the CO gas, which is the most dangerous.

The third important variable to avoid the gassing accident is the safe behavior of the worker, this behavior is monitored by the collegiate supervisor through the POS "Safety Observers Program" and the VCT "Verification of the Work Cycle". Finally, the collegiate supervisor is evaluated monthly with more than 91% in their IDSS Management "Supervisor Safety Performance Index".

Finally, this proposal guarantees ZERO registrations for gassing accidents and a saving to the Company of US \$ 409,395.38 per year due to massive use of ANFO in all its scheduled tasks.

INTRODUCCIÓN

El Uso Masivo de ANFO en todas las Labores de Explotación y Avances en Compañía Minera Raura S.A. conlleva al ahorro significativo en lo que respecta a Costos de Voladura.

Para el Uso Masivo de ANFO en Interior Mina es necesario obtener la autorización de Uso de ANFO por el Ministerio de Energía y Minas.

Para evitar cualquier evento por gaseamiento es de vital importancia cumplir con el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional D.S.N° 024 2016-EM y su modificatoria D.S.N° 023 2017-EM donde nos especifica claramente sobre los LMP de los gases y las velocidades de aire que debe tener cada labor donde se labora y equipos petroleros donde trabaja.

También como medidas de control se debe dotar a cada trabajador su equipo mono gas de monitoreo (CO) y a cada supervisor su equipo de Multigas para que pueda evaluar y dejar registrado en el tablero de control los principales gases de mina como son CO, CO₂, NO₂ y H₂S.

Finalmente cumpliendo los Reglamentos, Capacitaciones, medidas de control y aplicando el Derecho a decir NO al trabajo inseguro (10 Reglas por la Vida) por el trabajador estaríamos evitando cualquier incidente por gaseamiento.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 Antecedentes Bibliográficos

1.1.1 Antecedentes bibliográficos internacionales

(Claudio Alejandro Gutierrez Aravena, 2010) realizo la tesis: Recirculación controlada en Minería Subterránea, Para Optar el Título de Ingeniero Civil de Minas en la Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería de Minas.

(Claudio Alejandro Gutierrez Aravena, 2010) obtuvo los siguientes objetivos generales y específicos

Objetivo General

Preparar un sistema de ventilación de aire en minería subterránea que permita evaluar técnica y económicamente el sistema de recirculación controlado.

Objetivos Específicos

- Realizar una revisión estricta de la calidad del aire en materia de recirculación controlada de aire.

- Elaborar y/o modificar un aspecto de concentraciones de componentes del aire en un circuito recirculado, con el fin de conocer las variables más relevantes y cuantificar su impacto.
- Realizar un estudio de distintos elementos de filtrado, con el fin de comprender mecanismos físicos de funcionamiento, parámetros relevantes y aplicabilidad a la situación a estudiar y a la realidad de la mina.
- Para un caso de estudio, comparar el consumo de energía, costo, inversiones y flujo de caja entre la ventilación tradicional versus la recirculación controlada de aire aplicada a dicho caso, utilizando distintas combinaciones de elementos filtrantes, para distintos escenarios de costo de energía específico de llevar un volumen de aire desde el exterior de la mina, hasta el punto de mezcla entre aire fresco y aire recirculado.

(Claudio Alejandro Gutierrez Aravena, 2010), obtuvo las siguientes conclusiones:

- De acuerdo con los objetivos principales planteados, se concluye que a partir del modelo de flujos y concentraciones se logró comprender los parámetros más relevantes en la recirculación controlada, separándolos en los factores propios de la mina, tales como las emisiones de los distintos contaminantes, el consumo de oxígeno, las partículas del polvo en la mina, las concentraciones de polvo y de los gases más relevantes en el ambiente al exterior de la mina y algunos costos unitarios como el costo de energía y los valores de mercado de adquisición y mantenimiento de los ventiladores. Y en variables sobre las cuales puede decidir el de planeamiento: caudal de ingreso, parte de aire recirculada y eficiencia de filtrado para el sistema de control de polvo.

- Se logró identificar que una mejor eficiencia de filtrado que la eficiencia crítica, no mejora sustancialmente la calidad del aire en cuanto a polvo, sino más bien, hace que se pueda alcanzar el mismo ahorro de caudal que se tendría con un sistema con esa eficiencia de filtrado, pero a una parte recirculada menor, logrando una leve mejora en la concentración del monóxido de carbono y contribuyendo a bajar los costos de filtrado, en la medida que se trata menos caudal, siempre que el costo de operación y mantenimiento de esta alternativa de alta eficiencia, no supere el ahorro generado.

(Daniel Ricardo Castillo Aranguren, 2017) desarrollo la tesis: Evaluación del Sistema de Ventilación de la Mina El Roble, trabajo de investigación para optar el título de Ingeniero de Minas, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia Escuela de Ingeniería de Minas - Seccional Sogamoso 2017.

(Daniel Ricardo Castillo Aranguren, 2017) presentó los siguientes objetivos generales y específicos.

Objetivo General

Realizar la evaluación de las actuales condiciones de ventilación en la mina El Roble.

Objetivos Específicos

- Evaluar las condiciones de operación del actual sistema de ventilación.
- Identificar los posibles problemas de ventilación en la operación minera de la mina El Roble, mediante trabajo de campo y modelamiento por medio del software Ventsim.
- Plantear alternativas de mejoramiento al sistema de ventilación.

- Realizar el análisis de costos con relación al actual sistema de ventilación y al propuesto.
- Realizar las recomendaciones correspondientes que permitan el mejoramiento del actual sistema de ventilación.

(Daniel Ricardo Castillo Aranguren, 2017), en su trabajo de tesis incluyó las siguientes conclusiones:

- Se describieron y conocieron las condiciones de operación de la mina el roble además de su sistema de ventilación actual.
- Se identificaron y analizaron los inconvenientes y fallas de la ventilación en la operación minera, mediante trabajo de campo como aforos y mediciones, además de emplear el Software Ventsim para modelar el sistema y proponer una solución óptima.
- La cobertura del actual sistema de ventilación de la mina el roble es aproximadamente de 16%, y la cobertura propuesta aumenta un 77%.
- Los equipos y maquinaria generan la cantidad más elevada de volumen de aire contaminante en la mina. (199,000 cfm)
- La mina no cuenta con un grupo técnico encargado de la ventilación y todos sus procesos (planos, mediciones, cálculos, mantenimiento, ensayos, propuestas).
- La nueva bocamina del NV 2000 como consecuencia de su sección, generará un caudal mayor para poder permitir una salida de aire viciado de forma óptima.
- La recomendación más importante que se realizó es la adquisición de un nuevo ventilador de 200,000 cfm el cual proporcionara una cobertura mayor y con óptimos resultados en el trabajo minero de la Mina el Roble.

- La curva del sistema de la mina y la curva característica del ventilador generan un punto óptimo operativo para la mina.
- Se realizó un análisis de costo con relación a la energía consumida por el circuito de ventilación actual y circuito de ventilación propuesto donde se incrementará el consumo de energía en un 60%, pero con las constantes paradas de la mina se pierde económicamente un promedio de 1'200.000 COP al día.

1.1.2 Antecedentes bibliográficos nacionales

(Wilfredo Moisés Vargas Caycho, 2018) desarrollo la tesis Reformulación del Sistema de Ventilación (2017-2019) Sociedad Minera Austria Duvaz S.A.C. Tesis para Obtener el Grado Académico de Título Profesional de Ingeniero de Minas, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, 2018.

(Wilfredo Moisés Vargas Caycho, 2018) presentó los siguientes objetivos generales y específicos.

Objetivo General

Plantear alternativas viables de solución para optimizar el costo de energía con un sistema adecuado de ventilación sujeto a las normas vigentes y los estándares exigidos para los métodos de minado. Resolver el problema de ventilación y sostener la operación en los próximos 2.5 años.

Objetivos Específicos

- Balance y cobertura del aire actual y proyectado para 2.5 años.
- Actualización del modelo topográfico en 3D, bajo el soporte del software Ventsim™ Visual Avanzado.
- Caracterización, calibración del modelo y simulación de alternativas de diseño.

- Validación de los proyectos que dispone Austria Duvaz, para la ejecución de las chimeneas de ventilación. Cuyo periodo estará comprendido del 2017 al 2019 (2.5 años).
- Selección de los ventiladores principales y características técnicas a nivel de operación.

(Wilfredo Moisés Vargas Caycho, 2018), en su trabajo de tesis determino las siguientes conclusiones:

- Las limitantes del sistema de ventilación en Mina Austria Duvaz son las escasas labores por donde saldrá el aire viciado, actualmente se tiene tres circuitos por donde el aire viciado llega a superficie.
- Del levantamiento de campo, se reportó en mina un ingreso de aire fresco de 99,814 cfm o 2,826 m³/min, salida de aire viciado de 100,089 cfm o 2,834 m³/min.
- Del análisis Ventsim y matemático, el diámetro económico de los RBs proyectados es de 2.10 m.
- Con el desarrollo proyectado de ejes de extracción, el ingreso de aire fresco al sistema será de 191,500 cfm al primer año, 195,400 cfm al segundo año y 194,300 cfm al tercer año.
- La cobertura del sistema actual de la mina es de 104% y proyectado 136% para el 1er año, 139% para el 2do año y 138% en el 3er año.

(Jimmi Robert Duran Janampa, 2018) desarrollo la tesis Mejoramiento de la Ventilación en la mina subterránea - Mina Colquijirca Cía. de Minas Buenaventura S.A.A. Tesis para Obtener el Grado Académico del Título Profesional de Ingeniero de Minas, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Facultad de Ingeniería de Minas, Cerro de Pasco, 2018.

(Jimmi Robert Duran Janampa, 2018) presentó los siguientes objetivos generales y específicos.

Objetivo General

Obtener buen performance del trabajador y de los equipos mineros subterráneos, asimismo obtener una buena productividad con un buen sistema de ventilación en la mina de Colquijirca.

Objetivos Específicos

- Obtener un buen levantamiento de ventilación que ayudará a minimizar los riesgos de intoxicación por gases y humos en la mina de Colquijirca.
- Calcular la cantidad y calidad de aire que se requiera para cumplir con una adecuada ventilación.
- Diseñar un buen sistema de ventilación en la Mina Colquijirca que estará contribuyendo con brindar un buen ambiente de trabajo y la mejora continua.

(Jimmi Robert Duran Janampa, 2018), en su trabajo de tesis determino las siguientes conclusiones:

- La mina tiene una cobertura de 66.43 % de aire, que significa que falta incrementar 6,617.54 m³/min (233,695.78 pies³/min) de aire fresco a la mina, para tener una cobertura de 100 % para no tener problemas de ventilación.
- La ventilación en los tajeos es deficiente debido a que no se cuenta con un circuito definido para evacuar el aire viciado, lo cual ocasiona acumulación de humo y concentraciones de gases que en algunos casos sobrepasan los Límites Máximos Permisibles.
- Los ventiladores auxiliares instalados en serie y que están ventilando los diferentes tajeos en explotación, están mal instalados, ocasionando

recirculación del aire lo que ocasiona a que el humo generado por los equipos Diesel se acolchone y sea lenta su evacuación.

- Los circuitos principales de ventilación y que permiten la circulación del aire por las diferentes labores como rampas y cruceros, están trabajando bien, solamente falta hacer una buena distribución del aire fresco por cuanto en algunos casos gran parte de este aire es succionado por los ventiladores extractores.
- Es necesario comunicar chimeneas principales hacia superficie que lleguen cerca a los tajos en explotación para evitar usar muchos ventiladores secundarios.

1.2 Descripción de la Realidad Problemática

1.2.1 A nivel internacional

Los accidentes por concentraciones de gas (por explosión del gas metano en las minas de carbón) y gaseamiento del personal de mina en labores con ventilación deficiente es un problema de índole mundial. En el cuadro 1 se aprecia que los accidentes por explosión o intoxicación son altos, Perú como país minero también reporto accidentes numerosos por gaseamiento en los primeros años de la década pasada.

En el cuadro 2 como país nos comparamos y en los accidentes por gaseamiento estamos por encima de Chile y Estados Unidos que son también países mineros.

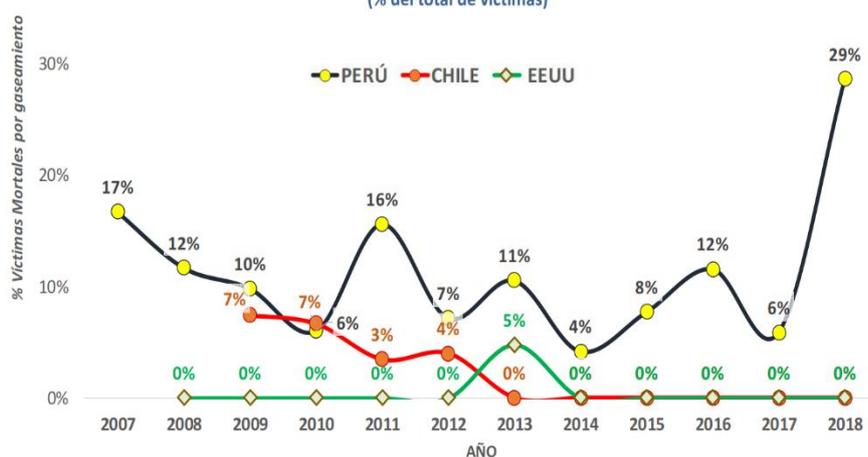
Tabla 1.1: Posición del Perú en Accidentes por Gaseamiento a Nivel Regional y Mundial

FECHA	MINA	PAIS	EVENTO
13-feb-05	Sunjiawan	China	Explosión de gas deja 214 trabajadores muertos
06-nov-05	Dongfeng	China	Explosión de gas deja 169 trabajadores muertos
19-feb-06	Pasta de Conchos	México	Explosión de gas grisú deja 65 trabajadores muertos
19-mar-07	Siberiana	Rusia	Explosión de gas deja 110 trabajadores muertos
2007	Perú	Perú	11 trabajadores fallecidos por gaseamiento (10 eventos Regis.MEM)
2008	Perú	Perú	8 trabajadores fallecidos por gaseamiento (9 eventos Regis.MEM)
21-nov-09	Hegang	China	Explosión de gas deja 104 trabajadores muertos
2009	Perú	Perú	5 trabajadores fallecidos por gaseamiento (3 eventos Regis.MEM)
05-abr-10	Virginia Occidental	EEUU	Explosión de gas deja 29 trabajadores muertos
2011	Perú	Perú	9 trabajadores fallecidos por gaseamiento (6 eventos Regis.MEM)
14-may-14	Turquía	Turquía	Explosión en una mina de carbón dejó más 100 muertos
16-jun-14	San Fernando	Colombia	Explosión de gas acumulado deja 73 trabajadores muertos

Fuente: Elaboración propia



VICTIMAS MORTALES POR GASEAMIENTO
(% del total de víctimas)



Fuente: Osinergmin – A julio 2018 (Perú, MM/GM); MSHA Fatality Reports – A julio 2018 (EEUU, todo sector minero); Sernageomin – A marzo 2018 (Chile, todo sector minero).

Figura 1.1: Posición del Perú en Accidentes por Gaseamiento en comparación con los países mineros destacados como es Chile y Estados Unidos.

Fuente: Gerencia de Supervisión Minera – Osinergmin.

1.2.2 A nivel nacional

Los accidentes por gaseamiento en cada año han estado presentes, disminuyendo en estos cinco años. Estos accidentes por gaseamiento son básicamente por falta de un buen sistema de ventilación, dotación de los equipos de monitoreo al personal y también tiene que ver mucho la cultura de prevención de seguridad del personal supervisor y trabajador u obrero, incumplen los estándares y procedimientos y terminan en un accidente por gaseamiento.

En el cuadro siguiente se aprecia que siempre habido casos de accidente por gaseamiento.



Figura 1.2: Accidentes por gaseamiento presentes en cada año
Fuente: OSINERGMIN

En los 10 últimos años se bajó en cantidad el número de víctimas por gaseamiento, pero no se ha eliminado o bajado a cero. Bajar a cero o tener cero reportes de accidentes por gaseamiento es posible, pero se tiene que cumplir con tener buenos circuitos de ventilación en las minas y los personales cumplir con los procedimientos y estándares de trabajo.

1.2.3 A nivel local

En Compañía Minera Raura S.A. los incidentes incapacitantes han estado presentes en cada año y los accidentes fatales han bajado a cero a partir del año 2016.

Los accidentes por gaseamiento no se han registrado debido a los cumplimientos de los procedimientos, estándares y controles.

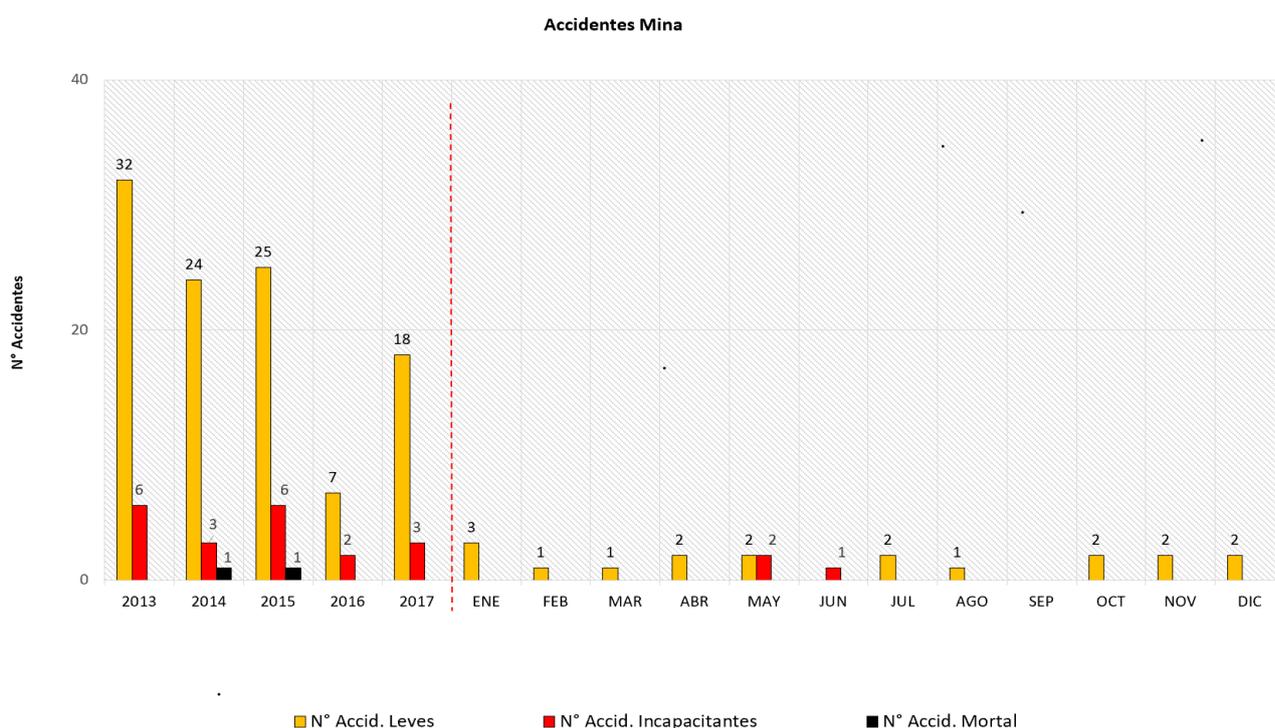


Figura 1.3: Accidentes Leves, Incapacitantes y Mortales en Cía. Raura S.A.

Fuente: Departamento de SSO- Cía. Raura S.A.

1.3 Formulación del Problema

¿En qué medida el mejoramiento del Circuito de Ventilación, Identificación de los gases del disparo con ANFO y el Comportamiento Seguro del Trabajador de Mina se logrará prevenir los Accidentes por gaseamiento en uso masivo de ANFO en las Operaciones Mineras Subterráneas de la Compañía Minera Raura S.A.?

1.4 Justificación e Importancia de la Investigación

1.4.1 Justificación práctica

Esta Prevención de Gaseamiento por Uso Masivo de ANFO en las labores Subterráneas de Compañía Minera Raura S.A. servirá a la compañía de evitar accidentes por gaseamiento al personal, tener buen rendimiento de los equipos de mina y bajar sus costos de voladura.

1.4.2 Justificación personal

Por medio de este trabajo de tesis obtendré el grado académico de Maestro en Seguridad y Salud Minera en la Universidad Nacional de Ingeniería.

1.5 Objetivo General

Prevenir los Accidentes por Gaseamiento en las Operaciones Mineras Subterráneas de la Compañía Minera Raura S.A. Con el mejoramiento del Circuito de Ventilación, Identificación de los gases del disparo con ANFO y con el Comportamiento Seguro del Trabajador de Mina.

1.5.1 Objetivos específicos

El presente plan de tesis presenta los siguientes objetivos específicos.

- Prevenir los Accidentes por gaseamiento en las Operaciones mineras Subterráneas de la Compañía Minera Raura S.A. con el mejoramiento del Circuito de Ventilación.
- Prevenir los Accidentes por gaseamiento en las Operaciones mineras Subterráneas de la Compañía Minera Raura S.A. con la Identificación de los Gases del Disparo con ANFO.
- Prevenir los Accidentes por gaseamiento en las Operaciones mineras Subterráneas de la Compañía Minera Raura S.A. con el Comportamiento Seguro del Trabajador de Mina.

1.6 Hipótesis General

Con el mejoramiento del Circuito de Ventilación, con la Identificación de los gases del disparo con ANFO, y con el Comportamiento Seguro del Trabajador de Mina se logrará prevenir los Accidentes por gaseamiento en uso masivo de ANFO en las Operaciones mineras Subterráneas de la Compañía Minera Raura S.A.

1.6.1 Hipótesis específicas

Este plan de tesis presenta las siguientes hipótesis específicas.

- Con el mejoramiento del Circuito de Ventilación se realizará la Prevención de Accidentes por gaseamiento en las Operaciones Mineras Subterráneas de Compañía Minera Raura S.A.
- Con la Identificación de los Gases del Disparo con ANFO se logrará realizar la Prevención de Accidentes por gaseamiento en las Operaciones Mineras Subterráneas de Compañía Minera Raura S.A.
- Con el Comportamiento Seguro del Trabajador de Mina se logrará realizar la Prevención de Accidentes por gaseamiento en las Operaciones Mineras Subterráneas de Compañía Minera Raura S.A.

1.7 Variables Dependientes e Independientes

La variable dependiente es la siguiente.

Y= Accidentes por Gaseamiento en las labores subterráneas de la Compañía Minera Raura S.A. CERO registros de accidentes por gaseamiento.

Las variables independientes son las siguiente.

X1= Mejoramiento del Circuito de Ventilación. Cubrir el requerimiento de aire.

X2= Gases por Disparo con ANFO. Monitoreo total de gases en labores de mina.

X3= Comportamiento Seguro del Trabajador. Cultura de Seguridad confiable.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1 Ventilación en Minas Subterráneas

2.1.1 Balance de Aire en Mina

Según el DS N° 023 – 2017 EM Art. 252 inciso d) en el balance de aire de mina el aire que ingresa y el aire que sale debe tener una diferencia no mayor a 10%.

2.1.2 Circuitos de Ventilación

En ventilación de minas hay dos tipos de combinación de galerías por donde fluye el flujo de los sistemas de ventilación. Son flujos en serie a través de galerías en línea y flujos en paralelo a través de galerías en bifurcaciones hacia un encuentro y ambas se acoplan una después de la anterior formando una red, la cual tiene que ser calculada en volúmenes y resistencias para conocer la resistencia o estática total de la red y sus volúmenes y poder pedir el ventilador adecuado.

Es decir, esta red está formada por circuitos en serie y circuitos en paralelo existiendo la necesidad de convertir los circuitos en paralelo en circuitos en serie para tener un solo circuito en línea que nos dé un valor de la resistencia que vencer.

2.1.3 Necesidades de aire en mina

Las principales necesidades de aire en interior mina, deben ser determinadas en base al número de personal y número de equipos petroleros que trabajan en interior de las labores y en los diferentes niveles que componen la mina.

El cálculo de las necesidades de aire fresco también permitirá ventilar las labores mineras en forma eficiente, mediante un control de flujos tanto de inyección de aire fresco, como de extracción del aire viciado. Esto permite también diluir y extraer el polvo en suspensión, gases producto de la voladura y la combustión de los vehículos con petróleo.

Para determinar el requerimiento de aire fresco total se utilizan los siguientes parámetros operacionales:

- Caudal requerido por el número de personas.
- Caudal requerido por emisión de gases de los estratos de roca.
- Caudal requerido por temperatura.
- Caudal requerido por el polvo en suspensión
- Caudal requerido por voladura, consumo de explosivos.
- Caudal requerido por equipos que utilizan petróleo.

El sistema de ventilación de una mina consta de ventiladores principales, secundarios y auxiliares, los cuales determinan el circuito de ventilación. En este requerimiento según el anexo 38 del DS N.º 023 – 2017 EM también se debe considerar 15% adicionales del requerimiento total del aire de Mina. Para cumplir con las necesidades de aire en mina se debe contar inclusive con ventiladores instalados en superficie e interior mina y estar dentro de los parámetros del Reglamento de Seguridad y salud Ocupacional Minera RSSOM DS 024 – 2016 – E.M y su modificatoria DS. – 023 – 2017 – EM.

Los requerimientos de aire se determinan de la siguiente manera.

a) Caudal Requerido por el Número de Trabajadores (Q_{Tr}).

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

Donde

Q_{Tr} = Caudal total para "n" trabajadores (m³/min).

F = Caudal mínimo por persona de acuerdo con el Art. 247.

N = Número de Trabajadores de la guardia más numerosa.

Escala de aire de acuerdo Art. 247

Caudal / persona --- a más de 4000 msnm	6	m ³ /m
Caudal / persona --- de 3000 a 4000 msnm	5	m ³ /m
Caudal / persona --- de 1500 a 3000 msnm	4	m ³ /m
Caudal / persona --- hasta a 1500 msnm	3	m ³ /m

b) Caudal Requerido por el Consumo de Madera (Q_{Ma}).

$$Q_{Ma} = T \times u \text{ (m}^3/\text{min)}$$

Donde

Q_{Ma} = Caudal requerido por tonelada de producción (m³/min).

u = Factor de Producción, de acuerdo a escala Art. 252 literal d).

T = Producción en toneladas métricas húmedas/guardia.

*** Factor de Producción de acuerdo con el Consumo de Madera**

Consumo de Madera (%)	Factor de Producción(m ³ /min)
<20	0.00
20 a 40	0.60
41 a 70	1.00
> 70	1.25

c) Caudal Requerido por T° en las labores de trabajo (Q_{Te}).

$$Q_{Te} = V_m \times A \times N \text{ (m}^3/\text{min)}$$

Donde

Q_{Te} = Caudal por Temperatura (m³/min).

V_m = Velocidad Mínima.

A = Área de la labor Promedio.

N = Numero de Niveles con $T^{\circ} > a 23^{\circ}C$, de acuerdo con el Art. 252 Literal d).

*** Velocidad Mínima**

Temperatura Seca ($^{\circ}C$)	Velocidad Mínima (m/min)
< 24	0.00
24 a 29	30.00

d) Caudal Requerido por Equipo con Motor Petrolero (Q_{Eq}).

$$Q_{Eq} = 3 \times HP \times D_m \times F_u \text{ (m}^3/\text{min)}$$

Donde

Q_{Eq} = Volumen de Aire necesario para la ventilación (m³/min).

HP = Capacidad Efectiva de Potencia (HPs).

M_m = Disponibilidad Mecánica promedio de los equipos (%).

F_u = Factor de Utilización promedio de los equipos (%).

e) Caudal Requerido por Fugas (Q_{Fu}).

$$Q_{Fu} = 15\% \times Q_{T1} \text{ (m}^3/\text{min)}$$

Donde

Q_{T1} = Caudal total para la operación.

Q_{Fu} = Caudal requerido por fugas (m³/min).

$$Q_{T1} = Q_{Tr} + Q_{Te} + Q_{Ma} + Q_{Eq} \text{ (m}^3/\text{min)}$$

Donde

Q_{Tr} = Caudal requerido por el número de trabajadores.

Q_{Te} = Caudal requerido por T° en las labores de trabajo.

Q_{Ma} = Caudal requerido por el consumo de madera.

Q_{Eq} = Caudal requerido por equipos con motor petrolero.

Requerimiento del Aire Total (Q_{To})

$$Q_{To} = Q_{T1} + Q_{Fu} \text{ (m}^3/\text{min)}$$

2.2 Medición de gases por disparo con ANFO

Para asegurarnos que estamos debajo de los límites máximos permisibles es necesario conocer según el reglamento las concentraciones máximas permisibles.

Tabla 2.1: Límites Máximos Permisibles en interior Mina

GASES	LMP
DIOXIDO DE CARBONO (CO ₂)	5000 PPM
MONOXIDO DE CARBONO (CO)	25 PPM
METANO (CH ₄)	5000 PPM
HIDROGENO SULFURADO (H ₂ S)	10 PPM
GASES NITROSOS (NO _x)	5 PPM
ANHIDRIDO SULFUROSO (SO ₂)	5 PPM
ALDEHIDOS	5 PPM
HIDROGENO (H)	5000 PPM
OZONO (O ₃)	0.1 PPM
OXIGENO (O ₂) mínimo	19.50%

Fuente: RSSOM DS 024 – 2016 – E.M/ DS. – 023 – 2017 – EM.

2.2.1 Oxígeno (O₂)

Es un gas incoloro, inodoro, insípido, no venenoso. En mina es necesario 19.5% como mínimo y 23.5% como máximo.

2.2.2 Monóxido de Carbono (CO)

El monóxido de carbono es un gas extremadamente venenoso y tiene un peso específico de 0.97, es incoloro, inodoro e insípido. Es uno de los gases más peligrosos que existen y es la causa del 90% de los accidentes fatales, por intoxicación. Se produce por incendios en minas, explosiones de gas y polvo, uso de explosivos en voladuras, quema de explosivos, combustión del petróleo.

2.2.3 Gases Nitrosos (NO y NO₂)

Sus manifestaciones fisiológicas son: Irritación a la garganta, tos y fatalidad en poco tiempo, ante cantidades altas. Corroe las vías respiratorias y crea edemas pulmonares, dejándonos expuestos a bronquitis y pulmonías con posible fatalidad.

Es un gas más pesado que el aire y se mantiene en las partes bajas de las labores.

Se diluye con aire (ventilación).

2.2.4 Anhídrido Carbónico (CO₂)

Gas sin olor ni color, con un sabor ligeramente ácido, es 1.5 veces más pesado que el aire, soluble en agua. El CO₂ se forma en las minas subterráneas durante la putrefacción de la madera, descomposición de rocas carbonatadas por aguas ácidas, uso de explosivos en voladura y por combustión de equipos con petróleo.

2.3 Comportamiento Seguro del Trabajador

El comportamiento seguro del trabajador se fundamenta en la “Teoría Tricondicional del Comportamiento Seguro” (Meliá, 2007), quien plantea que deben darse tres condiciones para que una persona trabaje de forma segura: debe poder trabajar seguro; debe saber trabajar seguro y debe querer trabajar seguro. Estas tres condiciones son requisito para que se emitan comportamientos seguros y dependen de factores técnicos y humanos.



Figura 2.1: Teoría tricondicional del comportamiento seguro

Fuente: Meliá, J.L. (2007)

CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION Y DESARROLLO

3.1 Metodología

En Compañía Minera Raura S.A. el uso de ANFO es parcial, solamente se utiliza en disparo de tajos de Taladros Largos, que representa el 30% del explosivo utilizado en mina.

Para el proyecto del uso masivo de ANFO en la mina se ha planteado en una reunión al Gerente de Unidad y Superintendencia de Mina, quienes aceptaron y me dieron la responsabilidad de evaluar y llevar a cabo el proyecto de uso masivo de ANFO en todas las labores de la mina. Para asegurar el uso masivo de ANFO y no tener problemas de accidentes por gaseamiento se revisará y se evaluará.

- El Sistema de Ventilación
- El monitoreo de gases remanentes de los disparos en las labores
- El comportamiento seguro del personal de mina.

3.2 Tipo de Investigación

El tipo de elaboración de la tesis es: Aplicativo.

3.3 Nivel de la Investigación

El nivel de elaboración de la tesis es: Explicativa, Descriptiva y Correlativa.

3.4 Diseño de la Investigación

El diseño de la elaboración de la tesis es: Cuasi experimental, Transversal y Cuantitativa.

3.5 Fuentes de Recolección de Datos

Las siguientes fuentes de recopilación de datos fueron tomadas en cuenta.

3.5.1 Fuentes primarias

- Información del área de ventilación de la Empresa.
- Mediciones de gas y evaluaciones de los circuitos de ventilación, informaciones proporcionadas por las áreas de mina, seguridad y ventilación.
- Registros de las herramientas de gestión de los supervisores como el POS “Programa de Observadores de Seguridad” y el VCT “Verificación del Ciclo de Trabajo”.

3.5.2 Fuentes secundarias

- Libros de ventilación
- Documentos técnicos periodísticos
- Tesis de grado y maestría referentes al tema de ventilación.
- Información de otras áreas de la empresa.

3.6 Desarrollo de la Tesis

En esta parte del Desarrollo de la Tesis considero la situación inicial de las tres variables independientes.

3.6.1 Sistema de Ventilación

Se tenía la información siguiente de la evaluación para cubrir la demanda de aire.

Tabla 3.1: Ingreso de aire a interior mina sin los dos ventiladores extractoras

Labor		Velocidad (m/min)	Temp. (C°)	Hum.(%)	Presión Absoluta (hPa)	Sección de labor (m x m)	Área (m ²)	Caudal (m ³ /min)	Caudal CFM
PM N° 1	Bocamina Yanamina	119.00	2.9	75.4%	590.8	2.50 x 3.00	7.13	848.47	29,959.48
PM N° 2	Bocamina Nv 700 (Ofelia)	132.00	3.0	72.3%	580.2	5.10 x 3.85	18.65	2,461.80	86,926.16
PM N° 3	Bocamina Nv 630 Catuva	189.00	3.1	77.5%	585.7	4.70 x 3.84	17.15	3,241.35	114,452.07
PM N° 4	Bocamina Nv 630 Esperanza	117.00	4.0	75.4%	588.3	4.50 x 4.00	17.10	2,000.70	70,644.72
PM N° 5	Nv 630 RB 134	96.00	4.6	70.2%	585.2	∅ x 1.65	2.14	205.44	7,254.09
PM N° 6	B/M Esperanza 630 - Gayco	143.00	3.0	71.2%	588.4	3.50 x 3.80	12.64	1,807.52	63,823.53
PM N° 7	Bocamina Nv 580 Gayco	242.00	3.1	70.2%	588.2	4.00 x 3.80	14.44	3,494.48	123,390.09
PM N° 8	Bocamina Nv 590 Hidro	195.00	3.5	70.1%	587.6	3.40 x 3.10	10.01	1,951.95	68,923.35
PM N° 9	Nv 490 Gina y Yanina	165.00	5.6	76.4%	594.0	4.00 x 3.50	13.30	2,194.50	77,487.80
PM N° 10	Nv 440 Cr 496 WW	270.00	6.6	75.4%	597.0	4.69 x 4.23	18.85	5,089.50	179,710.25
PM N° 11	Nv 380 Cr 943E Gina y Yanina	335.00	7.1	90.0%	601.1	5.00 x 4.30	20.43	6,844.05	241,663.41
PM N° 12	Nv 300 Nancy y torre cristal	246.00	5.7	94.1%	608.4	4.12 x 3.80	14.87	3,658.02	129,164.69
PM N° 13	Bocamina Nv. 740	66.00	3.9	73.2%	578.0	3.50 x 3.50	11.64	768.24	27,126.55
Caudal de ingreso de aire total								34,566.03	1,220,526.17

Fuente: Departamento de Ventilación - Cía. Miera Raura S.A.

3.6.1 El monitoreo de gases remanentes de los disparos en las labores

La medición de gases remanentes después del disparo solamente lo realizaba personal de Ventilación.

3.6.2 El comportamiento seguro del trabajador minero en interior mina

No existía la medición del comportamiento seguro del trabajador minero en interior mina, solamente se tenía registro de capacitaciones.

CAPITULO IV

RESULTADOS DE LA INVESTIGACION

4.1 Mejoramiento del Circuito de Ventilación

El circuito de ventilación de la mina Raura, consta de ventiladores principales, secundarios y auxiliares, los cuales determinan el circuito de ventilación. Dentro de los cuales se cuenta con ventiladores instalados en superficie e interior mina y están dentro de los parámetros de la Norma legal del Reglamento de Seguridad y salud Ocupacional Minera en adelante RSSOM DS 024 – 2016 – E.M/ DS 023 – 2017 – EM.

La infraestructura para el sistema de ventilación de la mina Raura se viene realizando mediante chimeneas mecanizadas (Raise Borer), los cuales son usadas como extractores de aire contaminado o como ingreso de aire fresco a los diferentes niveles de la mina y son direccionados a los frentes en operación mediante ventiladores auxiliares.

Los Raise Borer por ser chimeneas mecanizadas, son infraestructuras más seguras de realizar, puesto que no se expone al personal a trabajos de alto riesgo como gaseamiento, asfixia, no se utiliza explosivos, como también son más rápidas en la ejecución y reducen las pérdidas de caudal de aire por fricción.

4.1.1 Sistema de Ventilación Principal

En cada nivel se ubican puntos de control de ventilación de acuerdo con la importancia de la distribución de los flujos de aire circulante, ubicación de labores en operación, zonas con presencia de gases, labores con alta recirculación de aire y otros, estos puntos de control son del sistema de ventilación principal.

Igualmente, se fijaron Puntos de Monitoreo en las labores de ingreso y salida de aire de la mina para determinar la cantidad de aire circulante en toda la mina. En cada una de los Puntos de Monitoreo se efectuaron mediciones de la sección transversal de la labor, tomando debida nota de las características de estas.

Se determino la orientación de las corrientes de aire y se efectuaron mediciones de la velocidad del aire, haciendo uso de un termohigrómetro y Barómetro. Igualmente se efectuaron mediciones de temperatura ambiental, presión y Humedad.

4.1.2. Sistemas de Ventilación Secundario y Auxiliar

Como ventilación secundaria definimos aquellos sistemas que, haciendo uso de ductos "ventiladores auxiliares, ventilan áreas restringidas de las labores, empleando para ello los circuitos de alimentación de aire fresco" da evacuación del aire viciado que le proporcione el sistema de ventilación general.

Ventilación Auxiliar

Es mantener las galerías en desarrollo, con un ambiente adecuado para el buen desempeño de hombres y maquinarias, esto es con un nivel de contaminación ambiental bajo las concentraciones máximas permitidas, con una alimentación de aire fresco suficiente para cubrir los requerimientos de los equipos utilizados en el desarrollo y preparación de nuevas labores. Una ventilación auxiliar eficaz de los desarrollos de galerías no solo proporciona un ambiente más sano "confortable para los trabajadores, sino que además permite obtener mejores rendimientos "

cumplimiento en el ciclo de minado o avance al acortar los tiempos de espera para la evacuación de los gases de voladuras.

4.1.3 Ingreso de Aire Fresco

El ingreso de aire fresco es por las bocaminas principales y algunas Raise Boring antiguas, los cuales direccionan el aire a las labores principales en operación de la mina. Las labores que son considerados como ingresos principales de aire son:

- PM N° 1 Bocamina Yanamina.
- PM N° 2 Bocamina Nv. 700 (Ofelia).
- PM N° 3 Bocamina Nv. 630 Catuva.
- PM N° 4 Bocamina Nv. 630 esperanza.
- PM N° 5 Nv. 630 RB 134.
- PM N° 6 B/M Esperanza 630 – Gayco.
- PM N° 7 Bocamina Nv.580 Gayco.
- PM N° 8 Bocamina Nv. 590 Hidro.
- PM N° 9 Nv. 490 Gina y Yanina.
- PM N° 10 Nv. 440 Cr 496 WW.
- PM N° 11 Nv. 380 Cr 943E Gina y Yanina.
- PM N° 12 Nv. 300 Nancy y torre cristal.
- PM N° 13 Bocamina Nv.740.

4.1.4 Salidas de Aire Viciado

La salida de aire viciado es por las bocaminas principales y algunas Raise Boring antiguas. Las labores que son considerados como salidas principales de aire son:

- PM N° 20 Superficie RB 106
- PM N° 21 Superficie RB 137
- PM N° 22 Nv. 590 Hidro Acceso a Rp Santa Rosa

PM N° 23	Superficie R/B 129
PM N° 24	Superficie Troncal 1 ventilador - 1
PM N° 24	Superficie Troncal 1 ventilador - 2
PM N° 25	Nv. 490 Cx910 RB 213
PM N° 26	Superficie Troncal 2 ventilador - 1
PM N° 26	Superficie Troncal 2 ventilador - 2
PM N° 27	Nv. 440 Niño perdido
PM N° 28	Nv. 340 CH 833
PM N° 29	Nv. 340 R/B 74
PM N° 30	Nv. 300 Gal. 612 R/B 163
PM N° 31	Nv. 300 SHUCSHAPA – FARALLON

4.1.5 Requerimiento de Aire

El cálculo de requerimiento de aire cumple con los establecido en RSSOM del Anexo 38 del DS – 023 – 2017 – EM.

a) Caudal Requerido por el Número de Trabajadores (Q_{Tr}).

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

Donde

Q_{Tr} = Caudal total para "n" trabajadores (m³/min).

F = Caudal mínimo por persona de acuerdo con el Art. 247.

N = Número de Trabajadores de la guardia más numerosa.

F (m ³ /min.)	N	Q_{Tr} (m ³ /min)
6	271	1626
TOTAL	271	1,626.00

Escala de aire de acuerdo Art. 247

Caudal / persona --- a más de 4000 msnm	6	m ³ /m
Caudal / persona --- de 3000 a 4000 msnm	5	m ³ /m
Caudal / persona --- de 1500 a 3000 msnm	4	m ³ /m
Caudal / persona --- hasta a 1500 msnm	3	m ³ /m

b) Caudal Requerido por el Consumo de Madera (Q_{Ma}).

$$Q_{Ma} = T \times u \text{ (m}^3\text{/min)}$$

Donde

Q_{Ma} = Caudal requerido por tonelada de producción (m³/min).

u = Factor de Producción, de acuerdo a escala Art. 252 literal d).

T = Producción en toneladas métricas húmedas/guardia.

*** Factor de Producción de Acuerdo al Consumo de Madera**

Consumo de Madera (%)	Factor de Producción(m ³ /min)
<20	0.00
20 a 40	0.60
41 a 70	1.00
> 70	1.25

Caudal/Consumo de Madera				
Tn Madera/gdia	T (TM/Gdia)	% De Madera	u	Q_{Ma} (m ³ /min)
0.08	1490	0.00	0.00	0.00
TOTAL	1490	0.00	0.00	0.00

c) Caudal Requerido por T° en las labores de trabajo (Q_{Te}).

$$Q_{Te} = V_m \times A \times N \text{ (m}^3\text{/min)}$$

Donde

Q_{Te} = Caudal por Temperatura (m³/min).

V_m = Velocidad Mínima.

A = Área de la labor Promedio.

N = Numero de Niveles con T° > a 23°C, de acuerdo con el Art. 252 Literal d).

*** Velocidad Mínima**

Temperatura Seca (°C)	Velocidad Mínima (m/min)
< 24	0.00
24 a 29	30.00

Caudal/T° en las labores de trabajo			
Vm (m/min)	N con T° C >23°	A (m2)	QTe (m3/min)
30.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	0.00	0.00	0.00

d) Caudal Requerido por Equipo con Motor Petrolero (Q_{Eq}).

$$Q_{Eq} = 3 \times HP \times D_m \times F_u \text{ (m}^3\text{/min)}$$

Donde

Q_{Eq} = Volumen de Aire necesario para la ventilación (m³/min).

HP = Capacidad Efectiva de Potencia (HPs).

M_m = Disponibilidad Mecánica promedio de los equipos (%).

F_u = Factor de Utilización promedio de los equipos (%).

EQUIPO	Cantidad	Potencia Nominal (HP)	Potencia Efectiva (HP)	DM	FU	Q_{Eq} (m ³ /min)
JUMBO	8	78	73	85%	31%	463.68
SCOOPTRAM	12	202	190	90%	56%	3,441.01
EMPERNADOR	7	92	86	77%	41%	571.75
DESATADOR	3	78	73	92%	38%	230.69
CAMIONETA	32	130	122	95%	70%	7,801.25
VOLQUETE	18	440	414	88%	55%	10,809.85
CAMION	14	114	107	89%	70%	2,803.95
UTILITARIO	1	83	78	96%	45%	100.50
MINICARGADOR	1	60	56	90%	25%	38.07
MONTACARGA	1	37	35	92%	20%	19.20
MIXER	4	174	164	85%	71%	1,184.50
ROBOT	3	100	94	78%	57%	376.13
RODILLO	1	131	123	87%	40%	128.56
MOTONIVELADORA	1	158	149	88%	45%	176.44
TRACTOR	1	101	95	87%	45%	111.51
TOTAL						28,257.09

e) Caudal Requerido por Fugas (Q_{Fu}).

$$Q_{Fu} = 15\% \times Q_{T1} \text{ (m}^3\text{/min)}$$

Donde

Q_{T1} = Caudal total para la operación.

Q_{Fu} = Caudal requerido por fugas (m³/min).

$$Q_{T1} = Q_{Tr} + Q_{Te} + Q_{Ma} + Q_{Eq} \text{ (m}^3\text{/min)}$$

Donde

Q_{Tr} = Caudal requerido por el número de trabajadores.

Q_{Te} = Caudal requerido por T° en las labores de trabajo.

Q_{Ma} = Caudal requerido por el consumo de madera.

Q_{Eq} = Caudal requerido por equipos con motor petrolero.

Q_{Tr} (m3/min)	Q_{Ma} (m3/min)	Q_{Te} (m3/min)	Q_{Eq} (m3/min)	Q_{T1} (m3/min)
1626.00	0.00	0.00	28,257.09	29,883.09

$$Q_{Fu} = \mathbf{4,482.46}$$

RESUMEN DEL REQUERIMIENTO DE AIRE

Tabla 4.1: Requerimiento de Aire en Mina

SUMATORIA DE CAUDAL REQUERIDO	Caudal de aire en (m3/min.)	Caudal de aire en (CFM)
1. Personal	1,626.00	57,414.06
2. Madera	0.00	0.00
3. Temperatura	0.00	0.00
4. Equipos	28,257.09	997,757.85
5. Fuga 15%	4,482.46	158,275.66

Requerimiento de Aire para la Operación	34,365.55	1,213,447.57
--	------------------	---------------------

Fuente: Departamento de Ventilación - Cía. Miera Raura S.A.

4.1.6 Balance

En cumplimiento del Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional Minera DS-023-2017-EM, Art. 252 literal C) Balance de ingresos y salidas de aire de la mina. La diferencia de caudales de aire entre los ingresos y salidas de aire no debe exceder el diez por ciento (10 %).

Tabla 4.2: Ingreso de Aire a interior Mina

Labor		Velocidad (m/min)	Temp. (C°)	Hum.(%)	Presión Absoluta (hPa)	Sección de labor (m x m)	Área (m ²)	Caudal (m ³ /min)	Caudal CFM
PM N° 1	Bocamina Yanamina	129.00	3.2	75.4%	590.8	2.50 x 3.00	7.13	919.77	32,477.08
PM N° 2	Bocamina Nv 700 (Ofelia)	147.00	3.0	72.3%	580.2	5.10 x 3.85	18.65	2,741.55	96,804.13
PM N° 3	Bocamina Nv 630 Catuva	241.20	3.5	77.5%	585.7	4.70 x 3.84	17.15	4,136.58	146,062.64
PM N° 4	Bocamina Nv 630 Esperanza	126.00	4.3	75.4%	588.3	4.50 x 4.00	17.10	2,154.60	76,078.93
PM N° 5	Nv 630 RB 134	96.00	4.5	70.2%	585.2	∅ x 1.65	2.14	205.44	7,254.09
PM N° 6	B/M Esperanza 630 - Gayco	147.60	3.0	71.2%	588.4	3.50 x 3.80	12.64	1,865.66	65,876.45
PM N° 7	Bocamina Nv 580 Gayco	252.00	3.0	70.2%	588.2	4.00 x 3.80	14.44	3,638.88	128,488.85
PM N° 8	Bocamina Nv 590 Hidro	186.00	3.1	70.1%	587.6	3.40 x 3.10	10.01	1,861.86	65,742.28
PM N° 9	Nv 490 Gina y Yanina	167.40	5.6	76.4%	594.0	4.00 x 3.50	13.30	2,226.42	78,614.89
PM N° 10	Nv 440 Cr 496 WW	270.00	6.5	75.4%	597.0	4.69 x 4.23	18.85	5,089.50	179,710.25
PM N° 11	Nv 380 Cr 943E Gina y Yanina	337.20	7.5	90.0%	601.1	5.00 x 4.30	20.43	6,889.00	243,250.59
PM N° 12	Nv 300 Nancy y torre cristal	250.00	5.9	94.1%	608.4	4.12 x 3.80	14.87	3,717.50	131,264.93
PM N° 13	Bocamina Nv. 740	66.60	3.6	73.2%	578.0	3.50 x 3.50	11.64	775.22	27,373.02
Caudal de ingreso de aire total								36,221.99	1,278,998.11

Fuente: Departamento de Ventilación - Cía. Miera Raura S.A.

Tabla 4.3: Salida de Aire de interior Mina

Labor		Velocidad (m/min)	Temp. (C°)	Hum.(%)	Presión Absoluta (hPa)	Sección de labor (m x m)	Área (m ²)	Caudal (m ³ /min)	Caudal CFM
PM N° 20	Superficie R/B 106	165.60	12.3	85.3%	590.8	4.50 x 4.00	17.10	2,831.76	99,989.45
PM N° 21	Superficie R/B 137	199.20	11.5	86.4%	590.8	4.50 x 4.00	17.10	3,406.32	120,277.16
PM N° 22	Nv 590 Hidro Acceso a Rp Santa Rosa	252.00	8.5	90.1%	587.6	3.80 x 3.50	12.64	3,185.28	112,472.24
PM N° 23	Superficie R/B 129	610.20	8.7	88.0%	589.0	∅ x 1.77	2.46	1,501.09	53,003.49
PM N° 24	Superficie Troncal 1 ventilador 1	462.00	10.0	87.5%	586.9	∅ x 3.10	7.55	3,488.10	123,164.81
	Superficie Troncal 1 ventilador 2	460.00	10.0	87.5%	586.9	∅ x 3.10	7.55	3,473.00	122,631.63
PM N° 25	Nv 490 Cx 910 RB 213	142.80	13.4	80.2%	594.0	4.50 x 4.00	17.10	2,441.88	86,222.78
PM N° 26	Superficie Troncal 2 ventilador 1	380.00	9.8	88.0%	587.2	∅ x 3.10	7.55	2,869.00	101,304.39
	Superficie Troncal 2 ventilador 2	400.00	10.2	86.5%	587.2	∅ x 3.10	7.55	3,020.00	106,636.20
PM N° 27	Nv 440 Niño perdido	120.00	12.3	84.6%	597.2	6.20 x 4.80	28.27	3,392.40	119,785.64
PM N° 28	Nv 340 Ch 833	150.00	12.8	86.2%	603.6	3.20 x 3.10	9.42	1,413.00	49,893.03
PM N° 29	Nv 340 R/B 74	129.60	14.5	87.9%	603.2	3.60 x 3.70	12.65	1,639.44	57,888.63
PM N° 30	Nv 300 Gal.612 R/B 163	312.00	13.8	88.5%	606.1	3.00 x 2.90	8.27	2,580.24	91,108.27
PM N° 31	Nv 300 Shuchshapa - Farallon	200.00	14.1	84.6%	606.5	3.60 x 3.50	11.97	2,394.00	84,532.14
Caudal de salida de aire total								37,635.52	1,328,909.86

Fuente: Departamento de Ventilación - Cía. Miera Raura S.A.

De las evaluaciones, monitoreos y cálculos obtenidos la diferencia de caudales entre los ingresos de aire y salidas de aire es: 3.90 % cumpliendo así establecido por la norma RSSOM.

4.1.7 Cobertura.

De la comparación calculada de nuestra necesidad de aire para la mina RAURA, del balance de ingreso de aire medido, nos brinda una Cobertura de 105.40%.

Encontrándonos por encima dispuesta por la norma D.S–024 – 2016 – EM. / D.S. – 023 – 2017 – EM.

COMPARACION	m ³ /min.	CFM
Requerimiento de aire total	34,365.55	1,213,447.57
Caudal de Ingreso de aire total	36,221.98	1,278,998.11
Cobertura de la mina (superávit)	105.40%	

4.1.8 Continuidad del del Circuito de Ventilación en la Profundización

4.1.8.1 Proyectos en ventilación.

Durante el 2020 se ejecutarán 1,594 m de Raise Boring para el circuito de ventilación en interior mina y direccionar los flujos a las labores de preparación, desarrollo, explotación y extracción.

4.1.8.2 Chimeneas Principales.

Se cuenta con 2 ventiladores extractores en superficie. Además, durante el 2021 se ejecutará un RB de 550 m. de Superficie a Nv 300, para reemplazo de circuito de Shuchshapaj, (profundización) reemplazo de circuito.



Figura 4.1: RB 106 en superficie

RB 137 en superficie

Fuente: Área de Ventilación – Cía. Minera Raura S.A.



Figura 4.2: Troncal 1 en superficie

Troncal 2 en superficie

Fuente: Área de Ventilación – Cía. Minera Raura S.A.

4.1.8.3. Chimeneas Auxiliares.

Se tienen que ejecutar chimeneas RB auxiliares que apoyen a los circuitos principales; estas serán de ingreso de aire y salida de aire viciado, estas están considerados en el PSP 2020 y serán programados mensualmente. Los Raise Borer a ejecutarse son los siguientes:

Tabla 4.4: Relación de Raise Borer a ejecutarse

Rb 222	Rb 229	Rb 236
Rb 223	Rb 230	Rb 237
Rb 224	Rb 231	Rb 238
Rb 225	Rb 232	Rb 239
Rb 227	Rb 233	Rb 240
Rb 228	Rb 235	Rb 241

Fuente: Área de Ventilación – Cía. Minera Raura S.A

4.1.8.4 Equipos de ventilación.

Para la ejecución de las labores de preparación, desarrollo y explotación se cuenta con un total de 80 ventiladores entre ventiladores principales (extractor), secundarios (impelentes, extractores) y Auxiliares (para las labores de operación).

De los equipos de monitoreo de gases, se tienen equipos multigases para el monitoreo de cada labor en ejecución. Ver equipos en anexo

4.1.8.5 Trabajos Complementarios.

Para la mejora de la ventilación se deberán realiza los siguientes trabajos:

Se continuará con la construcción de tapones para redireccionar los circuitos de ventilación.

Instalación y verificación de mangas de ventilación en todas las labores con ventiladores auxiliares.

Inspección de los circuitos principales, circuitos auxiliares de ventilación.

Verificación y mantenimiento oportuno de ventiladores principales y auxiliares teniendo ventiladores en stand by para el reemplazo en caso de quedar inoperativos los ventiladores y/o salida de estas por mantenimiento.

4.1.8.6 Objetivos del Circuito de ventilación para la Operación.

Los proyectos de ventilación son para mantener los requerimientos de aire según el desarrollo de la mina y mantener por encima del 100% de cobertura de acuerdo con el reglamento de seguridad y salud ocupacional en minera DS – 024 – 2016 – EM/ DS – 023 – 2017 – EM.

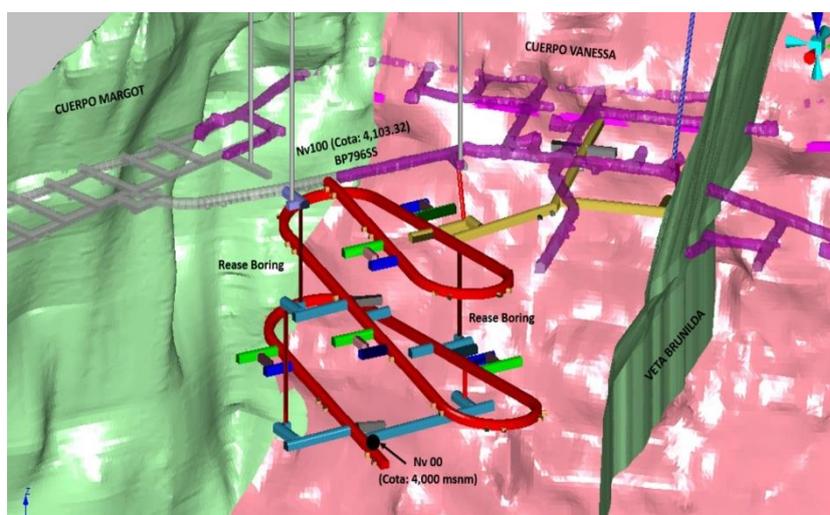


Figura 4.3: Proyecto de ventilación con RB para la Profundización
Fuente: Área de Ventilación – Cía. Minera Raura S.A.

4.1.8.7 Medición de Cantidad de Aire.

El control de monitoreo de cantidad de aire estará a cargo del área de Ventilación estas se realizarán mensualmente en el circuito principal de ventilación, estas serán monitoreadas en los puntos de monitoreos ubicados en diferentes labores de la mina.

Para labores nuevas se realizarán evaluaciones de acuerdo con los cambios en los circuitos y de acuerdo con los proyectos.

Además, se realizarán evaluaciones semestrales para el cumplimiento del DS-024-2016-EM / DS-023-2017-EM.

4.1.8.8 Simulación de Ventilación.

Para la simulación se cuenta con software de ventilación VENTSIM 4 VISUAL, esta herramienta nos permite predecir resultados de nuestro sistema de ventilación con cierta precisión, la cual a medida que vaya validando el total de resultados estos brindaran mayor precisión; estos están sujetos a los cambios dinámicos de la operación.

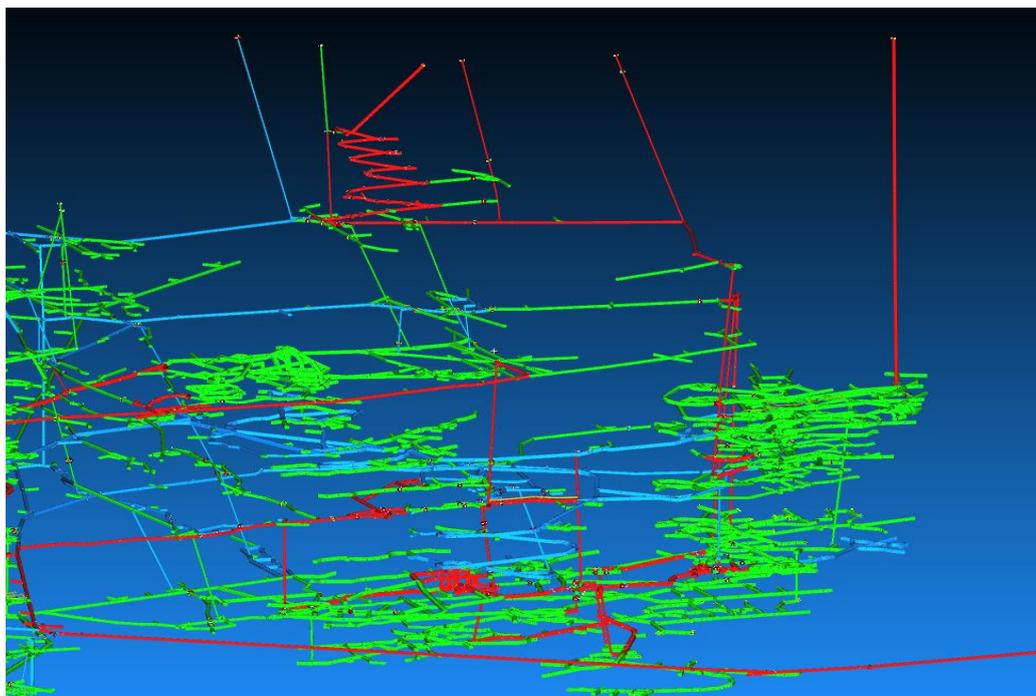


Figura 4.4: Seguimiento de la ventilación mediante ventsim 4
Fuente: Área de Ventilación – Cía. Minera Raura S.A.

4.4.9 Plano Unifilar de la Mina.

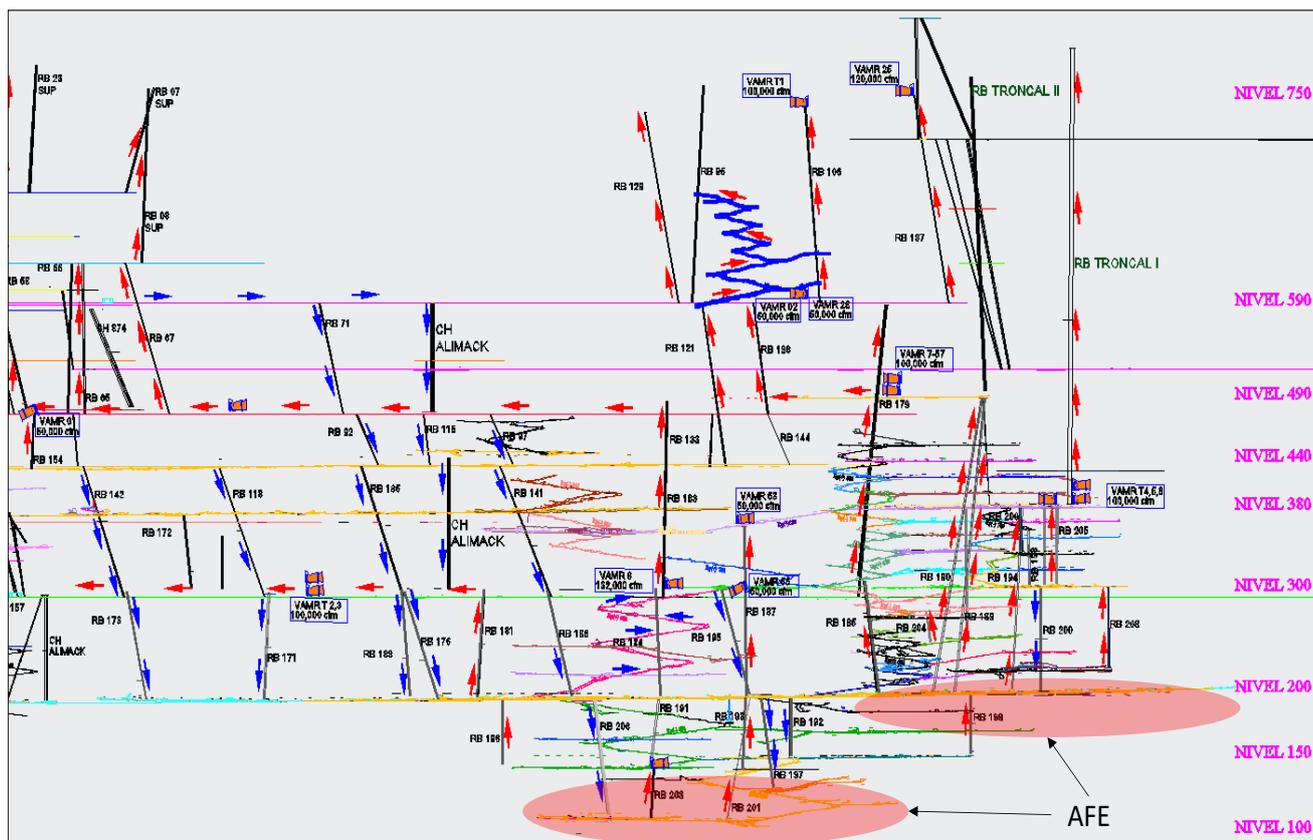


Figura 4.5: Diagrama unifilar Circuito primario de Ventilación
Fuente: Área de Ventilación – Cía. Minera Raura S.A.

4.2 Identificación de gases después del disparo con ANFO

En cumplimiento del artículo 252 del D.S. – 023 – 2017 – EM. y mejorando nuestro control se realiza la medición permanente de los principales gases existentes en las labores donde trabaja el personal, el registro de las mediciones se reporta cada guardia y diario como se menciona en los cuadros siguientes. En mina Raura también tenemos el gas H_2S que proviene de las cavidades naturales del macizo rocoso que también se monitorea.

También como medidas preventivas se realiza la medición semanal en interior mina de los equipos diésel tal como consta los registros del Anexos 1 y 2.



Figura 4.6: Pizarra de monitoreo de gases en tajos
 Fuente: Área de Mina – Cía. Minera Raura S.A.



Figura 4.7: Registro de monitoreo de gases en avances
 Fuente: Área de Mina – Ctta. Aesa S.A.

		CONTROL DE MONITOREO DE GASES PARA LABORES SUBTERRÁNEAS				Código:				
						Versión:				
						Fecha: 06/03/19				
						Guardia: Noche				
MONITOREO REALIZADO POR: <i>Huilo Gencini, Alexander</i>				CARGO: <i>Supervisor</i>		FIRMA: <i>[Signature]</i>				
MONITOREO DE GASES AMBIENTE										
N°	LABOR	HORA	GASES							
			CO	Limite máximo 25 (ppm)	NO2	Limite máximo 3 (ppm)	O2	Limite mínimo 19.5%	CO2	Limite máximo 5000 (ppm)
1	510443	10:40pm	15				20.8			
2	VE773	11:30pm	10				20.6			
3	VE112	17:50pm	20				20.6			
4	VE637	02:10am	22				20.4			
5	C2713	03:10am	20				20.4			
6										
OBSERVACIONES:										

Figura 4.8: Registro de monitoreo de gases en labores de servicio
 Fuente: Área de Mina – Ctta. Netcom S.A.

					MONITOREO DE GASES EN MINA					Grupo: AREA MINA SUBTERRANEA Nivel: 03			
RAZÓN SOCIAL O DENOMINACIÓN SOCIAL		RUC		DOMICILIO (Dirección, distrito, departamento, provincia)		TIPO DE ACTIVIDAD ECONÓMICA				N° TRABAJADORES EN EL CENTRO LABORAL			
Administración de Empresas SAC		20100114634		Calle las begonias 441- San Isidro		Servicios de Infraestructura y Minería							
FECHA: 29-08-19		TURNO: Noche		EQUIPO DE MONITOREO:				N° SERIE:					
MONITOREO REALIZADO POR: <i>Alejo Gonzalo Rabin</i>		CARGO: <i>Previsionista</i>		FIRMA: <i>[Signature]</i>				N° SERIE: <i>112</i>					
ULTIMA FECHA DE CALIBRACION DEL EQUIPO: 26-05-19													
MONITOREO DE GASES AMBIENTE													
N°	LABOR	HORA	GASES					OBSERVACIÓN					
			CO (ppm)	NO2 (ppm)	O2 (%)	CO2 (ppm)	H2S (ppm)						
			25	5	19.5 - 22.5	5000	10						
1	Nv. 380 Rp + 700	10:00	17	0	20.8	0.01	0						
2	Nv. 380 VE 708	10:20	21	0	20.8	0.00	0						
3	Nv. 380 BP 643	10:29	14	0	20.8	0.03	0						
4	Nv. 380 VE 702	11:00	17	0	20.8	0.01	0						
5	Nv. 380 o/n 643	11:15	15	0	20.8	0.01	0						
6	Nv. 380 VE 637	11:12	19	0	20.8	0.03	0						
7	Nv. 300 VE 707	9:23	13	0	20.8	0.01	0						
8	Nv. 300 VE 706	9:32	17	0	20.8	0.03	0						
9	Nv. 200 o/n 634	9:43	19	0	20.8	0.03	0						
10	Nv. 200 VE 309	8:30	19	0	20.8	0.01	0						
11	Nv. 200 Rp-584	8:1	13	0	20.8	0.03	0						
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													

Figura 4.9: Registro de monitoreo de gases en labores y por turno
 Fuente: Área de Mina – Ctta. Aesa S.A.

	Sistema de Gestión de Riesgos								CODIGO:		
									ISO 14001 / OHSAS 18001		
CLAUSULA 4.4.6 - 4.5.1											
VERSION: 01											
01/01/2018									PAGINA 1/1		
MONITOREO DE GASES EN INTERIOR MINA											
ÁREA : INTERIOR MINA NOVIEMBRE - 2019											
MES	FECHA	NV.	LABOR	H2S (LMP: 10 PPM)	NO2 (LMP: 5 PPM)	SO2 (LMP: 10 PPM)	CO (LMP: 25 PPM)	CO2 (LMP: 25 PPM)	OBSERVACIONES	RESPONSABLE	
NOVIEMBRE	01/11/2018	100	TJ 610	0.0	0.0	0.0	14	0.25	Ninguno		
		100	VN 830	0.0	0.0	0.0	21	0.25	Ninguno		
		100	VN 001	0.0	0.0	0.0	5	0.16	Ninguno		
		100	CM 949	0.0	0.0	0.0	11	0.24	Ninguno		
		200	TJ 488	0.0	1.0	0.0	14	0.29	Ninguno		
		200	TJ 487	0.0	0.0	0.0	16	0.34	Ninguno		
		200	TJ 7015	0.0	0.0	0.0	16	0.36	Ninguno		
		200	TJ 487	0.0	0.0	0.0	19	0.31	Ninguno		
		200	SN 770	0.0	0.0	0.0	3	0.32	Ninguno		
		200	SN 335	0.0	0.0	0.0	9	0.35	Ninguno		
		200	CX. 742	0.0	0.0	0.0	15	0.34	Ninguno		
		150	TJ 731	0.0	0.0	0.0	14	0.17	Ninguno		
		150	TJ 610	0.0	0.0	0.0	11	0.18	Ninguno		
		150	CX 001	0.0	0.0	0.0	20	0.22	Ninguno		
		100	VT 001	0.0	0.0	0.0	21	0.24	Ninguno		
		100	CMDDH 741	0.0	0.0	0.0	10	0.26	Ninguno		
		300	TJ 750	0.0	0.0	0.0	16	0.27	Ninguno		
		300	SN 706	0.0	0.0	0.0	14	0.29	Ninguno		
		300	SN 707	0.0	0.1	0.0	18	0.17	Ninguno		
		300	SN 743	0.0	0.0	0.0	21	0.19	Ninguno		
380	TJ 657	0.0	0.0	0.0	12	0.21	Ninguno				
380	TJ 709	0.0	0.0	0.0	8	0.22	Ninguno				
380	BY PASS 711	0.0	0.0	0.0	12	0.25	Ninguno				
380	SN 713	0.0	0.0	0.0	17	0.26	Ninguno				
380	BY PASS 663	0.0	0.0	0.0	12	0.27	Ninguno				
380	RP(+) 663	0.0	0.0	0.0	9	0.31	Ninguno				
NOMBRE DEL ENCARGADO DE LA INSPECCIÓN				TEC. AMADEO JANAMPA CHANCAS						FIRMA:	

Figura 4.10: Registro de monitoreo de gases en labores y por turno
Fuente: Área de Mina – Cía. Minera Raura S.A.

	FORMULARIO					CODIGO	F-SIG-41
	MEDICION DE GASES EN INTERIOR MINA					REVISION	2
						APROBADO	oct-18
						PAGINA	1 de 1
FECHA :	03/08/2019						
EQUIPO DE MEDICION :	ALTAIR 5X						
NIVEL / LABOR	HORA	OXIGENO	ACIDO SULFHDRIICO	DIOXIDO DE CARBONO	DIOXIDO DE NITROGENO	MONOXIDO DE CARBONO	MEDIDAS CORRECTIVAS
		(O2)	H2S	CO2	NO2	CO	
		TWA: 19.5%	TWA:10 PPM	TWA: 0.5%	TWA:3 PPM	TWA: 25 PPM	
		C: 22.5%	STEL: 15 PPM	STEL: 3%	STEL:5 PPM		
CM 876 E, NV 100	9:00	20.8	0	0.07	0.0	1	
CM 876 E, NV 100	10:00	20.8	0	0.07	0.0	3	
CM 876 E, NV 100	11:00	20.8	0	0.08	0.0	3	

Figura 4.11: Registro de monitoreo de gases en labores y por turno
Fuente: Área de Mina – Ctta. Explomin S.A.

Tabla 4.5: Cuadro resumen por tres meses de labores monitoreadas

EMPRESA	LMP	MES 1	MES 2	MES 3	PROMEDIO MES
Cía. Raura S.A.	O ₂ 19.5 %	20.5%	20.0%	19.9%	20.1%
	CO 25 ppm	21	9	23	17.7
	CO ₂ 0.5 %	0.1%	1.0%	0.1%	0.4%
	NO ₂ 5 ppm	1	1	0	0.7
	H ₂ S 10 ppm	1	0	0	0.3
Aesa	O ₂ 19.5 %	19.9%	20.1%	20.5%	20.2%
	CO 25 ppm	12	16	14	14.0
	CO ₂ 0.5 %	0.1%	0.5%	0.1%	0.2%
	NO ₂ 5 ppm	0	0	0	0.0
	H ₂ S 10 ppm	0	1	0	0.3
Netcom	O ₂ 19.5 %	21.0%	20.0%	19.7%	20.2%
	CO 25 ppm	12	19	16	15.7
	CO ₂ 0.5 %	0.1%	0.1%	0.0%	0.1%
	NO ₂ 5 ppm	0.0	0.0	0.0	0.0
	H ₂ S 10 ppm	0	0	0	0.0
Tumi	O ₂ 19.5 %	20.1%	20.0%	20.3%	20.1%
	CO 25 ppm	11	16	10	12.3
	CO ₂ 0.5 %	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%
	NO ₂ 5 ppm	0	0	0	0.0
	H ₂ S 10 ppm	0	0	0	0.0
Explomin	O ₂ 19.5 %	20.0%	20.1%	20.0%	20.0%
	CO 25 ppm	8	5	9	7.3
	CO ₂ 0.5 %	0.0%	0.2%	0.1%	0.1%
	NO ₂ 0.5 ppm	0	0	0	0.0
	H ₂ S 10 ppm	1	0	0.5	0.5

EMPRESA	LMP	MES 1	MES 2	MES 3	PROMEDIO MES
Total Mina	O ₂ 19.5 %	20.3%	20.0%	20.1%	20.1%
	CO 25 ppm	12.80	13.00	14.40	13.4
	CO ₂ 0.5 %	0.1%	0.4%	0.1%	0.2%
	NO ₂ 5 ppm	0.20	0.20	0.00	0.1
	H ₂ S 10 ppm	0.40	0.20	0.10	0.2

Fuente: Personal – Recopilación de información de inspecciones registrados en mina.

4.2.1 Mejoramiento de la Medición de gases

Como mejoramiento en la medición de gases es tener los equipos de medición calibrados. Se adjunta en el Anexo 3 la relación de equipos e instrumentos de mediciones.

4.2.1.1 Medición de Calidad de Aire.

Los monitoreos de gases se realizarán cada guardia y registradas en los pizarrines y en el formato de la herramienta de Gestión de Seguridad Anexo 4, antes de ingresar a las labores a realizar sus actividades.

Estos monitoreos serán realizados por la supervisión y/o jefes de guardia, adicionalmente serán monitoreados por el área de ventilación para la corroboración.



Figura 4.12: Equipo multigas utilizado por la supervisión
Fuente: Área de Seguridad – Cía. Minera Raura S.A.

4.3 Comportamiento Seguro del Trabajador de Mina

El comportamiento seguro del trabajador de mina nos aseguramos haciendo seguimiento con los supervisores de primera línea, colegiados y alta gerencia con el reporte diario del POS “Programa de Observadores de Seguridad” ver formato en los Anexos 5 y 6 y el VCT “Verificación del Ciclo de Trabajo” Ver formato en Anexos 7 y 8. Estas herramientas de gestión de seguridad y salud en el trabajo

llevan el control diario el secretario de mina, al final de mes se tiene un reporte mensual del desempeño en seguridad de cada supervisor de mina.

Los supervisores colegiados a diario y por turno evalúa el comportamiento del trabajador con el uso de las herramientas de gestión, verifica el check list de ventilación, evalúa con el POS “Programa de Observadores de Seguridad” y el VCT “Verificación del Ciclo de Trabajo” el compromiso del trabajador con la seguridad.

El compromiso de la supervisión se evalúa con el siguiente cuadro mensual de Indicadores Proactivos.

Tabla 4.6: Indicadores Proactivos aplicados a la Supervisión

Indicador	Calculo	Meta
Índice de Comportamiento Seguro (ICS) Programa de Observadores de Seguridad (POS)	$\frac{(\sum \text{Comportamientos Seguros})}{(\sum \text{Comportamientos Evaluados})}$	91%
Verificación del Ciclo de Trabajo (VCT)	$\frac{(\sum \text{VCT Ejecutado})}{(\sum \text{VCT Programados})}$	91%
Índice de desempeño de seguridad del supervisor (IDSS)	$\frac{(\sum \text{Actividades de seguridad desarrollados})}{(\sum \text{Actividades seguridad programados})}$	91%
Reconocimiento de Seguridad (RS)	$\frac{(\sum \text{Reconocimientos Realizados})}{(\sum \text{Reconocimientos Programadas})}$	
Índice de Capacitación por Trabajador (HHC)	Horas Hombre de Capacitación	

Fuente: Área de Seguridad – Cía. Minera Raura S.A.

Al realizar el seguimiento de los indicadores en campo y oficinas se ha obtenido resultados que están alineados con los objetivos y metas de la Empresa.

Tabla 4.7: Indicadores Proactivos POS aplicados a la Supervisión

Empresa	Indicador	Comportamientos Seguros	Comportamientos Evaluados	Cumplimiento %
Cía. Raura S.A.	POS	385	420	92%
Aesa	POS	505	540	94%
Netcom	POS	219	240	91%
Tumi	POS	178	180	99%
Explomin	POS	232	240	97%

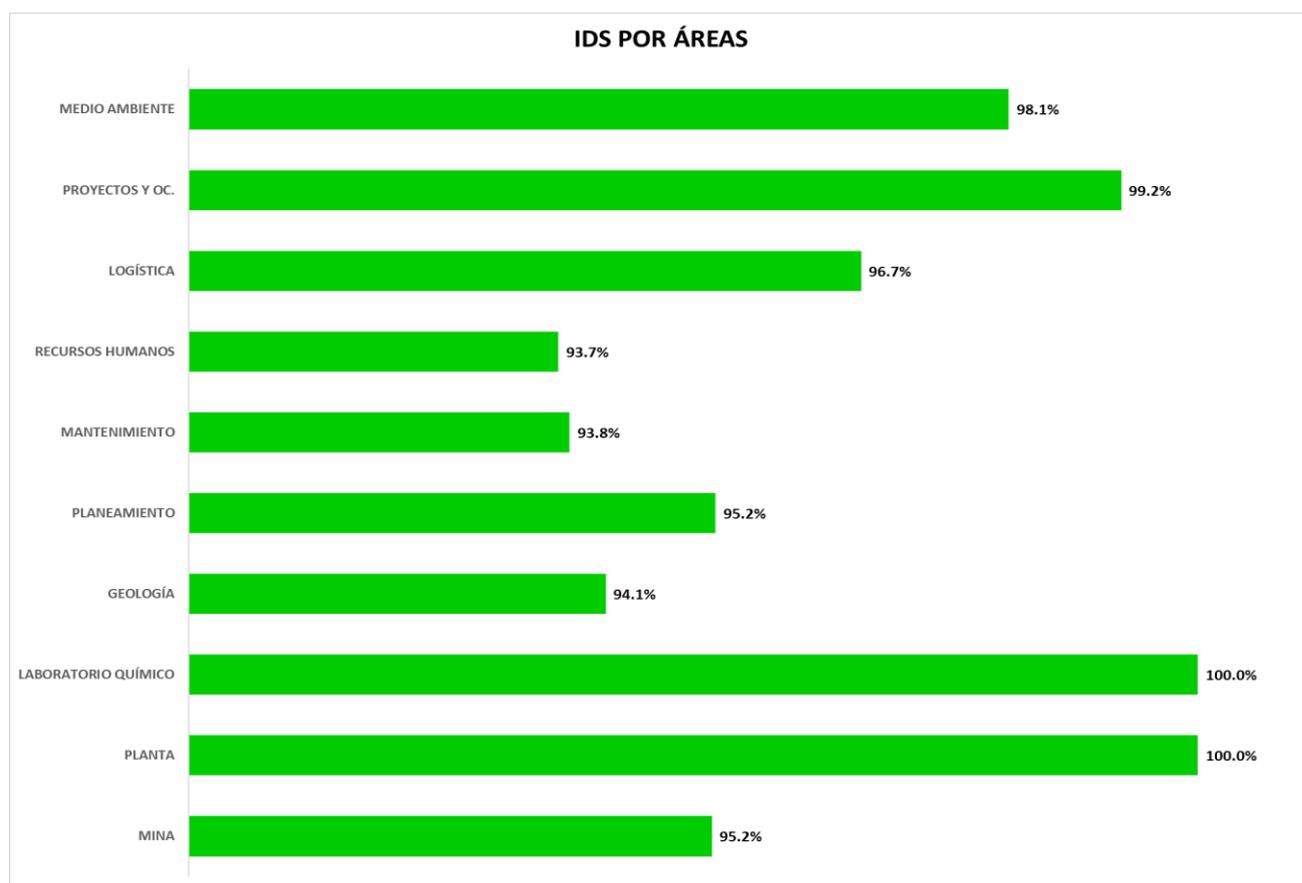
Fuente: Área de Seguridad – Cía. Minera Raura S.A.

Tabla 4.8: Indicadores Proactivos VCT aplicados a la Supervisión

Empresa	Indicador	Ejecutado	Programado	Cumplimiento
Cía. Raura S.A.	VCT	389	420	93%
Aesa	VCT	498	540	92%
Netcom	VCT	223	240	93%
Tumi	VCT	180	180	100%
Explomin	VCT	234	240	98%

Fuente: Área de Seguridad – Cía. Minera Raura S.A.

En la evaluación del IDS de los supervisores de mina se supera el objetivo establecido. Los niveles de comportamiento seguro de las Empresas de Clase Mundial superan los 90%.

**Figura 4.13: Índice de Despeño de Seguridad de los Supervisores**

Fuente: Área de Seguridad – Cía. Minera Raura S.A.

En Cía. Minera Raura la seguridad es un valor, por lo que la supervisión siempre está pendiente del comportamiento del personal verificando las consecuencias de sus conductas porque ellas serán después los antecedentes de sus buenos o malos comportamientos, se hace seguimiento con el modelo tricondicional.

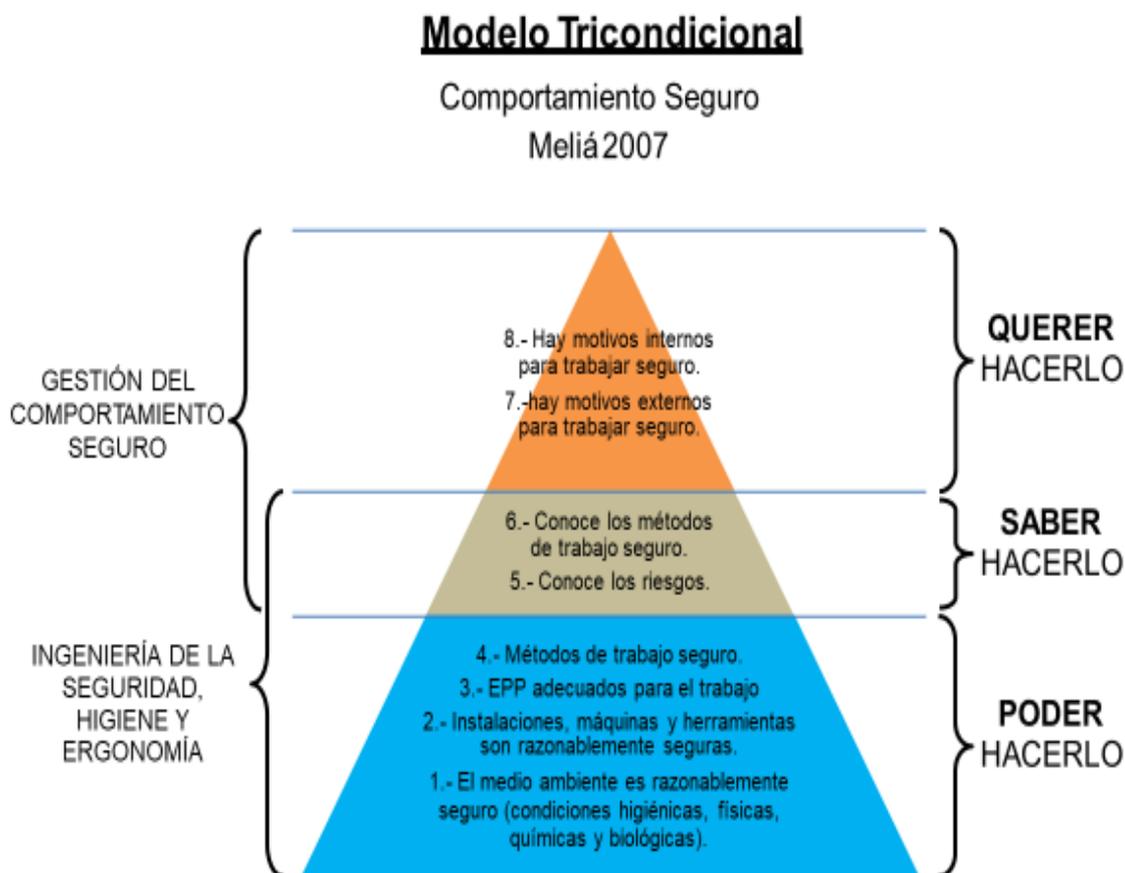


Figura 4.14: Modelo tricondicional comportamental
Fuente: Gestión de los comportamientos Seguros Minsur 2015

Poder Hacer

Para que un trabajador pueda realizar su trabajo seguro se tiene dar las siguientes condiciones.

- Al ingresar el ambiente de trabajo tiene que estar sostenido, ventilado, iluminado e instalaciones de servicios estandarizados.
- Proporcionar EPP y herramientas adecuados.
- Tener los PETS y estándares para cada actividad.

Saber Hacer

Para que un trabajador pueda realizar su trabajo seguro debe tener conocimiento de lo siguiente.

- Conocimiento de peligros y riesgos como el gaseamiento por presencia de los gases después del disparo, para identificarlos tiene que utilizar sus herramientas de gestión y como es el IPERC. Ingresara a la labor solamente cuando el supervisor evalué las concentraciones de gas con su equipo multigas.
- Trabajar siempre con los PETS y estándares, como asegurarse que la manga de ventilación de la labor este a 15 m. del frente y regar bien la carga del disparo.

Querer Hacer

Para que un trabajador pueda realizar su trabajo seguro debe tener motivaciones internas y externas.

- Reconocimiento por su trabajo seguro
- Promover ascensos en su puesto de trabajo
- Remuneración encima del promedio del mercado
- Buen trato en su alimentación, vivienda y recreación
- Estricto cumplimiento del sistema de trabajo 14 x 7.

Con la aplicación del modelo tricondicional en **La Curva de Bradley DuPont**, personal de Cía. Minera Raura S.A. se ubica en una cultura de Seguridad Independiente hacia Interdependiente.



Figura 4.15: Curva de Bradley
Fuente: DuPont (1994)

4.3.1 Empoderamiento del Comportamiento del Personal de Mina

El trabajador de mina tiene derecho para decir NO al trabajo inseguro, aplicara sus 10 Reglas por la Vida.

10 REGLAS POR LA VIDA

1 ALCOHOL Y DROGAS
Opere vehículos y/o equipos e ingrese al trabajo sin influencia de alcohol y/o drogas, ni transporte o introduzca dichos productos en nuestra propiedad.

2 USO DE EXPLOSIVOS
Manipule explosivos - siguiendo los procedimientos - solo si cuenta con la autorización vigente emitida por la autoridad nacional y la empresa.

3 LABORES SUBTERRÁNEAS
Ingrese solamente a áreas y/o labores subterráneas autorizadas, verifique: ventilación, desatado de roca y sostenimiento.

4 NOTIFICACIÓN DE INCIDENTES
Comunique a su supervisor de inmediato las lesiones y/o las condiciones de trabajo que pongan en riesgo la vida de las personas. Recuerde elaborar siempre su PENIC antes de empezar la tarea.

5 USO DE EQUIPOS Y MAQUINARIA
Opere equipos móviles y/o estacionarios y/o herramientas de poder solo si esta autorizado y úselos solo en las tareas para la cual fueron diseñados. Nunca opere bajo la influencia de la fatiga o somnolencia.

6 GUARDAS DE PROTECCIÓN Y EQUIPOS DE EMERGENCIA
Fermueve guardas, barandas de seguridad y/o equipos de control de emergencias solo si esta autorizado, y delimitar con señalizaciones de seguridad. Al término de su tarea ponga los guardas, barandas de seguridad y/o equipos de control de emergencia en su lugar.

7 AISLAMIENTO, BLOQUEO Y ETIQUETADO
Cumpla el procedimiento de aislamiento, bloqueo, etiquetado y verificación de energía cero (Lock Out - Tag Out) al intervenir, efectuar trabajos de mantenimiento y/o reparación de sistemas, procesos, equipos y/o maquinarias que involucren energía.

8 TRABAJO EN ALTURA
Use el arnés de seguridad de dos líneas de vida y manténgase siempre sujetado/ancorado en los trabajos en altura.

9 IZAJE
Efectúe los trabajos de izaje de cargas con los equipos apropiados y siga el procedimiento, no ponga su cuerpo debajo de la carga suspendida.

10 ESPACIOS CONFINADO Y/O PELIGROSOS
Ingresar a espacios confinados incluyendo labores mineras subterráneas abandonadas solo si esta autorizado, nunca lo haga solo, siga los procedimientos establecidos - monitorea el nivel de oxígeno y gases.

COMPañÍA MINERA RAURA
1960

Figura 4.16: Los 10 Reglas por la Vida
Fuente: Área de Seguridad – Cía. Minera Raura S.A.

4.3.1.1 Alcohol y Drogas

Opere vehículos e ingrese al trabajo sin influencia de alcohol y/o drogas, ni transporte o introduzca dichos productos en nuestra propiedad.

4.3.1.2 Uso de Explosivos

Manipule explosivos siguiendo los procedimientos solo si cuenta con la autorización vigente emitida por la autoridad nacional y la empresa.

4.3.1.3 Labores Subterráneas

Ingresa solamente a áreas y/o labores subterráneas autorizadas, verifique ventilación, desate de rocas y sostenimiento.

4.3.1.4 Notificación de Incidentes

Comunique a su supervisor de inmediato las lesiones y/o las condiciones de trabajo que pongan en riesgo la vida de las personas.

4.3.1.5 Uso de Equipos y Maquinarias

Opere equipos móviles y/o estacionarios, herramientas de poder solo si está autorizado y úselos solo en las tareas para la cual fueron diseñadas, nunca opere bajo la influencia de la fatiga o somnolencia.

4.3.1.6 Guardas de Protección y Equipos de Emergencia

Remueva guardas, barandas de seguridad y/o equipos de control de emergencias solo si está autorizado y delimite con señalizaciones de seguridad, al término de su tarea ponga las guardas, barandas de seguridad y/o equipos de control de emergencia en su lugar.

4.3.1.7 Aislamiento Bloqueo y Etiquetado

Cumpla el procedimiento de aislamiento, bloqueo, etiquetado y verificación de energía cero (lock out – tag out) al momento de intervenir, y/o efectuar trabajos de

mantenimiento y/o reparación de sistemas, procesos equipos y/o maquinarias que involucren energía.

4.3.1.8 Trabajos en Altura

Use el arnés de seguridad, de dos líneas de vida y manténgase siempre sujetado y/o anclado en trabajos en altura. en Raura se considera trabajo en altura a partir de 1.50 m.

4.3.1.9 Izaje

Efectúe los trabajos de izaje de cargas con los equipos apropiados y adecuados, siga el procedimiento, no ponga su cuerpo debajo de la carga suspendida.

4.3.2.0 Espacios Confinados y/o Peligrosos

Ingrese a espacios confinados incluyendo labores mineras subterráneas abandonadas solo si está autorizado, nunca lo haga solo, siga los procedimientos establecidos; monitoree el nivel de oxígeno y gases.

4.4 Comprobación de la Hipótesis

Para la prueba de los tres hipótesis se ha empleado la prueba estadística de T Student, porque se tiene información estadística de los variables independientes del antes y después del uso masivo de ANFO en las Operaciones Mineras Subterráneas de la Compañía Minera Raura S.A.

4.4.1 Prueba de Hipotesis del Mejoramiento del Circuito de ventilación

Con la instalación de los dos ventiladores principales en superficie que inyecta aire limpio y fresco y cumpliendo con la cobertura de la necesidad o requerimiento de aire fresco y limpio en no más del 10% garantizamos el oxígeno necesario para el personal y equipos de combustión interna. También el circuito de ventilación con ello la cantidad de oxígeno para la mina se mantendrá en el tiempo debido a las

construcciones de chimeneas Raise Borer en la profundización y la evaluación semestral con software VENTSIM 4 VISUAL.

Para la prueba se ha considerado 5 muestras representativas del ingreso de aire a la mina y se ha comparado con el requerimiento de mina.

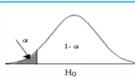
Tabla 4.9: Corridas de Ingreso de Aire a Interior Mina.

Mediciones	Corrida 1	Corrida 2	Corrida 3	Corrida 4	Corrida 5	Promedio Caudal (m3/min)	Promedio Caudal CFM
Ingreso de aire	35,549.64	36,043.13	36,435.05	36,555.37	36,526.76	36,221.99	1,278,998.47

Fuente: Elaboración Propia – Cía. Minera Raura S.A.

Para realizar la prueba de Hipótesis se empleó las funciones de EXCEL y los resultados se presentan a continuación:

Tabla 4.10: Estadísticos de Muestra.

N° de muestras	Requerimiento	Promedio	Desvia.Estandar	Valor de Prueba	Valor Crítico	Significación	Nivel de confianza
n	μ	\bar{x}	δ	$t_p = \frac{(\bar{X} - \mu)}{\delta/\sqrt{n}}$		α	$1-\alpha$
5	34,365.55	36,221.99	428.21	9.69	-2.13	5%	95%

Fuente: Elaboración Propia – Cía. Minera Raura S.A.

En esta prueba de Hipotesis analizaremos y demostraremos si el ingreso de aire a mina cubre las necesidades de aire en interior mina:

La hipótesis Nula H_0 : Requerimiento de aire en mina $\mu \geq 34,365.55$ cfm

La hipótesis Alternativa H_1 : Requerimiento de aire a mina $\mu < 34,365.55$ cfm

Determinando el valor crítico y valor de prueba en la campana de Gauss obtenemos una:

Decisión: Se acepta la hipótesis nula H_0

Conclusión: Si se puede aceptar que el requerimiento de aire en mina $\mu \geq 34,365.55$ cfm será cubierto con un nivel de confianza del 95%.

4.4.2 Prueba del Hipotesis de Gases por disparo con ANFO

Los gases remanentes que pueden quedar después de la aplicación de la ventilación mecánica se monitorean con los equipos mono gas utilizados por el trabajador y con el estándar que solamente ingresan a laborar cuando el supervisor

monitorea los gases presentes con el equipo multigas que obviamente tienen que estar debajo de los LMP. El monitoreo de los gases que realiza el supervisor queda registrado en el tablero de monitoreo.

Para la prueba se ha considerado los 5 principales gases presentes en la mina.

Tabla 4.11: Corridas de Ingreso de Aire a Interior Mina.

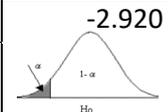
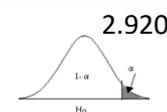
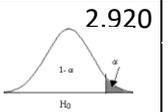
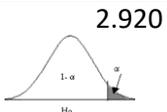
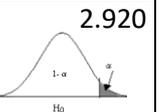
EMPRESA	LMP	MES 1	MES 2	MES 3	PROMEDIO MES
Cia. Raura S.A.	O ₂ 19.5 %	20.5%	20.0%	19.9%	20.1%
	CO 25 ppm	21	9	23	17.7
	CO ₂ 0.5 %	0.1%	1.0%	0.1%	0.4%
	NO ₂ 5 ppm	1	1	0	0.7
	H ₂ S 10 ppm	1	0	0	0.3
Aesa	O ₂ 19.5 %	19.9%	20.1%	20.5%	20.2%
	CO 25 ppm	12	16	14	14.0
	CO ₂ 0.5 %	0.1%	0.5%	0.1%	0.2%
	NO ₂ 5 ppm	0	0	0	0.0
	H ₂ S 10 ppm	0	1	0	0.3
Netcom	O ₂ 19.5 %	21.0%	20.0%	19.7%	20.2%
	CO 25 ppm	12	19	16	15.7
	CO ₂ 0.5 %	0.1%	0.1%	0.0%	0.1%
	NO ₂ 5 ppm	0.0	0.0	0.0	0.0
	H ₂ S 10 ppm	0	0	0	0.0
Tumi	O ₂ 19.5 %	20.1%	20.0%	20.3%	20.1%
	CO 25 ppm	11	16	10	12.3
	CO ₂ 0.5 %	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%
	NO ₂ 5 ppm	0	0	0	0.0
	H ₂ S 10 ppm	0	0	0	0.0
Explomin	O ₂ 19.5 %	20.0%	20.1%	20.0%	20.0%
	CO 25 ppm	8	5	9	7.3
	CO ₂ 0.5 %	0.0%	0.2%	0.1%	0.1%
	NO ₂ 0.5 ppm	0	0	0	0.0
	H ₂ S 10 ppm	1	0	0.5	0.5

EMPRESA	LMP	MES 1	MES 2	MES 3	PROMEDIO MES
Total Mina	O ₂ 19.5 %	20.3%	20.0%	20.1%	20.1%
	CO 25 ppm	12.80	13.00	14.40	13.4
	CO ₂ 0.5 %	0.1%	0.4%	0.1%	0.2%
	NO ₂ 5 ppm	0.20	0.20	0.00	0.1
	H ₂ S 10 ppm	0.40	0.20	0.10	0.2

Fuente: Elaboración Propia – Cía. Minera Raura S.A.

Para realizar la prueba de Hipótesis se empleó las funciones de EXCEL y los resultados se presentan a continuación:

Tabla 4.12: Estadísticos de Muestra.

		O ₂	CO	CO ₂	NO ₂	H ₂ S
Nº de muestras	n	3	3	3	3	3
LMP	μ	19.5%	25	0.5%	5	10
Promedio	\bar{X}	20.1%	13.4	0.2%	0.1	0.2
Significancia	α	5%	5%	5%	5%	5%
Confianza	1-α	95%	95%	95%	95%	95%
Desvia.Estandar	δ	0.1%	0.7	0.2%	0.1	0.2
Valor de Prueba	t _p	7.918	-27.862	-3.200	-73.000	-110.744
		$t_p = \frac{(\bar{X} - \mu)}{\delta/\sqrt{n}}$	$t_p = \frac{(\bar{X} - \mu)}{\delta/\sqrt{n}}$	$t_p = \frac{(\bar{X} - \mu)}{\delta/\sqrt{n}}$	$t_p = \frac{(\bar{X} - \mu)}{\delta/\sqrt{n}}$	$t_p = \frac{(\bar{X} - \mu)}{\delta/\sqrt{n}}$
Valor Critico	t _c	-2.920	2.920	2.920	2.920	2.920
						

Fuente: Elaboración Propia – Cía. Minera Raura S.A.

En esta prueba de Hipotesis analizaremos y demostraremos que la medición de los gases en mina está por debajo de los Límites Máximos Permisibles:

Oxígeno O₂

La hipótesis Nula H₀: Necesidad de oxígeno en mina $\mu \geq 19.5\%$

La hipótesis Alternativa H₁: Necesidad de oxígeno en mina $\mu < 19.5\%$

Determinando el valor crítico y valor de prueba en la campana de Gauss obtenemos una:

Decisión: Se acepta la hipótesis nula H₀

Conclusión: Si se puede aceptar que en mina hay oxígeno $\mu \geq 19.5\%$ cubierto con un nivel de confianza del 95%.

Monóxido de Carbono CO

La hipótesis Nula H₀: El gas toxico CO en mina $\mu \leq 25$ ppm

La hipótesis Alternativa H₁: El gas toxico CO en mina $\mu \geq 25$ ppm

Determinando el valor crítico y valor de prueba en la campana de Gauss obtenemos una:

Decisión: Se acepta la hipótesis nula H_0

Conclusión: Si se puede aceptar que en mina hay CO $\mu \leq 25$ ppm cubierto con un nivel de confianza del 95%.

Dióxido de Carbono CO₂

La hipótesis Nula H_0 : El gas tóxico CO₂ en mina $\mu \leq 0.5$ %

La hipótesis Alternativa H_1 : El gas tóxico CO₂ en mina $\mu \geq 0.5$ %

Determinando el valor crítico y valor de prueba en la campana de Gauss obtenemos una:

Decisión: Se acepta la hipótesis nula H_0

Conclusión: Si se puede aceptar que en mina hay CO₂ $\mu \leq 0.5$ % cubierto con un nivel de confianza del 95%.

Dióxido de Nitrógeno NO₂

La hipótesis Nula H_0 : El gas tóxico NO₂ en mina $\mu \leq 5$ ppm

La hipótesis Alternativa H_1 : El gas tóxico NO₂ en mina $\mu \geq 5$ ppm

Determinando el valor crítico y valor de prueba en la campana de Gauss obtenemos una:

Decisión: Se acepta la hipótesis nula H_0

Conclusión: Si se puede aceptar que en mina hay NO₂ $\mu \leq 5$ ppm cubierto con un nivel de confianza del 95%.

Hidrogeno Sulfurado H₂S

La hipótesis Nula H_0 : El gas tóxico H₂S en mina $\mu \leq 10$ ppm

La hipótesis Alternativa H_1 : El gas tóxico H₂S en mina $\mu \geq 10$ ppm

Determinando el valor crítico y valor de prueba en la campana de Gauss obtenemos una:

Decisión: Se acepta la hipótesis nula H_0

Conclusión: Si se puede aceptar que en mina hay $H_2S \mu \leq 10 \text{ ppm}$ cubierto con un nivel de confianza del 95%.

4.4.3 Prueba de Hipótesis del Comportamiento Seguro del Trabajador de Mina

No se tiene data antigua sobre el Comportamiento Seguro del Trabajador en Interior Mina.

Para la prueba se ha considerado la evaluación del Programa de Observadores de Seguridad y La Verificación del Ciclo de Trabajo.

Tabla 4.13: Evaluación Mensual del Comportamiento Seguro del trabajador por el POS.

Empresa	Indicador	Comportamientos Seguros	Comportamientos Evaluados	Cumplimiento %
Cía. Raura S.A.	POS	385	420	92%
Aesa	POS	505	540	94%
Netcom	POS	219	240	91%
Tumi	POS	178	180	99%
Explomin	POS	232	240	97%
Comportamiento Seguro del Trabajador de mina:				94%

Fuente: Elaboración Propia – Cía. Minera Raura S.A.

También para la prueba se ha considerado la evaluación del Programa de Verificación del Ciclo de Trabajo.

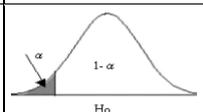
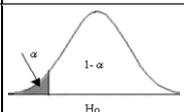
Tabla 4.14: Evaluación Mensual del Comportamiento Seguro del trabajador por el VCT.

Empresa	Indicador	Ejecutado	Programado	Cumplimiento
Cía. Raura S.A.	VCT	389	420	93%
Aesa	VCT	498	540	92%
Netcom	VCT	223	240	93%
Tumi	VCT	180	180	100%
Explomin	VCT	234	240	98%
Cumplimiento del Ciclo de Trabajo:				95%

Fuente: Elaboración Propia – Cía. Minera Raura S.A.

Para realizar la prueba de Hipótesis se empleó las funciones de EXCEL y los resultados se presentan a continuación:

Tabla 4.15: Estadísticos de Muestra.

		POS	VCT
N° de muestras	n	5	5
Grado de Libertad	n-1	4	4
Cumpli.Compor.Seguro	μ	91.0%	91.0%
Promedio Compor.Seguro	\bar{x}	94.4%	95.1%
Significancia	α	5%	5%
Confianza	$1-\alpha$	95%	95%
Desvia.Estandar	δ	3.3%	3.5%
Valor de Prueba	t_p	2.305	2.589
		$t_p = \frac{(\bar{X} - \mu)}{\delta/\sqrt{n}}$	$t_p = \frac{(\bar{X} - \mu)}{\delta/\sqrt{n}}$
Valor Critico	t_c	-2.132	-2.132
			

Fuente: Elaboración Propia – Cía. Minera Raura S.A.

En esta prueba de Hipotesis analizaremos y demostraremos que el Comportamiento Seguro del Trabajador de Mina está por encima del objetivo planteado por la Empresa, Cumplimiento del Comportamiento Seguro 91%:

Evaluación por el POS del Comportamiento Seguro del Trabajador.

La hipótesis Nula H_0 : Personal con Comportamiento Seguro $\mu \geq 91 \%$

La hipótesis Alternativa H_1 : Personal con Comportamiento Seguro $\mu < 91 \%$

Determinando el valor crítico y valor de prueba en la campana de Gauss obtenemos una:

Decisión: Se acepta la hipótesis nula H_0

Conclusión: Si se puede aceptar que el Personal en Mina tiene un Comportamiento Seguro $\mu \geq 91 \%$ cubierto con un nivel de confianza del 95%.

Evaluación por el VCT del Comportamiento Seguro del Trabajador.

La hipótesis Nula H_0 : Personal con Comportamiento Seguro $\mu \geq 91 \%$

La hipótesis Alternativa H_1 : Personal con Comportamiento Seguro $\mu < 91 \%$

Determinando el valor crítico y valor de prueba en la campana de Gauss obtenemos una:

Decisión: Se acepta la hipótesis nula H_0

Conclusión: Si se puede aceptar que el Personal en Mina tiene un Comportamiento Seguro $\mu \geq 91 \%$ cubierto con un nivel de confianza del 95%.

4.5 Beneficio para la Empresa con el Uso Masivo de Anfo

Con el uso masivo de ANFO en sus Operaciones Subterráneas la Compañía Minera Raura S.A. tendría un Ahorro de US\$ 409,395.38 anuales, bajaría sus costos en voladura, adicionalmente se tendría ahorro en aceros de perforación por disminuir por lo menos dos taladros en los diseños de mallas para frentes.

Se puede ver la comparación en los Anexos 10 y 11.

Tabla 4.16: Ahorro en Uso Masivo de ANFO en las Operaciones

Empresa	US\$ Sin Usar ANFO	US\$ Usando ANFO	US\$ Ahorrados
Cía. Raura S.A.	1,758,335.43	1,348,940.05	409,395.38

Fuente: Elaboración Propia.

CONCLUSIONES

1. Es posible realizar el uso masivo de ANFO en las Operaciones Mineras Subterráneas de la Compañía Minera Raura S.A. Se ha asegurado la cobertura de aire en 105.40% y se ha verificado en balance que la diferencia entre ingreso y salida de aire es de 3.90%. El sistema de ventilación y cobertura está garantizado para la profundización de la mina por los proyectos de RB mencionados y los dos extractores instalados en superficie.
2. Es posible realizar el uso masivo de ANFO en las Operaciones Mineras Subterráneas de la Compañía Minera Raura S.A. Se tiene implementado el reporte por guardia del registro de monitoreos de los gases realizados por la supervisión, también el registro se tiene en los tableros de labor y adicionalmente el personal de labor tiene equipo detector de CO y su autorescador. El registro del monitoreo de gases remanentes en las labores es 100%.
3. Es posible realizar el uso masivo de ANFO en las Operaciones Mineras Subterráneas de la Compañía Minera Raura S.A. haciendo seguimiento al comportamiento del personal por medio de las herramientas de gestión de Seguridad. El supervisor colegiado cada guardia inspecciona, rellena y registra el POS "Programa de Observadores de Seguridad" y el VCT "Verificación del ciclo de Trabajo". Los indicadores proactivos al supervisor registran mayores al 91% que es la mínima como objetivo.
4. Con el control de las variables independientes es posible registrar CERO accidentes por gaseamiento en el uso Masivo de ANFO en las Operaciones Subterráneas de Compañía Minera Raura S.A. Adicionalmente con el uso

de ANFO en las voladuras de la Compañía Minera Raura S.A. se estaría ahorrando \$US 0.50 por kilogramo de explosivo utilizado, anualizando un ahorro de US\$ 409,395.38.

RECOMENDACIONES

1. Monitorear semanalmente en interior mina los equipos diésel que ingresan y apoyan en la operación, la concentración del monóxido de carbono (CO) debe estar debajo de los 500 ppm y la concentración de NO₂ debe estar por debajo de 100 ppm.
2. La manga de ventilación tiene que estar a no menos de 15 m. del frente de trabajo.
3. Registrar por guardia y por día el monitoreo de los gases presentes en las labores donde trabaja el personal.
4. Proporcionar a cada trabajador el auto rescatador que proporcione 30 minutos de oxígeno en caso de emergencia.
5. Todos los personales que manipulan explosivos deben tener su carné de SUCAMEC.
6. Antes de utilizar ANFO todas las labores deben tener autorización de USO.
7. La operación es dinámica por lo tanto para las labores nuevas que se programan se tiene que sacar la autorización para el uso de ANFO con debida anticipación.
8. Evaluar cada 6 meses el Sistema Integral de Ventilación y evaluar parcialmente cuando exista comunicaciones de labores.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Capillos Prieto, A. (2015). Optimización y modelización del circuito de Ventilación de una Mina Subterránea. Madrid, España.
- Clavijo G, J. (2018). Monitoreo de Gases en Minería. Bogotá, Colombia.
- Córdoba Quiceno, C., & Molina Escobar, J. (2010). Caracterización de Sistemas de Ventilación en Minería Subterránea. Medellín, Colombia.
- DS N° 005 SA. (2005). Reglamento sobre Valores Límite permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo. Lima, Perú.
- DS N° 023 EM. (2017). Modificación del Reglamento de Seguridad y Salud ocupacional en Minería. Lima, Perú.
- DS N° 024 EM. (2016). Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería. Lima, Perú.
- Guerra Ramírez, J. (2017). Programa de Seguridad Basado en el Comportamiento para la Minera San Rafael S.A. Ciudad de Guatemala, Guatemala.
- Instituto de Minas, P. (1989). Manual de Ventilación de Minas. Lima, Perú.
- ISEM, SERNAGEOMIN. (2017). ¿Cómo se generan los gases tóxicos en minería? Lima, Perú.
- ISO 450001. (2018). Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo. Suiza, Ginebra.
- Jimenez Ascanio, P. (2011). Ventilación de Minas Subterráneas y Túneles. Lima, Perú.

Mallqui Tapia, A. (2006). Ventilación de Minas. Huancayo, Perú.

Meliá L, J. (2007). Seguridad Basada en el Comportamiento. Valencia, España.

Vargas Alegria, E. (2015). Ventilación de Minas. Curanilahue, Chile.

Vásquez Chávez, D. (2017). Programa de Seguridad Basada en el Comportamiento para Fomentar la Cultura de Seguridad en la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado. Riobamba, Ecuador.

Vélez Millán, Á. (2017). Guía de Seguridad para Ventilación de Minas Subterrenos. Bogotá, Colombia.

Zitron. (2010). Ventilación de Minas. Gijón, España.

Anexo 1: Estructura de la Matriz de Consistencia

ESTRUCTURA DE LA MATRIZ DE CONSISTENCIA					
TITULO: Prevención del Gaseamiento en Uso Masivo del ANFO en las Operaciones Mineras Subterráneas de Cía. Minera Raura S.A.					
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	DISEÑO METODOLOGICO
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General.	Variable dependiente : Y	Indicadores	
¿En qué medida el mejoramiento del Circuito de Ventilación, Identificación de los gases del disparo con ANFO, y el Comportamiento Seguro del Trabajador de Mina se logrará prevenir los Accidentes por gaseamiento en uso masivo de ANFO en las Operaciones Mineras Subterráneas de la Compañía Minera Raura S.A.?	Prevenir los Accidentes por Gaseamiento en las Operaciones Mineras Subterráneas de la Compañía Minera Raura S.A. Con el mejoramiento del Circuito de Ventilación, Identificación de los gases del disparo con ANFO y con el Comportamiento Seguro del Trabajador de Mina.	Con el mejoramiento del Circuito de Ventilación, con la Identificación de los gases del disparo con ANFO, y con el Comportamiento Seguro del Trabajador de Mina se logrará prevenir los Accidentes por gaseamiento en uso masivo de ANFO en las Operaciones mineras Subterráneas de la Compañía Minera Raura S.A.	Y: Accidentes por Gaseamiento	Y: N° de Accidentes por Gaseamiento	<p style="text-align: center;"><u>Tipo de Investigación</u> Descriptivo y Correlacional</p> <p style="text-align: center;"><u>Nivel de Investigación</u> Aplicativo</p> <p style="text-align: center;"><u>Diseño de Investigación</u> Cuasi Experimental</p>
Problemas específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis específicas	Variable Independiente X	Indicadores	<u>Técnicas de muestreo y recolección de datos</u>
1. ¿En qué medida el mejoramiento del Circuito de Ventilación influye en la Prevención de Accidentes por gaseamiento en las Operaciones Mineras Subterráneas de la Compañía Minera Raura S.A.?	1. Prevenir los Accidentes por gaseamiento en las Operaciones mineras Subterráneas de la Compañía Minera Raura S.A. con el mejoramiento del Circuito de Ventilación.	1. Con el mejoramiento del Circuito de Ventilación se realizara la Prevención de Accidentes por gaseamiento en las Operaciones mineras Subterráneas de Compañía Minera Raura S.A.	X1: Mejoramiento del Circuito de Ventilación	X1: Evaluaciones del Circuito de Ventilación, Requerimiento de Aire y Balance de Aire de Mina	La Técnica a emplearse será la de: Observación y Análisis de la Recolección de los datos de Campo y Oficinas.
2. ¿En qué medida la Identificación de los Gases del Disparo con ANFO Influye en la Prevención de Accidentes por gaseamiento en las Operaciones Mineras Subterráneas de la Compañía Minera Raura S.A.?	2. Prevenir los Accidentes por gaseamiento en las Operaciones mineras Subterráneas de la Compañía Minera Raura S.A. con la Identificación de los Gases del Disparo con ANFO.	2. Con la Identificación de los Gases del Disparo con ANFO se logrará realizar la Prevención de Accidentes por gaseamiento en las Operaciones mineras Subterráneas de Compañía Minera Raura S.A.	X2: Gases por Disparo con ANFO.	X2: Monitoreos de la Presencia de Gases por Disparo con ANFO.	
3. ¿En qué medida el Comportamiento Seguro del Trabajador de Mina Influye en la Prevención de Accidentes por gaseamiento en las Operaciones Mineras Subterráneas de la Compañía Minera Raura S.A.?	3. Prevenir los Accidentes por gaseamiento en las Operaciones mineras Subterráneas de la Compañía Minera Raura S.A. con el Comportamiento Seguro del Trabajador de Mina.	3. Con el Comportamiento Seguro del Trabajador de Mina se logrará realizar la Prevención de Accidentes por gaseamiento en las Operaciones Mineras Subterráneas de Compañía Minera Raura S.A.	X3: Comportamiento Seguro del Trabajador de Mina.	X3: Comportamiento Seguro del Trabajador en la curva de Bradley.	

Anexo 3: Medición de Emisión de Gases de Equipos con Motores Petroleros

FORMATO: MEDICIÓN DE EMISION DE GASES DE EQUIPOS CON MOTORES PETROLEROS

AGENTE SUPERVISADO					UNIDAD MINERA					
COMPAÑÍA MINERA RAURA S.A.					ACUMULACION RAURA					
DATOS DE LA MEDICIÓN										
Supervisor Responsable										
Tipo de instrumento de medición		Marca del instrumento:			Serie del instrumento:			Fecha Calibración (adjuntar certificado de calibración)		
Analizador de Gases		DRAGER			KRLB - 0303			27 / 11 / 2020		
N°	Equipo con motor petrolero ⁽¹⁾	Potencia nominal (HP) ⁽⁴⁾	Potencia efectiva (HP) ⁽⁴⁾	Temperatura de motor (en caso corresponda)	Trabajo que realizaba el equipo ⁽²⁾	NO ₂ ppm	CO ppm	Fecha Medición	Hora Medición	Ubicación del equipo (observaciones)
01	Camión ARD - 706	140	117.6	----	Traslado de Personal	13	445	19/01/2020	10:03 Hrs.	By Pass 616 S, Nivel150
02	Scoop R1300G, N° 17	175	147	----	Limpieza de Mineral	04	13	19/01/2020	10:20 Hrs.	By Pass 616 S, Nivel150
03	Camión ARD - 948	140	117.6	----	Traslado de Personal	21	415	19/01/2020	10:46 Hrs.	By Pass 616 S, Nivel150
04	Camioneta, AVD – 768	171	143.64	----	Traslado de Supervisión AESA	06	309	19/01/2020	10:51 Hrs.	By Pass 616 S, Nivel 150
05	Camioneta, AMK – 873	171	143.64	----	Traslado de Personal de Mina	07	83	19/01/2020	11:00 Hrs.	By Pass 616 S, Nivel 150
06	Camión Cisterna, ASP – 744	140	117.6	----	Traslado de Combustible	27	386	19/01/2020	11:06 Hrs.	Rampa 660 (-), Nivel 150
07	Scoop R1600H, N° 10	282	236.88	----	Limpieza de Mineral	10	355	19/01/2020	11:30 Hrs.	Rampa 672(-), Nivel 150
08	Camioneta, ANK – 815	171	143.64	----	Traslado Personal de Geología	06	112	19/01/2020	11:34 Hrs.	Rampa 672(-), Nivel 150
09	Scoop R1300G, N° 61	175	147	----	Limpieza de Mineral	03	89	19/01/2020	13:38 Hrs.	Tajo 657 NS, Nivel 300
Estándar ⁽³⁾						100 ppm	500 ppm			
Límite de Detección del instrumento de medición						0-200 ppm	0-8000 ppm			
Exactitud del instrumento de medición						± 5 ppm o < 5% del V.M.	0 – 4000 ppm: < ± 20 ppm o <± 5% del V.M.			

Anexo 4: Plan General de Instrumentos y Equipos de Monitoreo y Medición

	PLAN GENERAL DE CALIBRACION DE INSTRUMENTOS Y EQUIPOS DE MONITOREO Y MEDICION	Código: RA-RAU-PCE-FOR-033	U.M.	
		Versión: 02	10/10/2018	ACUMULACION
		Página: 1/3		RAURA

Año: <u>2019</u>														
ITEM	Dispositivos de Medición	SERIE	MESES											
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	Medidor de Gases MSA ALTAIR 2X	116920											X	
2	Medidor de Gases MSA ALTAIR 2X	116917											X	
3	Medidor de Gases MSA ALTAIR 2X	110368											X	
4	Medidor de Gases MSA ALTAIR 2X	117047											X	
5	Medidor de Gases MSA ALTAIR 2X	116918											X	
6	Medidor de Gases MSA ALTAIR 2X	117002											X	
7	Medidor de Gases MSA ALTAIR 2X	116928											X	
8	Medidor de Gases MSA ALTAIR 2X	117042											X	
9	Medidor de Gases MSA ALTAIR 2X	116966											X	
10	Medidor de Gases MSA ALTAIR 2X	116981											X	
11	Medidor de Gases MSA ALTAIR 2X	116936											X	
12	Medidor de Gases MSA ALTAIR 2X	116941											X	
13	Medidor de Gases MSA ALTAIR 2X	116999											X	
14	Medidor de Gases MSA ALTAIR 2X	116955											X	
15	Medidor de Gases MSA ALTAIR 2X	116882											X	
16	Medidor de Gases MSA ALTAIR 2X	116926											X	
17	Medidor de Gases MSA ALTAIR 2X	116972											X	
18	Medidor de Gases MSA ALTAIR 2X	116939											X	
19	Medidor de Gases MSA ALTAIR 2X	116969											X	
20	Medidor de Gases MSA ALTAIR 2X	116982											X	
21	Medidor de Gases MSA ALTAIR 2X	116979											X	
22	Medidor de Gases MSA ALTAIR 2X	116960											X	
23	Medidor de Gases MSA ALTAIR 2X	117046											X	
24	Medidor de Gases MSA ALTAIR 2X	116898											X	
25	Medidor de Gases MSA ALTAIR 2X	116974											X	
26	Medidor de Gases MSA ALTAIR 2X	116907											X	
27	Medidor de Gases MSA ALTAIR 2X	116925											X	
28	Medidor de Gases MSA ALTAIR 2X	116991											X	
29	Medidor de Gases MSA ALTAIR 2X	116903											X	
30	Medidor de Gases MSA ALTAIR 2X	116949											X	


 Celestino Jorge Chávez Ponce
 JEFE DE INVENTARIOS


 Williams Pedro De la Cruz Camargo
 PRODUCTIVIDAD Y COSTOS

Anexo 5: Control de Ventilación de Labores y Comunicación a los Trabajadores

CIA MINERA RAURA S.A.							
		CONTROL DE VENTILACIÓN DE LABORES Y COMUNICACIÓN A LOS TRABAJADORES			Código: RA-RAU-MN-CVL-POR-032		
					Versión: 01		
RAZÓN SOCIAL O DENOMINACIÓN SOCIAL	RUC	DOMICILIO (Dirección, distrito, departamento, provincia)	TIPO DE ACTIVIDAD ECONÓMICA		N° TRABAJADORES EN EL CENTRO LABORAL		
CIA MINERA RAURA S.A.	20100163552	Jr. Giovanni Batista Lorenzo Bernini N°149	Explotación minera, extracción y procesamiento de minerales polimetálicos y comercialización de concentrado de zinc, plomo y cobre.				
FECHA:	TURNO:	EQUIPO DE MONITOREO		Aitair 5X	N° SERIE:		
MONITOREO REALIZADO POR:		CARGO:		FIRMA:			
SE REALIZÓ VOLADURA EN LA GUARDIA ANTERIOR?	SI	NO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
SE VA REALIZAR VOLADURA EN ESTA GUARDIA?	SI	NO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
MONITOREO DE GASES AMBIENTE							
N°	LABOR	HORA	GASES			AIRE	OBSERVACIÓN
			CO (ppm)	NO2 (ppm)	O2 (%)	CO2 (ppm)	
1							
2							
3							
4							
5							
CROQUIS DE CIRCUITO DE VENTILACIÓN							
TRABAJADORES							
APELLIDOS Y NOMBRES					CARGO	FIRMA	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
RECOMENDACIONES:							

Anexo 6: Cartilla del Programa de Observadores de Seguridad – Parte 1



CARTILLA DE OBSERVACIÓN DE COMPORTAMIENTOS - SUBTERRÁNEO
 Código: RA-RAU-SSO-POS-FOR-04
 Versión V-03



DNI Observador		Fecha de la observación		Turno	
Nombre y Apellido Observador		Labor o área		D	N
Empresa observada		Actividad crítica relacionada			

INSTRUCCIONES:

- 1) Preséntese y solicite consentimiento de aprobación para realizar la observación de la actividad, luego complete los datos generales con la persona observada.
- 2) Observe y marque con una "X" los comportamientos observados por categoría sean Seguros "S" o Riesgosos "R".
- 3) Felicite los actos seguros de su compañero observado.
- 4) Si observa oportunidades de mejora o comportamiento riesgoso, identifique la **Barrera de comportamiento seguro "BC"** con la letra respectiva (Ver Leyenda)
- 5) Obtenga un compromiso por parte del trabajador y agradezca su colaboración con la seguridad en la Unidad Minera Raura.

1.- HERRAMIENTAS DE GESTIÓN	S	R	BC	
1.1. Muestra el IPERC, PETAR, Check List, ATS, Licencia SUCAMEC, orden de trabajo, correctamente llenado, autorizado y en lugar visible.				
1.2. Registra en el IPERC todos los peligros y riesgos identificados antes de ejecutar su labor				
1.3. Ubica en su área de trabajo los procedimientos, PETS y estándares para la ejecución de un trabajo seguro				

6.- TRABAJOS EN CALIENTE	S	R	BC	
6.1. Dispone de un extintor para realizar su labor				
6.2. Delimita su área de trabajo con blombos				
6.3. Retira los materiales combustibles en un radio mínimo de 20 metros.				

2.- USO DE EPP	S	R	BC	
2.1. Usa el EPP correctamente de acuerdo a la tarea a realizar (casco, respirador, lentes, guantes, arnés, chaleco salvavidas,				
2.2. Usa EPP en buenas condiciones para el trabajo a realizar.				

7.- TRABAJOS CERCA O SOBRE FUENTES DE AGUA	S	R	BC	
7.1. Está anclado durante la ejecución de su labor				
7.2. Utiliza accesos, vías, perímetros, plataformas en buen estado				

3.- HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	S	R	BC	
3.1. Mantiene orden y limpieza de su área de trabajo.				
3.2. Delimita o señala adecuadamente el área según la actividad				
3.3. Ejecuta el trabajo con un mínimo de dos personas (Vigia) para trabajos de alto de riesgo (Espacios confinados, trabajos en caliente, etc) .				
3.4. Usa una postura correcta para levantar, jalar y trasladar correctamente las cargas manuales,				
3.5. Carga solo lo establecido por el estándar (25 Kg).				
3.6. Levanta cargas por debajo de su cabeza para evitar riesgo de caída.				
3.7. Utiliza iluminación adecuada en su área de tarabajo.				
3.8. En caso de requerirse, realiza el monitoreo de aire y otros gases.				

8.- TRABAJOS EN ALTURA	S	R	BC	
8.1. Inspecciona el sistema de restricción de caída antes de su uso				
8.2. Utiliza un sistema de protección anticaídas				
8.3. Amarra las herramientas y arriestra escaleras portátiles y/o andamios.				
8.4. Al desplazarse, permanece anclado a un punto resistente (por encima de la cabeza) utilizando las dos colas de la línea de vida.				
8.5. Asegura la escalera portátil mediante el uso de sogas con base antideslizante.				

9.- EQUIPOS PESADOS/ VEHÍCULOS LIVIANOS/ TRANSPORTE	S	R	BC	
9.1. El conductor opera su vehículo/equipo usando el manejo defensivo, respeta los límites de velocidad y las señales de tránsito				
9.2. Usa equipos/vehículos de acuerdo a su diseño y especificación de uso.				
9.3. Estaciona y ubica el vehículo/equipo en un área segura libre de peligros (apaga el motor, usa freno de mano, engancha y coloca tacos				
9.4. Utiliza los dispositivos de seguridad del equipo/vehículo en buenas condiciones (kit antiderrame, conos, vara luminosa, llanta de repuesto, tacos, llave de ruedas, etc).				
9.5. El operador traslada el Scoop con el motor hacia adelante.				

4.- TRABAJOS CON HERRAMIENTAS	S	R	BC	
4.1. Usa herramientas manuales y/o eléctricas de acuerdo a la labor a realizar				
4.2. Usa herramientas manuales y/o eléctricas en buen estado con los accesorios según recomendaciones del fabricante.				
4.3. Usa herramientas portátiles con guardas de seguridad que cuentan con la cinta de color de inspección trimestral.				

5.- LINEA DE FUEGO	S	R	BC	
5.1. Respeta distancias de seguridad para evitar ser atrapado, golpeado o entrar en contacto con equipo en movimiento, herramienta o				
5.2. Usa los tres puntos de apoyo al subir o bajar por una escalera				
5.3. Trabaja sobre superficies estables y alejado de aberturas.				
5.4. El trabajador mantiene los ojos en la tarea evitando distracciones.				
5.5. En caso de requerirse, se desplaza por las rutas de escape, cámaras de primeros auxilios y refugios mineros.				

10.- TRANSPORTE DE PERSONAL	S	R	BC	
10.1. El personal asciende y desciende del vehículo cuando está estacionado				
10.2. El conductor y los pasajeros usan el cinturón de seguridad.				
10.3. Exceder los límites de velocidad permitida establecida en el RITRAN de 1 a 5 km/h				
10.4. Detenerse por 3 Sgs. Al aproximarse a una señal de PARE, CEDA EL PASO, CRUCE PEATONAL antes de iniciar la marcha.				
10.5. Reducir la velocidad en curvas cerradas, zonas de mantenimiento de vías y zona de tránsito de peatones.				

Anexo 7: Cartilla del Programa de Observadores de Seguridad – Parte 2

11.- TRANSPORTE, MANIPULACIÓN DE EXPLOSIVOS Y VOLADURA <table border="1"> <tr> <td>S</td> <td>R</td> <td>BC</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	S	R	BC																14.- AISLAMIENTO DE ENERGIA (ELÉCTRICA, QUÍMICA, NEUMÁTICA, HIDRÁULICA, ETC) <table border="1"> <tr> <td>S</td> <td>R</td> <td>BC</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	S	R	BC												
S	R	BC																																
S	R	BC																																
12.- DESATADO DE ROCAS MANUAL Y MECANIZADO <table border="1"> <tr> <td>S</td> <td>R</td> <td>BC</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	S	R	BC																15.- SOSTENIMIENTO MECANIZADO <table border="1"> <tr> <td>S</td> <td>R</td> <td>BC</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	S	R	BC												
S	R	BC																																
S	R	BC																																
13.- VENTILACIÓN DE LABORES <table border="1"> <tr> <td>S</td> <td>R</td> <td>BC</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	S	R	BC							16.- PERFORACIÓN DE TALADROS <table border="1"> <tr> <td>S</td> <td>R</td> <td>BC</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	S	R	BC																					
S	R	BC																																
S	R	BC																																
17.- TRABAJOS EN TALADROS LARGOS <table border="1"> <tr> <td>S</td> <td>R</td> <td>BC</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	S	R	BC							<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>																								
S	R	BC																																
LEYENDA: BARRERAS DEL COMPORTAMIENTO SEGURO - BC																																		
FACTOR HUMANO		FACTOR TRABAJO																																
A COSTUMBRE	D RUTINA	G PRIORIDAD EN PRODUCCIÓN	J COMODIDAD																															
B FATIGA Y SOMNOLENCIA	E DISTRACCIÓN	H EJEMPLO LIDER	K MÁQUINA INSEGURA																															
C EJEMPLO DE COMPAÑEROS	F PRISA	I CONOCIMIENTO O ENTRENAM.	L HERRAMIENTA INSEG.																															
OTRAS BARRERAS DEL COMPORTAMIENTO U OBSERVACIONES ADICIONALES																																		

Anexo 8: Cartilla de la Verificación del Ciclo de trabajo – Parte 1

	VERIFICACIÓN DEL CICLO DE TRABAJO	Código: RA-RAU-SSO-VCT-FOR-27	U.M. ACUMULACION RAURA	
		Versión: 01		3/03/2018
		Pág. 1/2		
Superintendencia / Área: _____ Fecha: ____ / ____ / ____ Nombre del procedimiento evaluado: _____ Código del procedimiento evaluado: _____ Nombre del operado _____ Nombre del Líder VCT: _____				
1. ¿El procedimiento está disponible para líder y operador, es completo y claro?.				
<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No. Si su respuesta a lo anterior es no, por favor explicar _____ _____ _____				
2. Según conversación fuera del lugar de trabajo, ¿el operador realiza la práctica de acuerdo con lo establecido en el procedimiento?.				
<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No. Si su respuesta a lo anterior es no, por favor explicar _____ _____ _____				
3. Según observaciones en el lugar de trabajo, ¿el operador realiza la práctica de acuerdo con lo establecido en el procedimiento?.				
<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No. Si su respuesta a lo anterior es no, por favor explicar _____ _____ _____				
4. Si no coinciden el procedimiento y la práctica, ¿cuál debe modificarse? Por favor explicar:				
_____ _____ _____				
5. ¿Se requiere reforzar el conocimiento en alguno o varios aspectos del procedimiento? .				
<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No. En caso afirmativo, ¿Qué aspectos se deben reforzar? ¿Quiénes deberían participar? ¿Cómo sugiere que se podrían reforzar estos aspectos? _____ _____ _____				

Anexo 9: Cartilla de la Verificación del Ciclo de trabajo – Parte 2

	VERIFICACIÓN DEL CICLO DE TRABAJO	Código: RA-RAU-SSO-VCT-FOR-08	U.M. ACUMULACION RAURA	
		Versión: 01		3/03/2018
		Pág. 2/2		
6. ¿Hizo el operador comentarios para tener en cuenta y/o sugerencias para mejorar alguno o varios de los aspectos del procedimiento?				
<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No. Si la respuesta es afirmativa, listar.				
<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>				
7. ¿Estaba el área de trabajo y el equipo en condiciones satisfactorias para la Seguridad, la Salud y el Ambiente?				
<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No. Por favor hacer comentarios al respecto:				
<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>				
8. Compromisos:				
<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>				
9. Recomendaciones para el Coordinador del Procedimiento.				
<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>				
10. Observaciones del Coordinador del Procedimiento.				
<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>				
COFORMIDAD				
Trabajador:	_____	_____	____/____/____	
	<i>Apellido y Nombre</i>	<i>Firma</i>	<i>Fecha</i>	
Lider VCT:	_____	_____	____/____/____	
	<i>Apellido y Nombre</i>	<i>Firma</i>	<i>Fecha</i>	
Coordinador:	_____	_____	____/____/____	
	<i>Apellido y Nombre</i>	<i>Firma</i>	<i>Fecha</i>	

Anexo 10: Aspectos Generales de la Mina

1 ubicación y acceso

La Mina Raura está ubicada en el Distrito de San Miguel de Cauri, Provincia de Lauricocha, Departamento de Huánuco a una altura promedio de 4,700 m.s.n.m.

Desde la ciudad de Lima es accesible por la carretera Lima – Sayán - Churín – Oyón a 273 Km. de distancia. Las coordenadas geográficas de ubicación son:

Latitud	:	10° 26' 30" S
Longitud	:	76° 44' 30" W
Coordenadas U.T.M.	:	8'840, 000 N - 8'848,000 N 304, 000 E - 313, 000 E

La altura varía de 4300 a 4800 m.s.n.m. con glaciares que alcanzan los 5700 m.s.n.m. La topografía es abrupta con valles y circos glaciares, con abundantes lagunas escalonadas y materiales morrénico. El clima es frío y casi no existe vegetación.

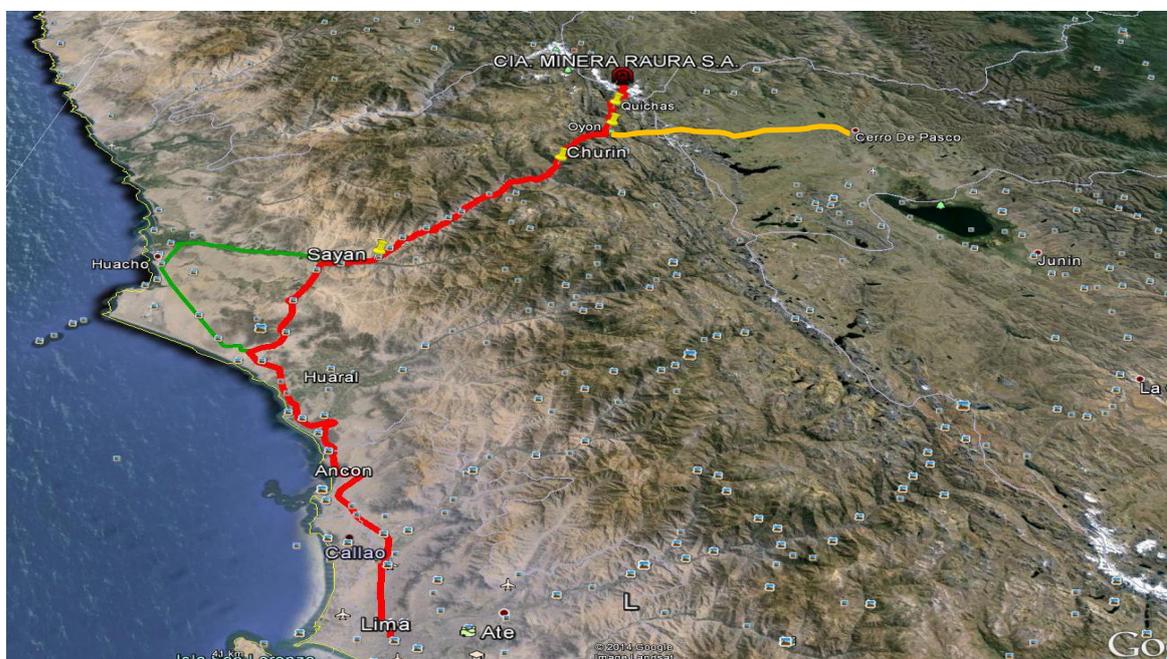


Figura 1: Ubicación y Acceso a Cía. Minera Raura S.A.
Fuente: Área de Planeamiento e Ingeniería – Cía. Minera Raura S.A.

2 Geología general de Raura

2.1 Generalidades

La región donde se ubica el yacimiento polimetálico de Raura, se ubica en la Cuenca de la Cordillera Occidental Peruana, incluye la divisoria continental entre la cuenca del Pacífico y del Atlántico, entre los Departamentos de Huánuco (Distrito de San Miguel de Cauri, Provincia de Lauricocha) y Lima (Distrito y Provincia de Oyón).

2.2 Litología

2.2.1 Rocas sedimentarias

La Cuenca de la Cordillera Occidental en la zona de Raura corresponde a la plataforma con relleno del Jurásico Terminal al Terciario inferior – paleógeno, la estructura sedimentaria de conjunto comprende de W a E, el Anticlinal Caudalosa, la Falla Chonta, la escama invertida Niño Perdido – Condorsenga, la Falla Raura y un Anticlinorio desarticulado que comprende el Sinclinal Caballo cocha y el Anticlinal de Raura. En la columna estratigráfica se distinguen 03 grandes grupos de sedimentos, el grupo Goyllarisquisga, el grupo de rocas carbonatadas con relación al grupo Machay, con presencia de las formaciones Chulec, Pariatambo, Jumasha y como fase Terminal de la secuencia carbonatada la formación Celendín, por último, se tiene el grupo de las capas rojas con relación espacial y litológica a las capas rojas de Casapalca.

El Grupo Goyllarisquisga: las formaciones que afloran en la zona de Raura son la formación Carhuaz y la formación Chimú, que aflora al SO de la mina Raura , y es la falla Chonta responsable actuando con una rampa lateral ramificada desde la misma estructura (Ángeles 1,997 – 2,005) la que pone en contacto a estas formaciones con las rocas carbonatadas, su origen es predominantemente detrítico

(areniscas que luego por metamorfismo regional pasan a cuarcitas), con intercalaciones de horizontes de lutitas grises a negras con lechos de carbón.

Rocas Carbonatadas, Las formaciones Chulec y Pariatambo son predominantemente carbonatadas, con calizas y margas fosilíferas, con materia orgánica a bituminosa, presentan contenidos subordinados de material detrítico fino como limo arcillitas, afloran en el paquete invertido Niño Perdido – Condorsenga al SO de la Mina; la formación Jumasha está ampliamente distribuida en la zona de Raura, aflora con unos 1,300 mts de espesor, se le ha subdividido en 4 miembros reconocidos por una diferencia marcada en sus facies de sedimentación, J-1, J-2, J-3 y J-4, la mineralización conocida estaría asociada principalmente al J-1, donde están emplazados los cuerpos metasomáticos de contacto, cuerpos satélites, vetas y bolso nadas, recientes estudios sobre los miembros del Jumasha y en correlación a la mina Uchucchacua, se tiene exploraciones sobre el J-2, donde las calizas pueden ser más receptivas a la mineralización, estas calizas se encuentran al Este de las labores de producción actual (J-1), se tienen proyectos de exploración sobre la proyección en profundidad de estas calizas.

Sobre las calizas Jumasha se tiene identificado un paquete de margas y calizas margosas, con horizontes pelíticos, que determinan el facie terminal de la secuencia sedimentaria en el Coniaciano - Santoniano del Cretáceo Superior.

Capas Rojas. Llamadas por la coloración de estos sedimentos de origen continental registradas como las formaciones Casapalca en el Perú Central y formación Chota en el Norte del Perú, se componen sobre todo de areniscas, con algo de lutitas, limolitas y conglomerados, en Raura esta unidad aflora al Norte de la mina al SO de la laguna Chuspicocha.

2.2.2 Rocas Ígneas

Estudios y aportes de geólogos como: A. Porturas, J. Fernández Concha, Norman Castillo, Donald Noble, R. Sillitoe, G. Rodríguez, J. Valera, L. Montoya, C. Ángeles, M. Lavado, F. Cerón, P. Salcedo, A. Salas, E. Uribe, J. Valdivia, A. Sánchez.; han conllevado al modelo de la mina Raura en el contexto geológico, referente a los intrusivos y rocas volcánicas existentes, Donald Noble hizo dataciones radio métricas en el stock de granodiorita (11 m.a). Y en el pórfido cuarcífero (8.2 +- 0.2 m.a.), esta última intrusión conllevó un complejo de brechas tipo peble breccia y brechas pipe con rocas volcánicas ácidas (dacitas y riocácitas), con esporádicas fases andesíticas y rocas del basamento estratigráfico (cuarcitas y calizas), con ventanas de explosión que sobre yacían al pórfido cuarcífero se considera la primera fase de los volcánicos, relacionado a la mineralización.

Se considera tres fases de actividad ígnea volcánica en un lapso geológico comprendido entre 8 a 11 millones de años.

La primera fase. Representada por rocas volcánicas en su mayoría ácidas de tipo dacitas, riocácitas a riolitas; estudios de campo determinan la posibilidad de cuellos y ventanas volcánicas en el SE de la Mina en la zonas de Farallón, Celia y Puyhuanmina, en contacto a las calizas Jumasha, se presentan tobas silíceas, alejado del contacto de las calizas hacia el Oeste se presentan flujos lávicos pseudo estratificados, en la zona Este estas rocas albergan mineralización con relleno de fallas y fracturas, también se presentan zonas de reemplazamiento, formando bolsos y/o cuerpos principalmente de Pb, Zn y Ag, en la zona de Brunilda, Margot, Santa Rosa, Hadas y Grety.

Una segunda fase. Lo constituye la intrusión de granodiorita que viene a ser la roca intrusiva más antigua del área con una edad radiométrica de 11 millones de años.

Se expone entre la Laguna Putusay Alta Cerro Colorado, en la Laguna Niñococha en el Sur, y sobre la Laguna Tinquicocha al norte del distrito. Fue mapeada como "diorita cuarcífera Cerro Colorado" (J. Fernández C. 1,964).

En sus contactos con la caliza se ha producido un halo de alteración metamórfico (hornfels). Seguido de mármol. En superficie los afloramientos presentan superficies limonitizadas con tonalidades ocre-amarillentos por efecto del intemperismo y procesos de oxidación-lixiviación.

Finalmente, la última fase lo representa la intrusión del pórfido cuarcífero - monzonítico de una edad radiométrica de 7 millones de años que originó, columnas de brecha y diques asociados al sistema de fallamiento Este-Oeste. Esta última fase está relacionada a la formación de cuerpos de skarn con reemplazamiento de zinc – plomo y vetas, con zoneamientos verticales y horizontales con presencia de Cu-Zn en el núcleo y Zn_Pb-Ag-Cu en los bordes y hacia las periferias Ag-Zn.

2.3 Geología estructural

Teniendo como patrón estructural los Andes Centrales del Perú, en el cretáceo superior se dieron etapas de plegamientos fallamientos y plutonismo (Fase Inca), producto de esfuerzos de compresión SW – NE; en la zona de Raura se dieron plegamientos, como el anticlinal Santa Ana y el sinclinal Caballococha que son los más importantes del área con rumbo N 20°-30° W, produciendo fallas y sobre escurrimientos en la misma dirección, siendo la falla Chonta la que representa este evento, colocando en contacto areniscas y cuarcitas del grupo Goyllarizquizga con las calizas Jumasha.

Posteriormente debido a fuerzas tensionales se han producido varios sistemas de fracturamiento N 65° - 80° W (vetas Giannina, Abundancia, Roxana, Torres de

Cristal, Flor de Loto). Fallamiento local en bloques es un patrón estructural importante en Catuva.

En las últimas etapas de actividad tectónica por acción de estas mismas fuerzas, originan fallas regionales que atraviesan el Distrito Minero de Raura, representando una reactivación del sistema NE, desplazando a los sistemas NW y Norte.

2.4 Geología económica

El período de mineralización en el Distrito Minero de Raura, se produjo probablemente entre los 8 a 10 millones de años con formación de minerales de Cobre, Zinc, Plomo y Plata. La mineralización se presenta principalmente como relleno de fracturas preexistentes (vetas), reemplazamientos metasomáticos de contacto (bolso nadas en Skarn) y depósitos tipo Stock Work.

2.4.1 Mineralización en Vetos

Dos sistemas de fracturamiento son los que contienen toda la mineralización en vetas en Raura. El sistema más importante tiene rumbo N 60° W a E-W.

El otro sistema tiene rumbo N 65° - 80° E. Existe un zoneamiento marcado en la mineralización de Raura, al norte las vetas tienen minerales de Plata (freibergita), Zinc y Cobre en menor cantidad, al sur se incrementa los minerales con contenido de plomo y zinc (galena y esfalerita).

2.4.2 Mineralización en Cuerpos

En la zona de contacto metasomático (exoskarn) de las calizas Jumasha y los intrusivos pórfidos cuarcíferos, se presentan cuerpos o bolso nadas con minerales de Zinc, Plomo y Plata.

El cuerpo de skarn con reemplazamiento de zinc – plomos más importantes en el distrito minero de Raura tiene una dirección de rumbo N 30° W con buzamiento de 70° W. El halo de alteración metasomático (exoskarn) tiene una potencia de 50 –

60 m. y una longitud de 900 – 1,000 m., a lo largo de esta alteración se emplazan los cuerpos de Sur a Norte Primavera, Betsheva, Catuva y Niño Perdido, la mineralización se presenta con reemplazamiento de esfalerita, marmatita, galena, calcopirita y diseminación de pirita. Hacia la caja techo en contacto con el intrusivo se forman cuerpos de pirita sacaroide.

La mineralización en este cuerpo presenta un zoneamiento vertical en la parte alta se observa mayor contenido de valores zinc, plomo, plata y en el centro (nivel 490) se observa mayores valores de zinc disminuyendo los valores de plomo. Y en profundidad (nivel 380) se incrementa los valores de cobre.

2.4.3 Mineralización Tipo Stock Work

Son estructuras que encierran mineralización como relleno de fracturas menores irregulares, con diseminación y ligeros reemplazamientos masivos; como por ejemplo el cuerpo Gayco que se emplazan en rocas metamórficas (hornfels de diópsida)

3 Historial de las Operaciones

La Unidad Minera Raura inició sus operaciones en 1960 mediante labores subterráneas para la producción de minerales (zinc, cobre, plomo y plata) a cargo de Cerro de Pasco Copper Corporation. Desde fines de los años 80 el 95% de acciones es de propiedad del Grupo Breca (Corporación BRECA, división MINERÍA). La Unidad Minera Raura entre los años 1990 operó dos tajos a cielo abierto Niño Perdido y Primavera, respectivamente. Actualmente continúa desarrollando labores subterráneas en los sectores de Hadas, Santa rosa, Karol, Vanessa, Brenda y Farallón; adicionalmente opera una Planta Concentradora con una capacidad instalada de 2,500 TMSD, la cual produce concentrados de cobre, plomo, plata y zinc.

Actualmente, la extracción promedio de mineral de la mina es de 2,850 tms/día, proveniente de Tajeos minados mediante Corte y relleno ascendente (Breasting) y mediante sub level stopping con taladros largos. La ley de cabeza promedio para el año 2019 es de 2.45 Oz Ag, 0.17% Cu, 1.78% Pb y 4.33% Zn.

4. Descripción de las Operaciones

Como producto del avance de las exploraciones y explotación a través del tiempo, la mina Raura ha dividido sus operaciones principalmente en un minado subterráneo y un minado superficial que actualmente se encuentra paralizado por agotamiento de reservas.

Para el acceso a las diferentes labores subterráneas se utilizan las siguientes labores:

Para la Zona Catuva, por un túnel en el nivel 630 con una longitud de 460 m y una sección de 6 m x 5.0 m, que se emplea para la extracción de mineral y como nivel de servicios (ingreso de relleno, nivel de ventilación). Para acceder a los niveles inferiores, este socavón continúa con una rampa que une los niveles 630 y 050 una longitud aproximada de 8.6 km. La mina está dividida en niveles intermedios con diferencias de cotas entre nivel y nivel de 50 y 100m.

Para las zonas de Esperanza y Gayco se tiene un túnel en el nivel 630 de aproximadamente 2.4 km de longitud y una sección de 3.5 x 3.0 m. Este túnel atraviesa en primer lugar la zona de Esperanza, sirviéndole como nivel de transporte (actualmente paralizado por agotamiento de reservas); para acceder al nivel 580 Esperanza se emplea una rampa negativa de 3.5x3.0m. Este mismo túnel sirve de acceso al Cuerpo Gayco que mediante una rampa está conectada al nivel 300 y esta a su vez con la zona de Esperanza y Catuva – Shucshapaj.

Para el drenaje de las aguas de la mina se tiene el nivel 380, que une las zonas de Catuva, Esperanza y Flor de Loto cuyas aguas alimentan a la vertiente occidental de la cordillera de los andes, en el nivel inferior 300 se tiene el túnel de Sucshapáj que sirve de drenaje de aguas subterráneas hacia la cuenca del pacífico.

Para una explotación racional la mina está dividida en zonas de explotación asociadas generalmente a las estructuras principales de mineralización, estas zonas a su vez están divididos según su plano de buzamiento en niveles principales generalmente con una diferencia de cota de 50 a 100 m; adicionalmente entre estos se construyen subniveles de explotación, producto de lo expuesto la mina hoy se ha centralizado en la zona sur con las siguientes estructuras:

Hadas Skarn; se encuentra en preparación en el Nv. 100, 150 y 200 para ser explotado con el método sub level stopping con taladros largos desde el Nv.100 al Nv.300.

Margot; se encuentra en explotación desde el Nv.100 al Nv.150 y del Nv.200 al Nv.300 con el método de corte y relleno ascendente (Breasting),

Vanessa; se encuentra en explotación desde el Nv. 100 al Nv.150 con el método sub level stopping con taladros largos.

Breca; se continua con la preparación en el Nivel 150 así mismo la explotación en el mismo Nivel mediante el método de sub level stopping con taladros largos.

Karol; se encuentra en explotación desde el Nv.300 al Nv.380 con el método sub level stopping con taladros largos.

Santa Rosa; se encuentra en explotación del Nv.380 al Nv.490 con el método bench and fill.

Farallón; se encuentra en explotación desde el Nv.200 al Nv.300 con el método bench and fill.

4.1 Método de Minado Subterráneo

Los métodos de explotación implementados están en función a las características de las estructuras mineralizadas.

El método más empleado en vetas es el corte y relleno ascendente con perforaciones en breasting según la calidad del macizo rocoso.

En la mina Raura está dirigiendo los esfuerzos en la aplicación de métodos de explotación de mayor productividad y de menores costos de producción, es así que se continúa migrando a métodos de minado masivo (sub level stoping y bench and fill) en las diferentes zonas de operación como es el caso de Hadas Skarn, Santa Rosa y Karol.

4.1.1 Método de Explotación Sub Level Stopping con Taladros Largos

Este método consiste en arrancar el mineral a partir de subniveles de explotación mediante disparos efectuados en planos verticales, se emplea en yacimientos de tipo "cuerpos". La variante más empleada es la de hundimiento de subniveles con taladros largos. Las labores de preparación constan de dos subniveles de preparación sobre estructura con puentes que pueden variar de 10 a 20 metros de longitud y una chimenea slot como se puede apreciar en la figura. Las perforaciones se realizan con equipos jumbos (simbas), estas perforaciones pueden ser negativas, positivas o en abanico. La voladura se desarrolla en retirada como se puede apreciar en la figura y la limpieza con scoops Diesel a control remoto.

Una de las desventajas de este método es que la recuperación y la selectividad es baja en comparación con otros métodos de minado además que el aporte de mineral no es inmediato debido a que las labores de preparación son lentas.

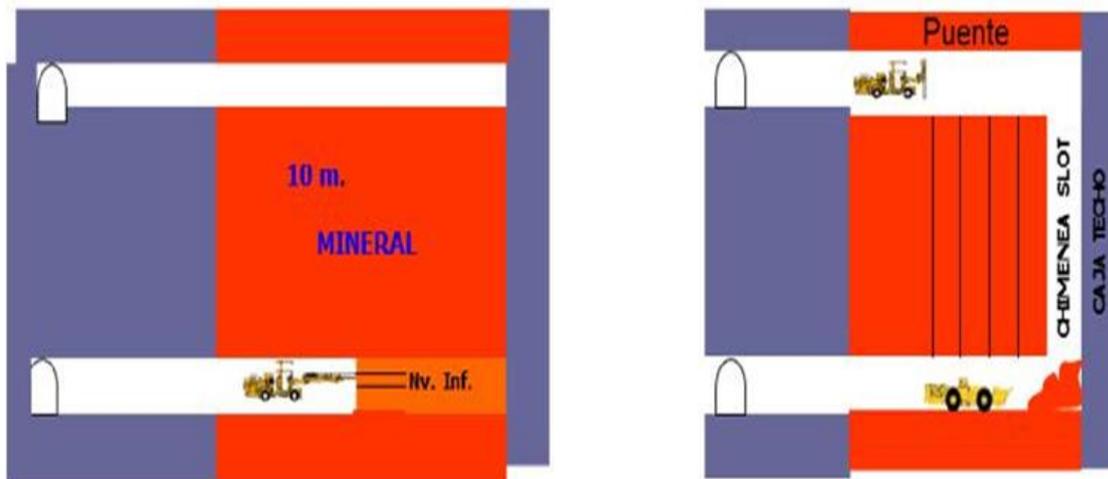


Figura 2: Secuencia de minado con taladros largos
Fuente: Departamento de Planeamiento e Ingeniería – Cía. Raura S.A.

Condiciones de Aplicación:

En yacimientos que presenten las siguientes características:

- Fuerte buzamiento ($>50^\circ$).
- Las cajas del yacimiento deben ser competentes ($RMR > 55$)
- Anchos de estructura > 2.00 m
- El mineral debe tener buena ley.
- Disponibilidad de material de relleno.
- Límites regulares del yacimiento.

Labores de Preparación:

- Se realiza un nivel base o nivel de producción, consiste en una galería y un by pass que por lo general van de 20 a 25 m de distancia.
- Se realizan las ventanas que comunican el by pass con la estructura mineralizada, esto para facilitar la extracción de mineral estas van aproximadamente cada 20 m.
- Se realiza una rampa de acceso a los subniveles de perforación emplazada en el límite superior de la galería.
- Se construyen chimeneas RB para la ventilación que conectan con el by pass. (Del Nv. Superior al Inferior).

- Se realiza chimenea a partir de la cual se excava el corte inicial (slot) que sirve como cara libre para los primeros cortes.

Ciclo de Minado:

Diseño de Mallas de Perforación; el diseño de la malla de perforación se realiza con la información de contorneo de del cuerpo mineralizado alcanzado por el área de Geología, considerando los criterios geomecanicos y operacionales.

Marcado de Mallas de Perforación; lo realiza la cuadrilla de topografía, para ayudar al operador del Jumbo en el direccionamiento de la Perforación.

Perforación; la perforación se realiza con Jumbos electrohidráulicos SIMBA, con barras de 4 pies y de acuerdo con el diseño de la malla de perforación.

Diseño de Voladura; se realiza para poder realizar una buena distribución de carga explosiva y evitar dañar las rocas encajonantes.

Voladura; la voladura se realiza con ANFO, Dinamita y Accesorios.

Limpieza; la limpieza se realiza con Scooptram de 4.2 yd³ con telemando.

Relleno; terminado la explotación de un bloque, se realiza el relleno detrítico producido de todos los avances en desmonte.

DIAGRAMA DE FLUJO DE EXPLOTACIÓN TALADROS LARGOS

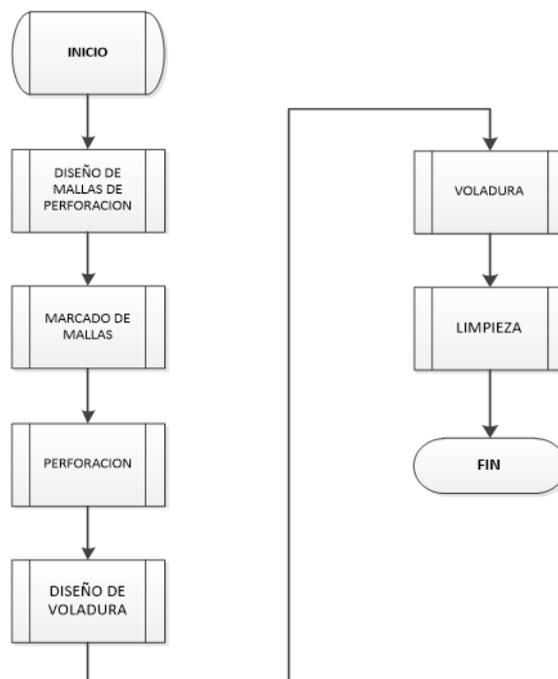


Figura 3: Ciclo de minado con taladros largos

Fuente: Departamento de Planeamiento e Ingeniería – Cía. Raura S.A.

Aspectos Particulares del Método.

- Alta producción
- Aplicable a cuerpos largos, muy inclinados (idealmente verticales), regulares y con roca mineral y de caja competente
- Productividad: 10-30 ton / hombre turno
- Cada corte puede producir más de 10.000 ton / mes
- Intensivo en desarrollos.
- Método no es selectivo cuerpos tienen que ser regulares
- Uno de los métodos subterráneos de más bajo costo

4.1.2 Método de Explotación de Banqueo y Relleno (Bench and Fill)

Este método de explotación es aplicable en la zona vertical de más altas leyes; es una variante del método de corte y relleno, que incorpora técnicas de perforación vertical similares al método de sub level stoping.

El relleno posterior a cada corte se hace con relleno detrítico para proveer piso para el siguiente corte, control la dilución del siguiente corte y también dar estabilidad a las cajas del siguiente banco.

Condiciones de Aplicación:

La explotación del bench and fill puede aplicarse en yacimientos que presenten las siguientes características

- Fuerte buzamiento ($>50^\circ$).
- Las cajas del yacimiento no son competentes ($RMR < 50$)
- Anchos de estructura > 2.00 m
- El mineral debe tener buena ley.
- Disponibilidad de material de relleno.
- Límites regulares del yacimiento.

Secuencia de Minado.

La explotación con bench and fill se inicia desde los extremos de la galería o subnivel de perforación hacia el acceso a la veta, los bancos a explotar son generalmente de 10.0m, entre los by pass y galerías o subniveles se comunican con ventanas de extracción de longitud 15 a 20m, estas ventanas están espaciadas a más de 30.0m.

- Se realiza una chimenea Slot que es usada como cara libre, para continuar con la explotación del banco.

- En estudio geomecánico define el largo de la fase de explotación y la fortificación a instalar.
- Se detiene la explotación y se inicia el relleno del banco explotado.

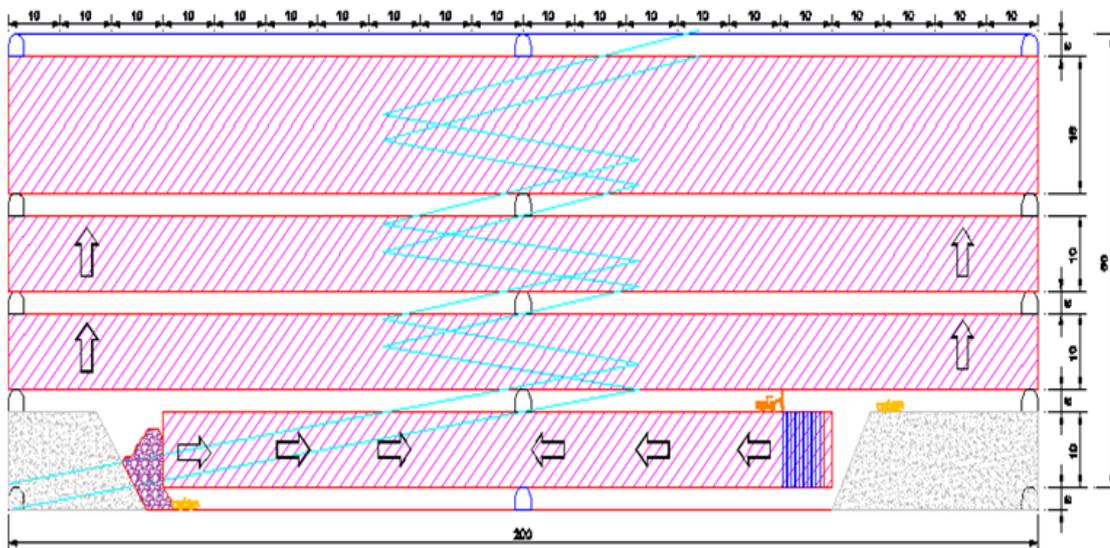


Figura 4: Secuencia de minado bench and fill

Fuente: Departamento de Planeamiento e Ingeniería – Cía. Raura S.A.

Aspectos Particulares del Método.

- Alta producción, según se complete la preparación.
- Aplicable en vetas largas, muy inclinados (idealmente verticales)
- Alta recuperación de los recursos y mínima dilución
- Intensivo en desarrollos.
- Método selectivo en cuerpos regulares.

4.1.3 Método de Explotación Corte y Relleno Ascendente (over cut and fill)

En este método de minado el mineral roto es cargado y extraído completamente del tajo, una vez disparada el frente, el volumen extraído es relleno con un material estéril para el soporte de las cajas, proporcionando una plataforma mientras la próxima rebanada sea minada. El material de relleno puede ser una roca estéril proveniente de las labores de desarrollo en la mina y es distribuido mecánicamente sobre el área tajeada, utilizando el equipo scoop para aplanar el

piso, asimismo se pone una capa de 20 cm de relleno hidráulico esto para no contaminar el mineral de los siguientes cortes, también se puede emplear únicamente el relleno hidráulico.

El relleno hidráulico procede de los relaves de la planta concentradora, mezclando con agua y transportando a la mina a través de tuberías; cuando el agua del relleno es drenado entonces queda un relleno competente con una superficie uniforme.

Uno de los métodos usados en la compañía minera Raura, es el Corte y Relleno Ascendente con acceso libre y perforación en breasting, mecanizada, por lo que se espera un alto nivel de productividad y mejor estabilidad de los hastiales y de la caja techo. El minado de corte y relleno es en forma de tajadas horizontales comenzando del fondo (de la cara libre) hacia arriba.

Condiciones de Aplicación.

La explotación de corte y relleno ascendente puede utilizarse en yacimientos que presenten las siguientes características:

- Fuerte buzamiento (>55°).
- Las cajas del yacimiento pueden ser irregulares y no competentes.
- El mineral debe tener buena ley.
- Disponibilidad de material de relleno.
- En cualquier depósito y terreno.

Labores de Preparación.

A partir de la preparación en la base se ejecuta una rampa principal donde se desarrollan accesos de 50 mts de longitud en promedio con gradientes de -15% hacia un el cuerpo y tendrá un acceso a cada corte sucesivo, hasta llegar al último corte o acceso final con inclinación de +15%, estos nos permitirán realizar 5 cortes; el solo hecho de tener siempre el acceso libre, permitirá mejorar la utilización de los

equipos. Los accesos son de sección de 3.5X3.5mts hacia la parte central de los cuerpos, entonces por cada tajeo se diseña 2 frentes de ataque en breasting a lo ancho del yacimiento.

Ciclo de Minado

DIAGRAMA DE FLUJO DE EXPLOTACIÓN C&R BREASTING

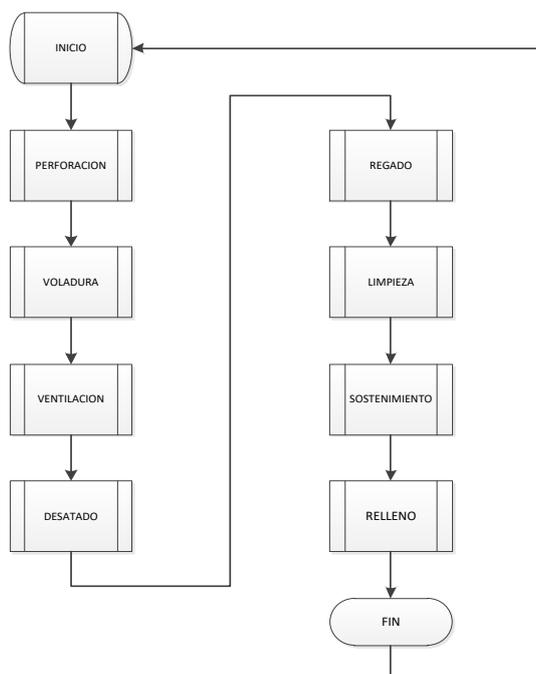


Diagrama 5: Ciclo de minado en C&R Breasting

Fuente: Departamento de Planeamiento e Ingeniería – Cía. Raura S.A.

Perforación: La perforación se realiza con Jumbos Electrohidráulicos de un brazo, la malla de perforación es 1.00 m x 1.00 m, en los taladros de techo y/o perímetro el espaciamiento 0.60 para el efecto de voladura controlada, altura de la cara libre 0.8 a 1.0 m, ancho promedio de los tajos 5.0 m, longitud del taladro 3.9 m y altura de corte 5.0 m.

Voladura: El trazo de la malla de perforación influye en la fragmentación del mineral, así como la densidad de carga explosiva, secuencia de iniciación y otros parámetros, que son deducidos en base a la experiencia. Como explosivo se emplea las dinamitas, emulsiones, etc. teniendo como iniciadores los micro retardos

denominados exceles de periodo corto, por ser de gran efectividad en el disparo y dar como resultado una buena fragmentación del mineral, cordón detonante, carmex (accesorio ensamblado que consta de conector, mecha y fulminante) y mecha rápida. En algunas zonas donde se cuenta con autorización, se emplea el anfo como carga de columna.

Ventilación: El sistema de ventilación de la mina Raura, se viene realizando mediante chimeneas mecanizadas (Raise Borer), las cuales son usadas como extractores de aire contaminado o como ingresos de aire fresco, los circuitos de ventilación constan de ventiladores principales, secundarios y auxiliares, se cuenta con ventiladores instalados en superficie e interior mina y están dentro de los parámetros de la Norma legal del D.S 024 - 2016 - EM y su modificatoria DS. 023-2017-EM.

Desatado: Es la actividad que tiene por finalidad eliminar las condiciones SUB ESTÁNDARES producto de la voladura y de estabilizar las presiones presentes en el macizo rocoso, es una de las actividades importantes del ciclo de minado para prevención de accidentes de equipos y al personal. El desate de rocas es mecanizado con el uso del equipo scaler, el desate manual o convencional se usa en labores (sobre carga) en forma puntual según el estándar de desate convencional contemplando aspectos de seguridad.

- Desatado de rocas convencional. (Se utiliza barretillas de 6, 8, 10, 12 y 14 pies)
- Desatado de rocas mecanizado. (Equipo Scaler).

Cada uno de estos tiene una particularidad, pero en el primero de los casos se considera como la actividad de más alto riesgo, ya que el trabajador se expone

directamente a un ambiente con rocas sueltas y más propensas a ser víctima de caída de rocas.

Regado: el regado se realiza para eliminar el polvo y evitar contaminar el ambiente de trabajo.

Limpieza: La limpieza de mineral se realiza con scoops de 4.2 y 6 yd³, desde los tajeos hasta las cámaras de carguío, una distancia aproximadamente de 100 a 200m, la granulometría de mineral influye en gran porcentaje en el rendimiento de limpieza

Sostenimiento: Es una actividad muy importante en el ciclo de minado, pues permite conservar la estabilidad de la excavación al contrarrestar el desequilibrio producido por la voladura del macizo rocoso. Los elementos de sostenimiento a emplear son: Split sets 7 pies, perno helicoidal de 7 pies, pernos Hydrabolt de 7 pies, Malla con Split sets y Shotcrete según la evaluación y recomendación geomecánica.

Las dimensiones y espaciamiento de los elementos de sostenimiento son determinadas por el departamento de Geomecánica, garantizando un factor de seguridad mínimo de 1.5.

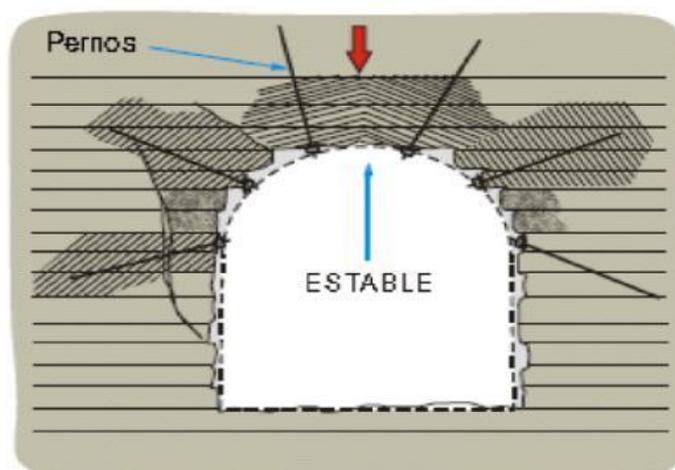


Figura 6: Instalación de Split set
Fuente: Área de Geomecánica – Cía. Raura S.A.

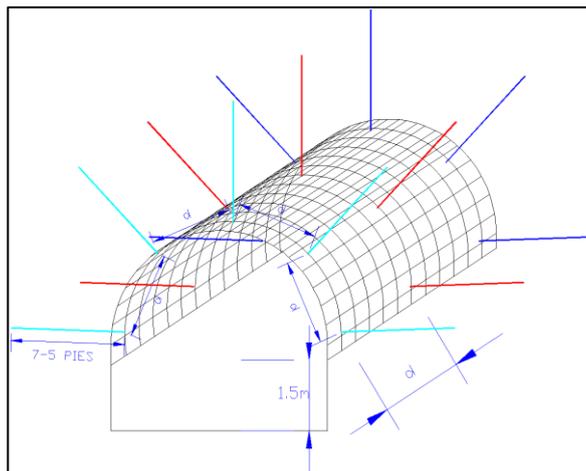


Figura 7: Instalación de malla más Split
Fuente: Área de Geomecánica – Cía. Raura S.A.

Acarreo y transporte: El acarreo y transporte en el tajeo del método del corte y relleno ascendente, es una de las operaciones unitarias más importantes. La forma del tajeo condiciona la limpieza, que de hecho conforma dos operaciones acarreo y transporte. En general las distancias son de acuerdo con el radio del rendimiento de cada equipo.

Transporte mecanizado.

En el método mecanizado se utilizan equipos LHD Diesel (desde 4.2 Yd³ a 6 Yd³ de capacidad) para acarreo hacia las cámaras de carguío, luego pueden emplearse para la extracción volquetes FM, volquetes de bajo perfil hasta las estaciones principales de carguío y luego hacia superficie.

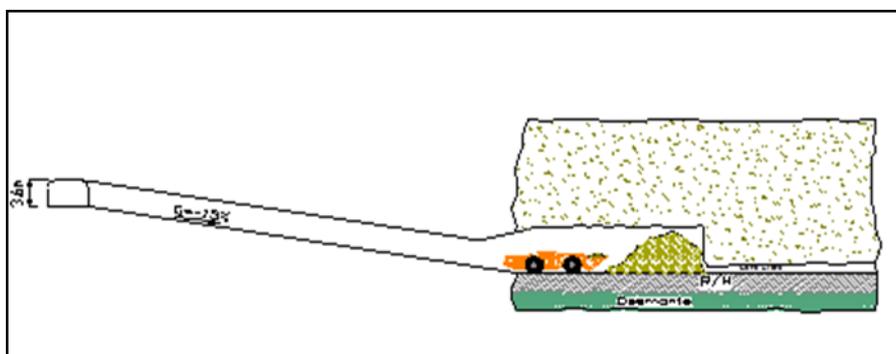


Figura 8: Limpieza de mineral en tajeo
Fuente: Departamento de Planeamiento e Ingeniería – Cía. Raura S.A.

Relleno: El material de relleno puede estar constituido por roca estéril, procedente de las labores de preparación de la mina las que se distribuyen sobre la superficie del tajeo. También el material de relleno puede ser de relaves (desechos de plantas de concentración de minerales), o arena mezclada con agua, que son transportados al interior de la mina y se distribuyen mediante tuberías, posteriormente el agua es drenada quedando un relleno competente. Este relleno debe ser lo más barato posible, tanto en su obtención como en su abastecimiento. Según el caso, su procedencia puede ser la siguiente:

Relleno Hidráulico: El relleno hidráulico es una mezcla de relave cicloneado con agua o bien arenas glaciares con agua y la pulpa es transportada mediante tuberías accionados por bombas o por gravedad a las labores. El material de relleno utilizado es el relave cicloneado, el cual tiene características muy particulares en pulpa: densidad 1,750 gr/lt, gravedad específica 3.43, porcentaje de sólidos en pulpa 65%, caudal 25 a 32 m³/hr. El relleno es transportado a través de una tubería de 4" de diámetro, para su impulsión se emplea una bomba Mars L-180 marca Mitsubishi accionado por un motor eléctrico de 90 KW de potencia a 1780 rpm y una tensión de 440 voltios. Para el rellenado de los tajos primero se cierran los accesos con madera y tablas de caja a caja, en otros casos se emplea material de desmonte, hasta una altura de 2.40 m menor de la altura de corte a fin de tener una cara libre hacia abajo (para el caso de perforación horizontal "breasting" se deja una altura de 0.50 a 1.00 m) luego se procede a la instalación de la tubería y manguera de relleno, la fase siguiente es el rellenado propiamente dicho del corte hasta alcanzar el nivel de piso que permita continuar el siguiente corte.

El relleno hidráulico ofrece muchas ventajas sobre el relleno convencional tales como:

- a. El relave como material se halla en forma gratuita.
- b. Es mucho más eficiente, económico y veloz.
- c. El relleno en el tajeo busca su nivel.
- d. Flexibilidad en las técnicas mineras permitiendo transformar el método de baja eficiencia a método más eficiente.
- e. Permite realizar un planeamiento más exacto.
- f. Facilita el carguío del material disparado por equipos LHD, etc.

Dentro de las limitaciones podemos indicar:

- a. Alta inversión inicial.
- b. Mayor volumen de agua es introducido a la mina, requiriéndose la evacuación por bombeo o por gravedad.
- c. Si el drenaje es deficiente, habrá fuga ocasionando obstrucciones en las galerías inferiores.
- d. Si la percolación no es adecuada crea el fenómeno del embudo, ocasionando derrumbamiento en lo posterior.
- e. Problemas de tuberías obstruidas, desgastadas, cambio de válvulas ocasionará paradas de la bomba y/o planta de preparación de relleno.
- f. Cuando en el relave existe alta cantidad de pirita se eleva la temperatura y produce anhídrido sulfuroso, pudiéndose provocar inclusive incendios.

En minas subterráneas es mejor usar gravas de superficie, pero en minas profundas y con gran extracción es muy costosa, por la incidencia de la mano de obra, maquinaria, energía y construcción de labores.

Aspectos Particulares del Método.

- **Posibilidades de aplicación**

Este método tiene posibilidades de aplicación bastante amplias, se aconseja especialmente en aquellos yacimientos donde las cajas no son seguras y las características mecánicas de la roca no son satisfactorias.

- **Seguridad:**

Este método ofrece alta seguridad en todo a lo que refiere al personal contra desprendimiento de roca ya sea del techo o las paredes.

- **Recuperación:**

En general es bastante buena, siempre que se tome la precaución de evitar pérdidas de mineral en el relleno. Cabe agregar, que este método permite seguir cualquier irregularidad de la mineralización.

- **Dilución de la ley:**

Puede existir una pequeña dilución de la ley en el momento de cargar los últimos restos de mineral arrancado que quede en contacto con el relleno. Esto se puede evitar estableciendo una separación artificial entre el mineral y el relleno, solución que en casos excepcionales (mineral de gran ley) resulta antieconómico. Entonces se debe aceptar que algo de mineral se mezcle con el relleno.

- **Rendimientos:**

Sus rendimientos en los tajos mecanizados alcanzan una cifra de 10-18 ton/hombre, sin tomar en cuenta el abastecimiento del relleno. Si se trata de relleno hidráulico, con tajeos mecanizados, se obtienen rendimientos netamente superiores.

4.2 Labores de Avance

Los avances lineales en las diferentes fases como exploración, desarrollo y preparación son de vital importancia para la Compañía Minera Raura S.A. Por medio de las exploraciones vamos buscando o verificando la continuidad de las estructuras mineralizadas, con los desarrollos vamos verificando la potencia y valores de la estructura económica y con las preparaciones vamos bloqueando la estructura económica para poder explotar. Las secciones para ejecutar van a ser de 5.0 m. x 4.5 m., 4.5 m. x 4.5 m., 4.0 m. x 4.0 m., 3.50 m. x 3.50 m. y 2.0 m. x 2.0 m.

5. Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional

Compañía Minera Raura S.A. tiene bien definida sus objetivos y metas en el Desempeño de Seguridad y Salud Ocupacional.

Objetivos y Metas de SSO-2020			
N°	Objetivos	Metas	Actividades
1	Cero accidentes fatales en el año 2020	Cero Fatalidades	Ejecutar el Programa de Desate de Rocas Ejecutar con el Programa de Simulacros Ejecutar con el Programa de Inspecciones Ejecutar con el Programa de Auditorías Ejecutar con el Monitoreo de Agentes Ocupacionales Ejecutar con el Programa de Gestión de SSO
2	No superar en 04 la cantidad de Accidentes Incapacitantes (AI) para el año 2020. (33% menos del resultado del 2019)	AI ≤ 4	Ejecutar con el Programa de Inspecciones Ejecutar con el Programa de Desate de Rocas Ejecutar con el Programa de Gestión de SSO
3	No superar en 9 la cantidad de Eventos de Alto Potencial (EAP) en el año 2020	EAP ≤ 9	Ejecutar con el Programa de Gestión de SSO Ejecutar con el Programa de Desate de Rocas Ejecutar con el Índice de Desempeño de Seguridad (IDS) Ejecutar con el Programa Inspecciones Ejecutar con el Programa de Gestión de SSO
4	Alcanzar un nivel de 91% en el Índice de Comportamientos Seguros (ICS) en el año 2020. (1% mas del objetivo del 2019)	ICS=91%	Ejecutar con el Índice de Desempeño de Seguridad (IDS) Ejecutar con la Verificación del Ciclo de Trabajo (VCT) Ejecutar con el Programa de Observadores de Seguridad
5	No superar el Índice de Frecuencia (IF) en 0.68	IF ≤ 0.68*	Son las mismas actividades que se mencionan en los puntos 1, 2, 3 y 4
6	No superar el Índice de Severidad (IS) en 38	IS ≤ 36*	
7	No superar el Índice de Accidentabilidad (IA) en 0.02	IA ≤ 0.02*	
8	Superar el Índice de Desempeño Ambiental (IDA) en 90%	IDA ≥ 90%	Ejecutar con actividades de medio ambiente
9	Superar Índice Ponderado de Salud (IPS) en 65%	IPS ≥ 65%	Ejecutar con las actividades de seguimiento de la clínica internacional

*Los objetivos y metas se han calculado con 4'400,000 HHT y N° días perdidos 158

Figura 9: Objetivos y metas de SSO - 2020
Fuente: Departamento de Seguridad – Cía. Raura S.A.

Anexo 13:

FORMATO DE AUTORIZACIÓN

Tesista I

Apellidos y Nombres: Félix López Rosas

09563513

DNI

FIGMM

Facultad

rosasfelix@yahoo.com

e-mail

Tesis Informe de Ingeniería Informe de suficiencia

Título Profesional

Maestría

Doctor

Por medio del presente documento, autorizo a la Universidad Nacional de Ingeniería la publicación de mi tesis de maestría reservándome el derecho de autor de:

Título:

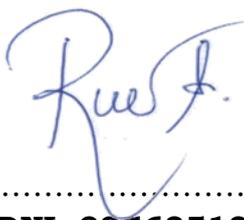
“Prevención del Gaseamiento en Uso Masivo del ANFO en las Operaciones Mineras Subterráneas de Cía. Minera Raura S.A”

Para que forme de la Base de datos de la Biblioteca Virtual del Sistema de Bibliotecas de la UNI y sea publicada a:

Texto Completo Resumen

En la página web del Sistema de Biblioteca UNI, la cual podrá ser consultado solo como lectura.

Lima, 16 de setiembre de 2021



.....
DNI: 09563513

Anexo 14: Curriculum Vitae

ROSAS FELIX

Jr. Las Crucinelas 1321 Urb. Las Flores de Lima. SJL - Lima
Teléfono: 991 737 833 / rosasfelix@yahoo.com

Ingeniero de minas con más de 21 años de experiencia laboral en minería subterránea convencional y trackless. Conocimiento y experiencia en operaciones y gestión de seguridad y salud en el trabajo. Capacidad de trabajo bajo presión, liderazgo de equipos de trabajo orientados al logro, mediante la optimización de procesos y generación de eficiencias y rendimientos. Dominio del idioma quechua y básico del idioma inglés. Dominio de MS Office y conocimiento de softwares mineros.

EXPERIENCIA PROFESIONAL

COMPAÑÍA MINERA RAURA S.A.

Empresa perteneciente al grupo económico Breca, división minera. Tiene 3000 TMSD de producción mina y una planta que procesa 2850 TMSD con leyes de 2.45 Oz Ag, 0.17% Cu, 1.78% Pb y 4.33% Zn. Opera con 2100 personales entre Cía. y Ctta.

Jefe de Perforación y Voladura

Jul. 2018 – Jun. 2020

Parte de Operaciones Mina, reporte al Superintendente de Mina y coordinación con los Jefes de Sección. Administración de 5 empleados y 35 obreros.

- Controlar y supervisar el proceso de perforación y voladura con la finalidad de lograr una mayor eficiencia en el factor de potencia y carga (mayor longitud de avance y mayor rotura de mineral con menos explosivos), logrando bajar el factor de carga en un 7% en el año 2020 respecto al año 2019.
- Evaluación constante de la fragmentación de mineral (P80), empleando explosivos más adecuados según el tipo del macizo rocoso, logrando bajar la fragmentación en un 14% en el año 2020 respecto al año 2019.
- Estandarización de mallas de perforación y voladura tanto para avances y explotación con taladros largos, a través del diseño de nuevas plantillas para cada tipo de terreno.
- Determinación del costo óptimo de aceros, realizando las pruebas con diferentes empresas proveedoras, disminuyendo el costo de 2.10 US\$/m. a 1.48 US\$/m.
- Coordinar la distribución de Jumbos y verificar la eficiencia y disponibilidad de ellos durante el proceso de minado. La eficiencia y disponibilidad subió en 6% con respecto al 2019.
- Elaborar el presupuesto anual de Explosivos y Aceros de Perforación, lográndose en cada mes el ahorro del 5% con respecto al presupuesto.
- Elaboración del Expediente Técnico para Autorización del uso del ANFO, logrando la autorización por Osinergmin en 4 oportunidades.
- Cumplir y hacer cumplir las normas del Reglamento Interno de Trabajo, Seguridad, Salud y de los sistemas de gestión aplicables a la Unidad. Se logro mantener en cero los accidentes incapacitantes y/o fatales.

COMPAÑÍA MINERA AUREA S.A.

Empresa perteneciente a minera Alpayana S.A. con 350 TMSD de producción mina con leyes de 1.25 Oz Ag, 0.19% Cu, 1.54% Pb y 3.31% Zn. Opera con 55 personales entre Cía. y Ctta.

Jefe de Programa de Seguridad y Salud Ocupacional Ago. 2014 – Feb. 2018

Parte de Seguridad y Salud Ocupacional, reporte al Superintendente de Seguridad y Salud Ocupacional y coordinación con los Jefes de Mina. Administración de 2 empleados.

- Supervisión y seguimiento del cumplimiento de la política, procedimientos y estándares de trabajo y el uso de herramientas de gestión en las diferentes áreas de la Organización, logrando alinear a todo el personal a la seguridad.
- Implementación del Sistema de Gestión Integrado realizando capacitaciones al personal empleado y obrero.
- Preparación, supervisión y control del desarrollo del programa anual de gestión de seguridad, salud ocupacional cumpliendo con el plan en un 90%.
- Encargado del proceso de Auditoría de Seguridad y Salud Ocupacional, logrando una superación encima de los 85%.
- Elaboración de informes mensuales para la Superintendencia de Seguridad y Salud Ocupacional, con cero registros de accidentes incapacitantes y/o mortales.
- Cero hallazgos en las fiscalizaciones de infraestructura, geomecánica y ventilación.

COMPAÑÍA MINERA CASAPALCA S.A.

Empresa perteneciente al grupo económico Alpayana. Tiene 5000 TMSD de producción mina y una planta que procesa 4900 TMSD con leyes de 1.42 Oz Ag, 0.26% Cu, 0.56% Pb y 2.14% Zn. Opera con 2600 personales entre Cía. y Cta.

Jefe de Sección

Set. 2001 – Jul. 2014

Parte de Operaciones Mina, reporte al Superintendente de Mina y coordinación con los Jefes de Sección Contratas. Administración de 8 empleados y 175 obreros.

- Programación y supervisión de los trabajos de avances en exploración, desarrollo, preparación y explotación en breasting de las zonas de vetas (Gubbins) y cuerpos (Mery) logrando acceder a niveles inferiores aumentando la producción en un 60%.
- Aplicación de los métodos de explotación corte y relleno ascendente convencional y mecanizado, Shrinkage Dinámico y Estático convencional y mecanizado y Sub Level Stoping en zona de cuerpos. Se logró mejorar los KPIs operativos en 11%.
- Sostenimiento con Jack Pot, Split Set, Pernos Helicoidales con malla electrosoldada, cimbras metálicas, shotcrete vía húmeda, cuadros de madera, puntales de seguridad y guarda cabeza. Se logró cero accidentes incapacitantes y fatales y se ha accedido a recuperar 25% de reservas.
- Control de eficiencia y rendimientos de los equipos de perforación frentes-rampas (Boomer S1 D y Axera) y taladros largos simba H-1254. Se logro incrementar en un 7% la eficiencia y el rendimiento.
- Control de eficiencia y rendimientos de los equipos de bajo perfil (scoops R1600G y Dumpers MT2010). Se logro incrementar el rendimiento en 16%.

EDUCACION

- UNI, Seguridad y Salud Minera / Sección de Posgrado (tesis en proceso) 2020
- Universidad Nacional de Ingeniería, Titulado en Ingeniería de Minas 2001

OTROS CURSOS Y SEMINARIOS

- Diplomado: Seguridad, Salud Ocupacional, Medio Ambiente y Legislación Laboral Lima – Perú Instituto Superior de Gestión Pública y Empresarial – ICJ. 2020
- Optimización de Costos en Operaciones y Supply Chain Management Gerens – 2019

ROSAS FELIX

Jr. Las Crucinelas 1321 Urb. Las Flores de Lima. SJL - Lima
 Telephone: 991 737 833 / rosasfelix@yahoo.com

Mining engineer with more than 21 years of work experience in conventional and trackless underground mining. Knowledge and experience in occupational health and safety operations and management. Ability to work under pressure, leadership of achievement-oriented work teams, by optimizing processes and generating efficiencies and performance. Proficiency in the Quechua language and basic English. Mastery of MS Office and knowledge of mining software.

PROFESSIONAL EXPERIENCE

COMPANY MINERA RAURA S.A.

Company belonging to the economic group Breca, mining division. It has 3,000 TMSD of mine production and a plant that processes 2,850 TMSD with grades of 2.45 Oz Ag, 0.17% Cu, 1.78% Pb and 4.33% Zn. It operates with 2,100 personnel between Cía. and Ctta.

Head of Drilling and Blasting

Jul. 2018 – Jun. 2020

Part of Mine Operations, report to the Mine Superintendent and coordination with the Section Chiefs. Administration of 5 employees and 35 workers.

- Control and supervise the drilling and blasting process in order to achieve greater efficiency in power factor and load (longer advance length and greater ore breakage with less explosives), achieving a 7% lower load factor in 2020 compared to 2019.
- Constant evaluation of mineral fragmentation (P80), using more suitable explosives according to the type of rock mass, achieving a 14% reduction in fragmentation in 2020 compared to 2019.
- Standardization of drilling and blasting meshes for both advances and exploitation with long holes, through the design of new templates for each type of terrain.
- Determination of the optimal cost of steels, carrying out tests with different supplier companies, reducing the cost of 2.10 US \$ / m. at 1.48 US \$ / m.
- Coordinate the distribution of Jumbos and verify their efficiency and availability during the mining process. Efficiency and availability increased 6% compared to 2019.
- Prepare the annual budget for Explosives and Drilling Steels, achieving savings of 5% with respect to the budget each month.
- Preparation of the Technical File for Authorization of the use of the ANFO, obtaining authorization by Osinergmin on 4 occasions.
- Comply with and enforce the rules of the Internal Regulations for Work, Safety, Health and the management systems applicable to the Unit. Disabling and / or fatal accidents were kept to zero.

COMPANY MINERA AUREA S.A.

Company belonging to mining Alpayana S.A. with 350 TMSD of mine production with grades of 1.25 Oz Ag, 0.19% Cu, 1.54% Pb and 3.31% Zn. It operates with 55 personnel between Cía. and Ctta.

*Head of Occupational Health and Safety Program**Aug. 2014 – Feb. 2018*

Occupational Health and Safety Part, report to the Occupational Health and Safety Superintendent and coordination with the Mine Chiefs. Administration of 2 employees.

- Supervision and monitoring of compliance with the policy, procedures and work standards and the use of management tools in the different areas of the Organization, managing to align all personnel to safety.
- Implementation of the Integrated Management System conducting training for employee and worker personnel.
- Preparation, supervision and control of the development of the annual occupational health and safety management program, complying with the plan by 90%.
- In charge of the Occupational Health and Safety Audit process, achieving an improvement above 85%.
- Preparation of monthly reports for the Superintendency of Occupational Safety and Health, with zero records of disabling and / or fatal accidents.
- Zero findings in the inspections of infrastructure, geomechanics and ventilation.

COMPANY MINERA CASAPALCA S.A.

Company belonging to the economic group Alpayana. It has 5000 TMSD of mine production and a plant that processes 4900 TMSD with grades of 1.42 Oz Ag, 0.26% Cu, 0.56% Pb and 2.14% Zn. It operates with 2,600 personnel between Cía. and Ctta.

*Head of Section**Set. 2001 – Jul. 2014*

Part of Mine Operations, report to the Mine Superintendent and coordination with the Contractor Section Chiefs. Administration of 8 employees and 175 workers.

- Scheduling and supervision of progress work in exploration, development, preparation and exploitation in breasting of vein areas (Gubbins) and bodies (Mery) achieving access to lower levels increasing production by 60%.
- Application of conventional and mechanized ascending cut and fill, conventional and mechanized Dynamic and Static Shrinkage and Sub Level Stopping in the body area. Operational KPIs were improved by 11%.
- Support with Jack Pot, Split Set, Helical Bolts with electro-welded mesh, metal formwork, wet shotcrete, wooden frames, safety struts and head guard. Zero incapacitating and fatal accidents were achieved and 25% of reserves were recovered.
- Efficiency and performance control of front-ramp drilling equipment (Boomer S1 D and Axera) and simba H-1254 long drills. Efficiency and performance increased by 7%.
- Efficiency and performance control of low-profile equipment (scoops R1600G and MT2010 Dumpers). Performance increased by 16%.

EDUCATION

- UNI, Mining Safety and Health / Postgraduate Section (thesis in process) 2020
- National University of Engineering, Graduated in Mining Engineering 2001

OTHER COURSES AND SEMINARS

- Diploma: Safety, Occupational Health, Environment and Labor Legislation Lima - Peru Higher Institute of Public and Business Management - ICJ. 2020
- Optimization of Costs in Operations and Supply Chain Management Gerens - 2019