



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

Facultad de Ingeniería Industrial, Sistemas e Informática

Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica

Diseño de un sistema automatizado para el monitoreo en tiempo real del monóxido de carbono en la Compañía Minera Ares, Unidad Pallancata, 2021

Tesis

Para Optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico

Autor

Iván Villarreal Obregón

Asesor

Ing. Ernesto Díaz Ronceros

Huacho – Perú

2023



Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Reconocimiento: Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciente lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)

"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

FACULTAD DE Ing. Industrial, Sistemas e Informática

ESCUELA PROFESIONAL I n g . E l e c t r ó n i c a

INFORMACIÓN DE METADATOS

DATOS DEL AUTOR (ES):		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Ivan Villarreal Obregon	47380212	19/05/2023
DATOS DEL ASESOR:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Ernesto Diaz Ronceros	46943961	0000-0002-2841-7014
DATOS DE LOS MIEMROS DE JURADOS - PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CODIGO ORCID
Angel Huaman Tena	15644224	0000-0003-2658-9266
José Antonio Garrido Oyola	15725918	0000-0002-8191-8600
Noe Huaman Tena	09202515	0000-0002-0161-6312

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MONITOREO EN TIEMPO REAL DEL MONÓXIDO DE CARBONO EN LA COMPAÑÍA MINERA ARES, UNIDAD PALLANCATA, 2021

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.unjfsc.edu.pe

Fuente de Internet

2%

2

Submitted to Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion

Trabajo del estudiante

2%

3

cdn.www.gob.pe

Fuente de Internet

1%

4

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

5

repositorio.ug.edu.ec

Fuente de Internet

1%

6

Submitted to UTEC Universidad de Ingeniería & Tecnología

Trabajo del estudiante

1%

7

Submitted to Universidad de León

Trabajo del estudiante

<1%

8

repositorio.continental.edu.pe

Diseño de un sistema automatizado para el monitoreo en tiempo real del monóxido de carbono en la Compañía Minera Ares, Unidad Pallancata, 2021

Iván Villarreal Obregón

Tesis

Asesor

Ing. Ernesto Díaz Ronceros

Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

Facultad de Ingeniería Industrial, Sistemas e Informática

Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica

2023

DEDICATORIA

La presente tesis es dedicada a Dios en primer lugar por todas sus bendiciones, a mi padre que desde el cielo supo guiar mi camino; a mi madre, hermanos, mi amada novia y mi hijo por todo el soporte y sobre todo confiar en mi durante todo el tiempo de mi preparación y desarrollo profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por sus infinitas bendiciones, por darme la oportunidad de lograr un objetivo más, en este punto de mi vida reconozco que Dios me ha permitido llegar lejos y esto también es mérito de aquellas personas que creyeron en mí y me apoyaron económica y moralmente, principalmente a mi madre y abuelos; por el esfuerzo de sacarme adelante, brindarme su confianza y su lealtad.

De igual manera a los docentes, los cuales encaminaron mi preparación profesional brindándome sus conocimientos y consejos.

De tal forma agradecer al Ing. Ernesto Díaz quien me ha apoyado como asesor de Tesis, por su compromiso y su dedicación se logró culminar este trabajo.

También dedicar unas líneas a la persona que cambio mi vida, mi hijo Lucca. Quien desde su llegada se convirtió en el motor de mi vida para ser el mejor; porque sé que en el camino de la vida me verá como ejemplo y querrá seguir mis pasos y que mejor hacerlo demostrándole que logré todos mis propósitos gracias a la gran fortaleza, motivación e impulso que sentí tras su nacimiento y hoy por hoy sigo con el objetivo de ser el mejor por él.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTO.....	4
RESUMEN.....	11
ABSTRACT.....	12
INTRODUCCIÓN.....	13
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	16
1.2. Formulación del problema.....	17
1.2.1. Problema general.....	17
1.2.2. Problemas específicos.....	17
1.3. Objetivos de la investigación.....	17
1.3.1. Objetivo general.....	17
1.3.2. Objetivos específicos.....	18
1.4. Justificación de la investigación.....	18
1.5. Delimitación del estudio.....	18
1.6. Viabilidad del estudio.....	18
CAPÍTULO II.....	19
MARCO TEÓRICO.....	19
2.1. Antecedentes de la investigación.....	20
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	20

2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	22
2.2. Bases Teóricas:.....	25
2.2.1. Accidente de Trabajo (AT)	25
2.2.2. Accidente de Trabajo (AT)	27
2.2.3. Análisis de Trabajo Seguro (ATS).....	28
2.2.4. Auditoría.....	29
2.2.5. Autoridad minera competente	29
2.2.6. Causas de los Accidentes	29
2.2.7. Centro de Trabajo o Unidad de Producción o Unidad Minera.....	30
2.2.8. Control de riesgos.....	31
2.2.9. Emergencia Minera	31
2.2.10.Enfermedad Ocupacional	31
2.2.11.Enfermedad Profesional	31
2.2.12.Enfermedad Prevalente	32
2.2.13.Estadística se Seguridad y Salud Ocupacional.....	32
2.2.14.Estándares de Trabajo	32
2.2.15.Gestión de la Seguridad y Salud Ocupacional	32
2.2.16.Gerente de Seguridad y Salud Ocupacional	33
2.2.17.Diagnóstico sobre la carga de CO en la mina Hochschild Unidad Pallancata	33
2.2.18.Interfaz Gráfica	61
2.2.19.Sistema de Comunicación:	62
2.2.20.Proteus Design Suite	62

2.2.21. Módulo Bluetooth HC-05.....	63
2.2.22. Sensores.....	65
2.2.23. Sensor ME2-CO	66
2.3. Definición de términos básicos:	67
2.4 Hipótesis e investigación.....	70
2.4.1 Hipótesis general	70
2.4.2 Hipótesis específicas	70
2.5 Operacionalización de las variables	70
2.5.1 Matriz de Operacionalización de variables	71
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	72
3.1 Diseño metodológico.....	73
3.1.1 Tipo de investigación	73
3.1.2 Nivel de Investigación.....	73
3.1.3 Enfoque	73
3.2 Población y muestra	73
3.2.1. Población	73
3.2.2 Muestra.....	74
3.3 Técnica para la recolección de datos.....	74
3.3.1 Observación.....	74
3.3.2 Instrumentos para la recolección de datos.....	74
3.4. Técnicas para el procesamiento de la información	74

CAPÍTULO IV: RESULTADOS	76
4.1. Análisis de resultados.....	77
4.2. Contrastación de hipótesis.....	86
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN	87
5.1. Discusión de resultados.....	88
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	89
6.1. Conclusiones	90
6.2. Recomendaciones.....	91
REFERENCIAS.....	92
7.1. Referencias bibliográficas	93
7.2. Referencias electrónicas.....	95
ANEXOS	96

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. CONCENTRACIÓN CO OPERADOR SCOOP LABOR 4370	34
FIGURA 2. CONCENTRACIÓN CO LABOR 4322 BYPASS	36
FIGURA 3. CONCENTRACIÓN CO OPERADOR 3048 – X-AM5600	38
FIGURA 4. CONCENTRACIÓN CO OPERADOR 3048 – X-ZONE5500.....	39
FIGURA 5. PERIODO DE EXPOSICIÓN/MINUTOS AL MÓXIDO DE CARBONO	44
FIGURA 6. MÓDULO BLUETOOTH HC-05	65
FIGURA 7. SENSOR ME2-CO	66
FIGURA 8. CIRCUITO DE ACONDICIONAMIENTO PARA EL SENOR ME2-CO	67
FIGURA 9. MÓDULO SENSOR DE MONÓXIDO DE CARBONO CO.....	77
FIGURA 10. GRÁFICO DE DATOS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LINEALIDAD DE LA CONCENTRACIÓN.....	78
FIGURA 11. ETAPA DE AMPLIFICACIÓN CON UNA GANANCIA DE 2000	78
FIGURA 12. SIMULACIÓN DEL SISTEMA ELECTRÓNICO PARA LA DETECCIÓN DE CO.....	79
FIGURA 13. PANTALLA LCD PARA MOSTRAR LA CONCENTRACIÓN EN PPM.....	80
FIGURA 14. INTERFAZ GRÁFICA PARA MONITOREAR LA CONCENTRACIÓN DE CO	80
FIGURA 15. SIMULACIÓN DE LA INTERFAZ GRÁFICA	81
FIGURA 16. GRÁFICA DE CORRELACIÓN ENTRE VALORES TEÓRICOS Y SIMULADOS (PPM)	83
FIGURA 17. PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR 16F877A	84

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. EFECTOS DE CO-HB EN LA SALUD	45
TABLA 2. RELACIÓN DE LOS VALORES TEÓRICOS Y SIMULADOS EN CONCENTRACIÓN DE PPM (CO ₂).....	82
TABLA 3. PRESUPUESTO ESTIMADO PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO.....	85

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue diseñar un sistema automatizado para el monitoreo en tiempo real del monóxido de carbono en la Compañía Minera Ares, Unidad Pallancata, considerando la gran importancia y el impacto que genera la prevención en la salud del personal que labora en la minería. La investigación que se desarrollo es de tipo aplicada tecnológica con un enfoque cuantitativo. Como técnica principal se utilizó la observación en el proceso de simulación del sistema electrónico para los softwares de Proteus y LabVIEW. Se diseño la interfaz en el software de LabVIEW para la simulación del sistema electrónico encargado de la detección de CO₂ basado en el sensor ME2-CO. Se concluye que la capacidad de detección del sistema electrónico cumple con las expectativas en las simulaciones realizadas, presentando un rango de 0 a 1000ppm. Confirmando de esta manera la hipótesis planteada.

Palabras claves: Sistema automatizado, Monóxido de carbono, Minería

ABSTRACT

The objective of this research was to design an automated system for the real-time monitoring of carbon monoxide at the Ares Mining Company, Pallancata Unit, considering the great importance and impact that prevention generates on the health of personnel working in mining. The research being developed is of a technological applied type with a quantitative approach. Observation in the simulation process of the electronic system for Proteus and LabVIEW software was used as the main technique. The interface is designed in LabVIEW software for the simulation of the electronic system responsible for CO₂ detection based on the ME2-CO sensor. It is concluded that the detection capacity of the electronic system meets the expectations in the simulations performed, presenting a range of 0 to 1000ppm. This confirming the hypothesis.

Keywords: Automated system, Carbon monoxide, Mining

INTRODUCCIÓN

El monóxido de carbono es uno de los gases que se encuentra en el interior de las minas subterráneas siendo de los más peligrosos que existen y es la causa del 90% de los accidentes fatales en minas por intoxicación por gases. Su peligrosidad reside en que es imposible detectar su presencia sin contar con equipos de detección de gases. Se produce siempre durante los incendios en minas, explosiones de gas y polvo, voladuras, quema de explosivos y generado por los motores de combustión interna de vehículos que ingresan a realizar los trabajos de excavación como son: volquetes, camiones de servicio, camionetas, scooptram, jumbo, dumper. Cada uno de estos vehículos produce una cierta cantidad de monóxido de carbono que se mide en ppm (partículas por millón), resultando dañino para la salud de los trabajadores si se excede el límite aproximado establecido en 500ppm por vehículo. Es por ello que como parte de la seguridad industrial en el sector minero se realiza la detección de gases, pero de forma manual, es decir hay un personal encargado de recorrer la mina con equipos de medición (Anexo 2) y alertar que los niveles de gases pueden derivar en contaminación, envenenamiento, sofocamiento o explosiones por concentraciones excesivas de gases.

Según el Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles (SENACE) “las concentraciones de Gases y Partículas presentes en el ambiente de zonas habitadas ubicadas dentro del área de influencia de la Unidad Minero-Metalúrgica, no deberán superar los Niveles de Calidad de Aire vigentes en el país, por efecto de las emisiones de dicha Unidad”.

En caso que le empresa minera no cumpla con los requerimientos mínimos para garantizar la seguridad de su personal puede ser sancionada por la Gerencia de Fiscalización Minera por incumplimiento de normas de bienestar, higiene y salud ocupacional.

En base a lo expuesto surge la necesidad de contar con un sistema automatizado para monitorear en tiempo real la cantidad de monóxido de carbono que se tiene en la atmósfera de la mina en la compañía ARES, UNIDAD PALLANCATA, de esta manera se logrará a futuro prevenir los incidentes, accidentes y garantizar condiciones óptimas salvaguardando las vidas humanas, mitigando los impactos ambientales, económicos y sociales.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

La detección de gases en una Mina resulta de gran importancia porque evita que ocurran accidentes laborales que están relacionados estrictamente a la salud ocupacional, además que está reglamentado en Perú en el Subcapítulo III Agentes Químicos del DS. N°024-2016-EM y su modificatoria. El artículo 110 nos indica que el titular de la actividad minera debe efectuar mediciones periódicas y las registrará, de acuerdo al plan de monitoreo de los agentes químicos que se encuentran presentes en la operación como son: vapores, polvos, gases, neblinas, humos metálicos, entre otros que pueden presentarse en las instalaciones y labores, más aún en lugares susceptibles a mayor concentración. Verificando que se encuentren por debajo de los límites de exposición ocupacional para Agentes Químicos de acuerdo a lo señalado el Anexo N°15 del “Decreto Supremo N° 015-2005-SA y sus modificatorias, o la norma que lo sustituya para garantizar la salud y seguridad de los trabajadores. El artículo 246 indica que al inicio de cada jornada o antes de ingresar a realizar labores mineras, especialmente labores ciegas programadas, como son piques y chimeneas, deberá realizar mediciones de gases de monóxido de carbono, dióxido de carbono, dióxido de nitrógeno, oxígeno y otros, de acuerdo a la naturaleza del yacimiento, al uso de explosivos y al uso de equipos con motores petroleros, las que deberán ser registradas y comunicadas a los trabajadores que tiene que ingresar a dicha labor”.

Es así que vemos la importancia de siempre monitorear los gases como medida preventiva antes de realizar alguna labor en la mina, existen equipos para llevar a cabo estas mediciones sin embargo involucran al personal humano a que lo hago de manera

presencial lo cual si bien es llevado a cabo bajo estrictas medidas de seguridad siempre implica que el personal ingrese a la mina. Es por ello que la presente investigación plantea el diseño de un sistema de monitoreo remoto para el monóxido de carbono en tiempo real.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

- ¿Cómo diseñar un Sistema Automatizado para el monitoreo en tiempo real del Monóxido de carbono en la Compañía Minera Ares, Unidad Pallancata??

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Qué tecnología es adecuada para el Sistema Automatizado de monitoreo en tiempo real del Monóxido de carbono en la Compañía Minera Ares, Unidad Pallancata?
- ¿Qué protocolo de comunicación es adecuado para el Sistema Automatizado de monitoreo en tiempo real del Monóxido de carbono en la Compañía Minera Ares, Unidad Pallancata?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

- Diseñar un Sistema Automatizado para el monitoreo en tiempo real del Monóxido de carbono en la Compañía Minera Ares, Unidad Pallancata.

1.3.2. Objetivos específicos

- Seleccionar la tecnología adecuada para el Sistema Automatizado de monitoreo en tiempo real del Monóxido de carbono en la Compañía Minera Ares, Unidad Pallancata.
- Seleccionar el protocolo de comunicación adecuado para el Sistema Automatizado de monitoreo en tiempo real del Monóxido de carbono en la Compañía Minera Ares, Unidad Pallancata.

1.4. Justificación de la investigación

La justificación del presente estudio radica en evitar la exposición del personal para realizar las mediciones del monóxido de carbono antes de las labores en la mina, un sistema de monitoreo remoto en tiempo real aumenta la seguridad en tal sentido.

1.5. Delimitación del estudio

La delimitación espacial se encuentra dentro de las instalaciones de la Compañía Minera Ares, Unidad Pallancata.

La delimitación temporal fue durante mi desarrollo como Instructor de Seguridad y asesor externo de la Compañía Minera Ares, Unidad Pallancata.

1.6. Viabilidad del estudio

Se cuenta con el acceso a la información sobre los protocolos de seguridad en la empresa minera y los conocimientos desarrollados profesionalmente en el área de seguridad. Así como los recursos financieros para realizar el presente estudio

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

- Galvis (2020) presenta en su tesis de pregrado el desarrollo de un sistema para el monitoreo en tiempo real de gases en minas subterráneas. Tuvo por objetivo implementar un monitoreo confiable y rápido en la adquisición de información, teniendo la capacidad el usuario de visualizar las concentraciones de gases que puedan representar una amenaza en los trabajadores o puedan causar explosiones, intoxicación e incendio en las minas subterráneas. Finalmente, Galvis presenta la alternativa del uso de comunicación MODBUS, permitiendo enlazar la estación de monitoreo con sus transmisores fijos en el interior de la mina.
- Gómez-Monsalve (2020) realizó una investigación sobre las técnicas de predicción y detección en tiempo real de los gases tóxicos en las minas subterráneas de carbón – Norte de Santander, teniendo como objetivo analizar los diferentes métodos automáticos de aprendizaje para una red de sensores inalámbricas. De los sistemas analizados menciona que el más ventajoso es el de redes de sensores inalámbricos (WSN) debido a que no necesitan cablearse reduciendo así su costo, además que los nodos pueden incrementarse para llegar a todas las zonas dentro de la mina y así poder realizar un monitoreo en tiempo real.

- Maldonado y Rojas (2019) en su tesis menciona que el material particulado se ha convertido en un problema de contaminación en el aire y por ende en la salud pública en la ciudad de Bogotá; por ello planteó como objetivo de su investigación el desarrollo de un sistema de monitoreo de material particulado. Se estableció componentes electrónicos para el sistema, por otro lado también aplicó una encuesta determinando que un gran porcentaje desconoce acerca del material particulado y un 98% afirma que es importante la implementación del proyecto de monitoreo.
- Nuñez (2018) plantea en su tesis la importancia de controlar el material particulado en suspensión, ya que afecta la salud del personal, las comunidades cercanas, el medio ambiente y el propio desempeño de la operación minera. Su objetivo fue medir las concentraciones del material particulado en estado de suspensión, para ello menciona que se implementó la red de monitoreo ambiental que cuenta con la capacidad de medición para tres dimensiones importantes de material particulado. Dentro de las conclusiones más relevantes es la comparación entre la concentración de polvo en el turno noche y turno mañana, estableciendo que en el turno noche la concentración llega a ser hasta 10 veces mayor que en el turno día, afectando lógicamente al personal que labora de noche.
- Tarazona (2018) desarrollo en su tesis la evaluación de la calidad del aire, mediante la cuantificación de material particulado (PM10)

durante el año 2017 en la estación de Mochuelo Alto Bogotá (Zona del parque minero industrial), esta investigación se justifica en que las emisiones de material particulado representan efectos negativos en la infraestructura, biota y seres humanos. Los resultados indican que el 89% de empresas si cumplen con la normativa colombiana, mientras que un 85% exceden lo establecido por la OMS. Las concentraciones halladas se encuentran en buena y moderada, siendo la modera una implicación a los problemas se salud en las personas.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

- Llacho y Vargas (2020) desarrolló una tesis que tuvo por objetivo analizar y estudiar la eficiencia y el cumplimiento de la normativa relacionada la distribución de aire en la mina que permita la eliminación de los agentes que se producen por el acarreo de mineral, voladura y transporte. El estudio se llevó a cabo en la U.O Pallacanta – veta Pablo, como técnica de recolección de datos se recopiló información sobre las concentraciones que se producen como son: oxígeno, dióxido de carbono, polvo, temperaturas, monóxido de carbono, velocidad del aire y gases nitrosos. Finalmente, Llacho y Vargas concluyen que no se logra el requerimiento de aire como ventilación para el control y eliminación de los agentes contaminantes producto de la extracción minera.

- Valqui (2019) en su investigación tuvo por objetivo el diseño e implementación de un sistema electrónico de monitoreo de gases tóxicos para la minería subterránea mediante acceso remoto a través de web server. Los resultados indican una alta fiabilidad en el módulo de monitoreo. De las conclusiones se puede resaltar que se logró tener registro de extensión *.CSV que pueden ser importados a Excel y de esta manera analizar los historiales de las concentraciones.
- Arce y Collao (2017) propusieron la implementación de un sistema de gestión en seguridad y salud en el trabajo para disminuir los riesgos y evitar pérdidas económicas ya sea por accidentes o por sanciones impuestas, la metodología empleada se basó en un análisis y diagnóstico de la situación actual en ese momento para luego evaluar los riesgos a los que los trabajadores se exponen. Los resultados indican que se identificaron 19 riesgos significativos con un nivel intolerable e importante representando el 70,37% de la totalidad de riesgos identificados, por ende, luego de llevar a cabo la implementación del plan, este porcentaje de riesgo disminuyó hasta un 22,22%. Concluyendo así que es de vital importancia la implementación de un plan de seguridad y salud en el trabajo.
- Cortez, Peñaloza y Pumapillo (2016) realizaron una investigación sobre la emisión de gases de efecto invernadero relacionadas a la industria minera, su objetivo principal fue declarar a los gases de

efecto invernadero (GEI) como carbonos neutrales para ello mencionan que se necesitó calcular el nivel de GEI que emite una mina al medio ambiente. El tipo de investigación fue del tipo aplicada o empírica, empleando una metodología de estudio de caso. Los resultados indican que se obtuvo un Valor Actual Neto (VAN) mayor que cero con una tasa de descuento del 10.1%. Finalmente concluyen que es posible la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero cuando se aplican estrategias relacionadas a la eficiencia energética.

- Elías, C. (2016) realizó una investigación aplicada al desarrollo de proyectos en la exploración minera del Perú, el objetivo del estudio fue gestionar, implementar y controlar un sistemas de seguridad y salud en el trabajo con el fin de obtener una cultura de prevención en los colaboradores que laboran en la mina, garantizando mejoras en la condiciones de salud y trabajo, minimizando así los riesgos laborales que se presentan en la actividad de exploración, previniendo enfermedades ocupacionales y accidentes. La población estuvo conformada por el conjunto de procesos y actividades que se llevan a cabo en la actividad minera exploratoria y la muestra seleccionada fue el proceso general de Logueo geológico. Según el análisis estadístico cuantitativo aplicado a procesos de trabajo, se identificó las incidencias de riesgos ocupacionales, permitiendo aplicar acciones preventivas y correctivas para minimizar los riesgos ocupacionales.

- Palomino (2016) desarrolló un trabajo para explicar de manera conjunta como son las condiciones de trabajo en la mayoría de empleados mineros que cumplen con sus labores, de igual manera con los problemas de seguridad que enfrentan. El enfoque de la investigación detalla cada etapa en la implementación del Sistema de Gestión de Seguridad de la empresa minera J & A Puglisevisch. Se concluye que un sistema de gestión de seguridad debe contar con al menos 2,2 horas de capacitación por cada 100 horas de trabajo al mes y el estimado del costo total de la implementación del sistema de gestión de seguridad es de S/. 38,829.00.
- Pinto (2015) desarrollo una investigación cuyo objetivo fue diseñar un sistema de control y monitoreo para la detección de fugas de gas. La población estuvo conformada por las 35 estaciones que brindan el servicio de GLP en la Provincia de Arequipa y la muestra fue de 18 estaciones. Los resultados indican que se realizó de manera óptima el diseño eléctrico y electrónico. Finalmente se concluye que al implementar este sistema se reduciría las consecuencias que conlleva una fuga de GLP.

2.2. Bases Teóricas:

2.2.1. Accidente de Trabajo (AT)

Minem (2016) “Todo suceso repentino que sobrevenga por causa o con ocasión del trabajo y que produzca en el trabajador una lesión orgánica, una

perturbación funcional, una invalidez o la muerte. Es también accidente de trabajo aquél que se produce durante la ejecución de órdenes del empleador, o durante la ejecución de una labor bajo su autoridad, y aun fuera del lugar y horas de trabajo”. Según la gravedad, los accidentes de trabajo con lesiones personales pueden ser:

1. Accidente leve: “suceso cuya lesión, resultado de la evaluación médica, genera en el accidentado un descanso breve con retorno máximo al día siguiente a sus labores habituales” (Minem, 2016).

2. Accidente incapacitante: “suceso cuya lesión, resultado de la evaluación médica, da lugar a descanso, ausencia justificada al trabajo y tratamiento. Para fines estadísticos, no se tomará en cuenta el día de ocurrido el accidente” (Minem, 2016). Según el grado de incapacidad los accidentes de trabajo pueden ser:

2.1 Parcial temporal: “cuando la lesión genera en el accidentado la imposibilidad parcial de utilizar su organismo; se otorgará tratamiento médico hasta su plena recuperación” (Minem, 2016).

2.2 Total temporal: “cuando la lesión genera en el accidentado la imposibilidad total de utilizar su organismo; se otorgará tratamiento médico hasta su plena recuperación” (Minem, 2016).

2.3 Parcial permanente: “cuando la lesión genera la pérdida parcial de un miembro u órgano o de las funciones del mismo” (Minem, 2016).

2.4 Total permanente: “cuando la lesión genera la pérdida anatómica o funcional total de un miembro u órgano, o de las funciones del mismo. Se considera a partir de la pérdida del dedo meñique” (Minem, 2016).

3. Accidente mortal: suceso cuyas lesiones producen la muerte del trabajador.

Para efectos estadísticos debe considerarse la fecha del deceso. (*)

(*) Definición modificada por el Artículo 1 del Decreto Supremo N° 023-2017 EM, publicado el 18 agosto 2017, cuyo texto es el siguiente:

2.2.2. Accidente de Trabajo (AT)

Todo suceso repentino que sobrevenga por causa o con ocasión del trabajo y que produzca en el trabajador una lesión orgánica, una perturbación funcional, una invalidez o la muerte. Es también accidente de trabajo aquel que se produce durante la ejecución de órdenes del empleador, o durante la ejecución de una labor bajo su autoridad, y aun fuera del lugar y horas de trabajo.

Según la gravedad, los accidentes de trabajo con lesiones personales pueden ser:

1. Accidente leve: suceso cuya lesión, resultado de la evaluación y diagnóstico médico, genera en el accidentado un descanso con retorno máximo al día siguiente a las labores habituales de su puesto de trabajo.

2. Accidente incapacitante: suceso cuya lesión, resultado de la evaluación y diagnóstico médico da lugar a descanso mayor a un día, ausencia justificada al trabajo y tratamiento. Para fines estadísticos, no se toma en cuenta el día de ocurrido el accidente. Según el grado de la incapacidad generada en el trabajador, los accidentes de trabajo pueden ser:

2.1 Parcial temporal: cuando la lesión genera en el accidentado la imposibilidad parcial de utilizar su organismo; se otorga tratamiento médico hasta su plena recuperación.

2.2 Total temporal: cuando la lesión genera en el accidentado la imposibilidad total de utilizar su organismo; se otorga tratamiento médico hasta su plena recuperación.

2.3 Parcial permanente: cuando la lesión genera la pérdida parcial de un miembro u órgano o de las funciones del mismo.

2.4 Total permanente: cuando la lesión genera la pérdida anatómica o funcional total de uno o más miembros u órganos y que incapacita totalmente al trabajador para laborar.

En los supuestos regulados en los numerales 2.1 a 2.3 precedentes, el trabajador que sufrió el accidente tiene el derecho a ser transferido a otro puesto que implique menos riesgo para su seguridad y salud, conforme lo establecido en la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo. En estos supuestos el titular de actividad minera debe requerir la entrega por parte del referido trabajador de la constancia médica en la que expresamente se detallen qué actividades puede llevar a cabo el trabajador para no interferir en su tratamiento y recuperación.

3. Accidente mortal: suceso cuyas lesiones producen la muerte del trabajador. Para efectos estadísticos debe considerarse la fecha del deceso.

2.2.3. Análisis de Trabajo Seguro (ATS)

Es una herramienta de gestión de Seguridad y Salud Ocupacional que permite determinar el procedimiento de trabajo seguro, mediante la determinación de los riesgos potenciales y definición de sus controles para la realización de las tareas.

2.2.4. Auditoría

Procedimiento sistemático, independiente, objetivo y documentado para evaluar un sistema de gestión de Seguridad y Salud Ocupacional.

2.2.5. Autoridad minera competente

El Ministerio de Energía y Minas, a través de la Dirección General de Minería, es la autoridad minera competente en materia de Seguridad y Salud Ocupacional, dicta las normas y políticas correspondientes del sector.

Adicionalmente, son autoridades competentes en inspección y fiscalización de Seguridad y Salud Ocupacional:

1. La Superintendencia Nacional de Fiscalización Laboral - SUNAFIL;
2. El Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería - OSINERGMIN; y
3. Los Gobiernos Regionales, en las actividades de la Pequeña Minería y Minería Artesanal, a través de las Gerencias o Direcciones Regionales de Energía y Minas.

2.2.6. Causas de los Accidentes

Son uno o varios eventos relacionados que concurren para generar un accidente. Se dividen en:

- a. Falta de control: son fallas, ausencias o debilidades administrativas en la conducción del sistema de gestión de la seguridad y la salud ocupacional, a cargo del titular de actividad minera y/o contratistas.
- b. Causas Básicas: referidas a factores personales y factores de trabajo:
 - b.1 Factores Personales: referidos a limitaciones en experiencias, fobias y tensiones presentes en el trabajador. También son factores personales los

relacionados con la falta de habilidades, conocimientos, actitud, condición físico - mental y psicológica de la persona.

b.2 Factores del Trabajo: referidos al trabajo, las condiciones y medio ambiente de trabajo: organización, métodos, ritmos, turnos de trabajo, maquinaria, equipos, materiales, dispositivos de seguridad, sistemas de mantenimiento, ambiente, procedimientos, comunicación, liderazgo, planeamiento, ingeniería, logística, estándares, supervisión, entre otros.

c. Causas Inmediatas: son aquellas debidas a los actos o condiciones subestándares.

c.1 Condiciones Subestándares: son todas las condiciones en el entorno del trabajo que se encuentre fuera del estándar y que pueden causar un accidente de trabajo.

c.2 Actos Subestándares: son todas las acciones o prácticas incorrectas ejecutadas por el trabajador que no se realizan de acuerdo al Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro (PETS) o estándar establecido y que pueden causar un accidente.

2.2.7. Centro de Trabajo o Unidad de Producción o Unidad Minera

Es el conjunto de instalaciones y lugares en el que los trabajadores desempeñan sus labores relacionadas con las actividades mineras o conexas. Está ubicado dentro de una Unidad Económica Administrativa o concesión minera o concesión de beneficio o labor general o transporte minero.

En el caso que la concesión de beneficio y concesión de transporte minero se encuentren fuera de la Unidad Económica Administrativa o de la concesión minera, las fiscalizaciones podrán efectuarse en forma independiente.

2.2.8. Control de riesgos

Es el proceso de toma de decisión, basado en la información obtenida de la evaluación de riesgos. Se orienta a reducir los riesgos, a través de propuestas de medidas correctivas, la exigencia de su cumplimiento y la evaluación periódica de su eficacia.

2.2.9. Emergencia Minera

Es un evento no deseado que se presenta como consecuencia de un fenómeno natural o por el desarrollo de la propia actividad minera como: incendio, explosión por presencia de gases explosivos, inundación, deshielo, deslizamiento, golpe de agua u otro tipo de catástrofes.

Entiéndase como golpe de agua a la explosión súbita de agua como consecuencia de la presencia de agua subterránea en una labor minera.

2.2.10. Enfermedad Ocupacional

Es el daño orgánico o funcional ocasionado al trabajador como resultado de la exposición a factores de riesgos físicos, químicos, biológicos, psicosociales y disergonómicos, inherentes a la actividad laboral.

2.2.11. Enfermedad Profesional

Es todo estado patológico permanente o temporal que sobreviene al trabajador como consecuencia directa de la clase de trabajo que desempeña o del medio en el que se ha visto obligado a trabajar. Es reconocida por el Ministerio de Salud.

2.2.12. Enfermedad Prevalente

Es aquella enfermedad que se produce con frecuencia en la unidad minera.

2.2.13. Estadística de Seguridad y Salud Ocupacional

Sistema de registro, análisis y control de la información de incidentes, incidentes peligrosos, accidentes de trabajo y enfermedades ocupacionales, orientado a utilizar la información y las tendencias asociadas en forma proactiva para reducir la ocurrencia de este tipo de eventos.

2.2.14. Estándares de Trabajo

Son los modelos, pautas y patrones que contienen los parámetros establecidos por el titular de actividad minera y los requisitos mínimos aceptables de medida, cantidad, calidad, valor, peso y extensión establecidos por estudios experimentales, investigación, legislación vigente y/o resultado del avance tecnológico, con los cuales es posible comparar las actividades de trabajo, desempeño y comportamiento industrial. Es un parámetro que indica la forma correcta y segura de hacer las cosas.

El estándar satisface las siguientes preguntas: ¿Qué hacer?, ¿Quién lo hará?, ¿Cuándo se hará? y ¿Quién es el responsable de que el trabajo sea seguro?

2.2.15. Gestión de la Seguridad y Salud Ocupacional

Es la aplicación de los principios de la administración profesional a la seguridad y la salud minera, integrándola a la producción, calidad y control de costos.

2.2.16. Gerente de Seguridad y Salud Ocupacional

Es el ejecutivo facilitador que asesora a las diferentes áreas de la empresa establecida por el titular de actividad minera en la gestión de la Seguridad y Salud Ocupacional y reporta directamente al nivel más alto de dicha organización. Coordina en todo momento las acciones preventivas de Seguridad y Salud Ocupacional.

2.2.17. Diagnóstico sobre la carga de CO en la mina Hochschild Unidad

Pallancata

1. Concentración de CO Operador Scoop Labor 4370

El conductor del Scoop, Víctor Alfaro, recibió un equipo X-am a las 08:25 horas, el mismo que devolvió a las 16:01 horas. (Apróx. 7:30 horas)

Valores pico TLV - STEL

11:45 29,73 ppm

14:57 29,40 ppm

15:13 22,00 ppm

Todos los demás valores TLV - STEL son inferiores a 20 ppm.

Valores pico

11:37 60 ppm

14:49 85 ppm

Test de CO-Hb con PAC 7000: (Equipo para ver tendencias de carboxihemoglobina en sangre)

Motorista de Scoop: Víctor Alfaro y Vigía: Eulogio Pérez

08:30 horas Víctor Alfaro 0 % CO-Hb Antes

16:00 horas Víctor Alfaro 1,8 % CO-Hb Después

Eulogio Pérez 2,8 % CO-Hb Después

Refleja que el respirador de media cara utilizado no protege al trabajador expuesto a concentraciones de CO.

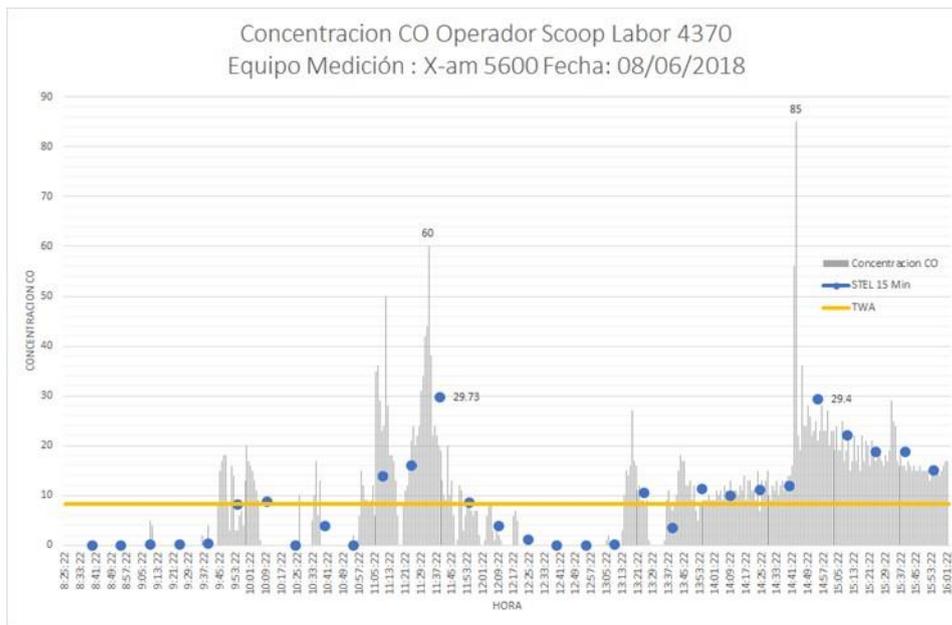


Figura 1. Concentración CO Operador Scoop Labor 4370.

2. Elaboración del perfil de un turno completo Laboratorio 4322

Bypass entre 09:33 y 18:56 horas

Se realizó una supervisión continua de un turno de trabajo para medir los valores pico TLV - STEL (15 minutos) y CO-Hb de los trabajadores en dicha área. Para esta medición se usó un equipo X-AM 5600 de 4 gases (O2, CO, CO2 y NO2) y un equipo X-Zone 5500.

Hora 09:30, Nivel 4322 Bypass, Equipo X-AM 5600 y Equipo X-Zone 5500

Valores pico TLV - STEL

09:46 90,40 ppm

10:08 69,53 ppm

10:19 54,47 ppm

10:30 42,53 ppm

13:15 18,20 ppm

15:05 32,73 ppm

18:56 11,07 ppm

Hora 15:24 Prueba CO-Hb del personal en la labor luego de 6 horas.

Equipo PAC 7000 CO

Freddy Gonzales 3,2 %

Marcial Díaz 1,8 %

Raúl Quispe 3,2 %

Paolo Lovon 1,4 %

Dani Hinostroza 1,8 %

Víctor Perrca 3,2 %

Helbert Merma 2,8 %

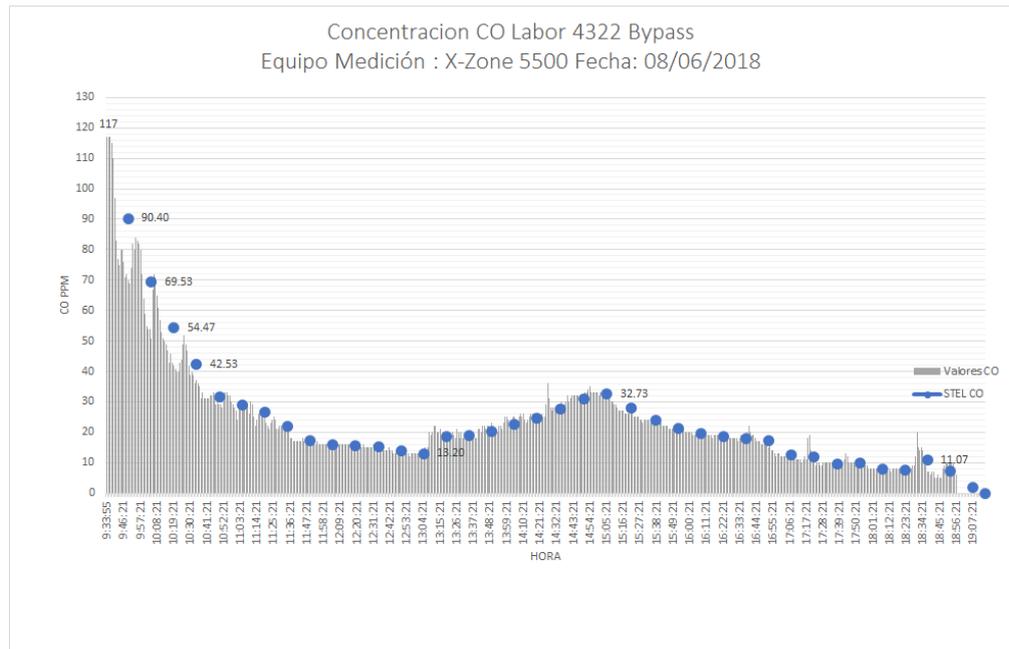


Figura 2. Concentración CO Labor 4322 Bypass.

3. Concentración de CO en labores 3048 y 4296

Concentración de CO en la labor 3048, entre 10:27:57 y 11:41:48

Condiciones del lugar: Bypass 3048 (BA 38)

Hora: 10:15

Velocidad del viento: 0,3 m/s

Dirección de ventilación: Correcta

Medición de CO 26 ppm

Dirección de ventilación: Correcta

Equipos de medición: X-am 5600 y X-Zone 5500

Resultados: Valor TLV - STEL 14 ppm entre 10:27:57 y 11:41:48

Concentración pico: 14 ppm.

Prueba CO-Hb realizada a las 14:35 horas

Calixto Pacaya Arpi 2,1 % CO-Hb

Edgard Panuera

2,1 % CO-Hb

Concentración de CO en la labor 4296, entre 14:51:48 y 15:38:57

Condiciones del lugar: Nivel 4297 NE Nivel 4296

Hora: 14:50

Medición inicial: 14 ppm

Medición final: 16 ppm

Velocidad del viento: 0,5 m/s

Dirección de ventilación: Correcta

Equipos de medición: X-am 5600 y X-Zone 5500

Resultados: Valor TLV - STEL 54 ppm entre 15:22:33 y 15:34:51

Valor TLV - STEL 60 ppm entre 15:34:51 y 15:38:57

Concentraciones pico: Se realizaron mediciones junto al comedor Juan Pablo II.

Al paso de un Scoop 520 ppm

Al paso de una Perforadora 1450 ppm

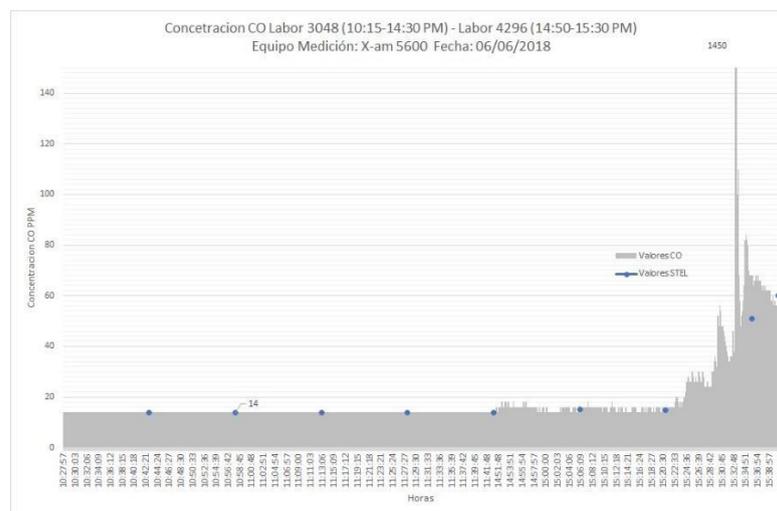
Prueba CO-Hb realizada a las 15:50 horas (después de apróx. 2 min. este valor comienza a disminuir. La U.O. presenta problemas de ventilación).

Persona de prueba 3,6 % CO-Hb

Lugar seguro: Se encontró un refugio de rescate a 400 m. de distancia del frente de trabajo el cual está cumpliendo el requisito de ley: Refugio Pablo I Nivel 4306 y 4322.

Se recomienda tener siempre un refugio a una distancia de no más de 500 m. de cada uno de los frentes de trabajo. La capacidad de estos refugios se determina en función a la cantidad de personas que trabajan en los frentes citados.

Se sugiere revisar las especificaciones de los autorescatadores generadores de oxígeno que serán usados en la mina a fin de garantizar la integridad de los trabajadores, en función a la longitud de caminos de evacuación y los lugares de puntos de encuentro que sean seguros.



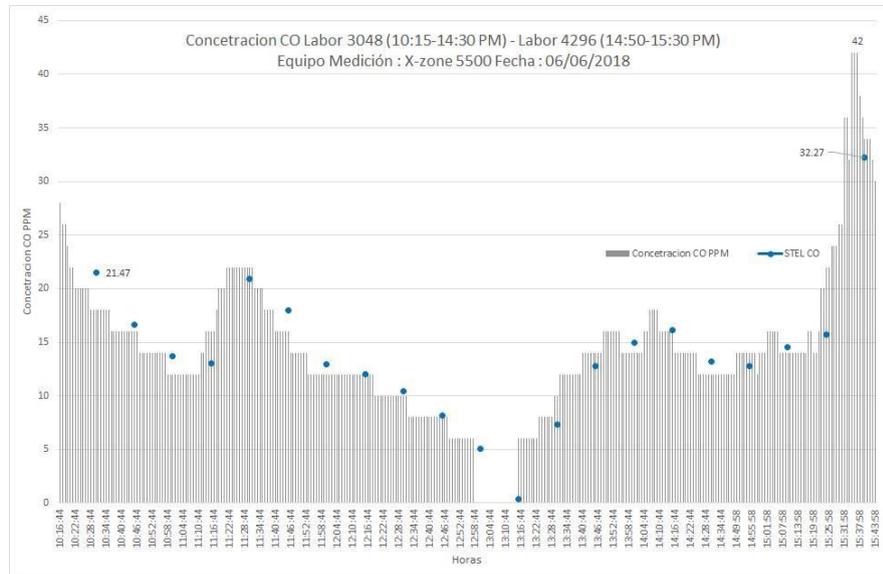


Figura 4. Concentración CO Operador 3048 – X-ZONE500.

4. Límites de exposición ocupacional (TLV)

Según las normativas, los límites de exposición ocupacional son el valor límite permisible de concentración promedio de una sustancia durante un tiempo determinado en el aire en el lugar de trabajo.

Dichos límites de exposición indican hasta cuál concentración de una sustancia determinada NO se espera consecuencias agudas o crónicas sobre la salud.

Los límites de exposición ocupacional son valores promedio durante una jornada laboral en base a una exposición de 8 horas diarias, 5 días a la semana durante el transcurso de la vida laboral.

Los picos de exposición durante una jornada laboral son calificados como valores de corto plazo.

Las mediciones efectuadas reflejan los valores detectados durante las labores de medición, no así la exposición de corta duración TLV - STEL (15 minutos) o la media ponderada en el tiempo TLV – TWA: 8 horas.

La concentración de las sustancias en el aire respirable del lugar de trabajo puede estar sujeta a fluctuaciones significativas.

En caso se superen los valores promedio por jornada laboral, será necesario limitar la exposición a fin de prevenir enfermedades.

Los valores de corto plazo TLV - STEL complementan a los límites de exposición ocupacional, ya que ayudan a prevenir que se excedan los valores promedio por jornada laboral y, a su vez, limitan la duración y la frecuencia con que suceden.

La tolerancia máxima de los valores pico de corto plazo deberá definirse en base a las propiedades respectivas de las sustancias particulares.

Por consiguiente, no es posible determinar un valor universal de tolerancia.

El valor de concentración a corto plazo se obtiene multiplicando el límite de exposición ocupacional por el factor de exceso.

Los valores promedio por jornada laboral deberán ser respetados, en cualquier caso.

El factor de exceso máximo será 8 de acuerdo a normativa nacional e internacional.

Una vez que durante la jornada laboral se supere en 4 ocasiones el valor límite de exposición ocupacional alterado por este factor de 8, no deberá volver a producirse una exposición a la sustancia, ya que esto significaría sobrepasar el valor que se obtiene al multiplicar el límite de exposición ocupacional con el factor de exceso.

Entre los periodos donde la concentración se encuentre por encima del límite de exposición ocupacional (valores de corto plazo) deberá haber como mínimo una hora de separación.

En total, es permisible como máximo 4 fases con valores de corto plazo durante una jornada laboral.

Efectos toxicológicos de las sustancias:

Las sustancias detectadas se dividen en dos diferentes categorías según sus efectos toxicológicos:

Categoría I: Sustancias que afecten a las vías respiratorias o cuyos efectos locales determinen sus valores límite

Como valor base se define un factor de exceso igual a 1, el cual puede ser adaptado según la sustancia específica (como máx. 8).

La fase de corto plazo no podrá exceder 15 minutos.

La supervisión deberá llevarse a cabo utilizando técnicas de medición que permitan calcular valores promedio por un lapso de 15 minutos, por ejemplo, mediante la toma de muestras durante 15 minutos.

Categoría II: sustancias reabsorbibles

Como valor base (valor promedio de 15 minutos) se define un factor de exceso igual a 2, el cual puede ser adaptado según la sustancia específica (como máx. 8).

La supervisión deberá llevarse a cabo utilizando técnicas de medición que permitan calcular valores promedio por un lapso de 15 minutos, por ejemplo, mediante la toma de muestras durante 15 minutos.

En el caso de las sustancias que pertenezcan a la categoría II es posible aceptar tiempos más largos, siempre que no se sobrepase el valor que se obtiene al multiplicar el límite de exposición ocupacional por el factor de exceso (FE).

Ejemplo: En caso de un FE igual a 8 durante 15 minutos, también es aceptable un FE igual 4 durante 30 minutos o un FE igual a 2 durante 60 min.

Por lo tanto:

- $FE\ 8 \times 50 = 400\ ppm / 15\ minutos.$ 4 x por turno con una hora de descanso intermedio.
- $FE\ 4 \times 50 = 200\ ppm / 30\ minutos.$ 4 x por turno con una hora de descanso intermedio.

- FE 2 x 50 = 100 ppm / 60 minutos. 4 x por turno con una hora de descanso intermedio.

5. El monóxido de carbono y sus efectos sobre las personas

Los efectos del CO se basan fundamentalmente en su capacidad de unirse a la hemoglobina de los glóbulos rojos, los cuales se encargan de transportar el oxígeno necesario para el metabolismo en el cuerpo humano.

Mediante dicha unión se forma la denominada Carboxihemoglobina (CO-Hb).

Ya que la fuerza de cohesión entre el CO y la hemoglobina es entre 200 y 300 veces mayor que entre el oxígeno y la hemoglobina, la hemoglobina absorbe principalmente el CO.

Esto disminuye el transporte del vital oxígeno.

El efecto fisiológico, por consiguiente, se asemeja en gran parte a la hipoxia.

El denominado grado de saturación de la sangre con CO es signo de la disminución del transporte de O₂.

Dicho grado se expresa en % y en base a la cantidad total de hemoglobina presente en la sangre.

La saturación de la sangre con CO depende principalmente de tres factores:

- Concentración de CO
- Tiempo de exposición
- Volumen de respiración

Mientras mayor sea la concentración de CO, mayor será la velocidad con la que se forman nuevas moléculas de carboxihemoglobina y el grado de saturación de la sangre.

Cuanto más tiempo se inhale aire que contenga CO, el grado de saturación de la sangre aumenta hasta el máximo nivel de saturación posible.

Mientras mayor sea el volumen de inhalación, mayor será la velocidad de generación de carboxihemoglobina.

Relación entre la concentración, período de exposición y volumen de inhalación

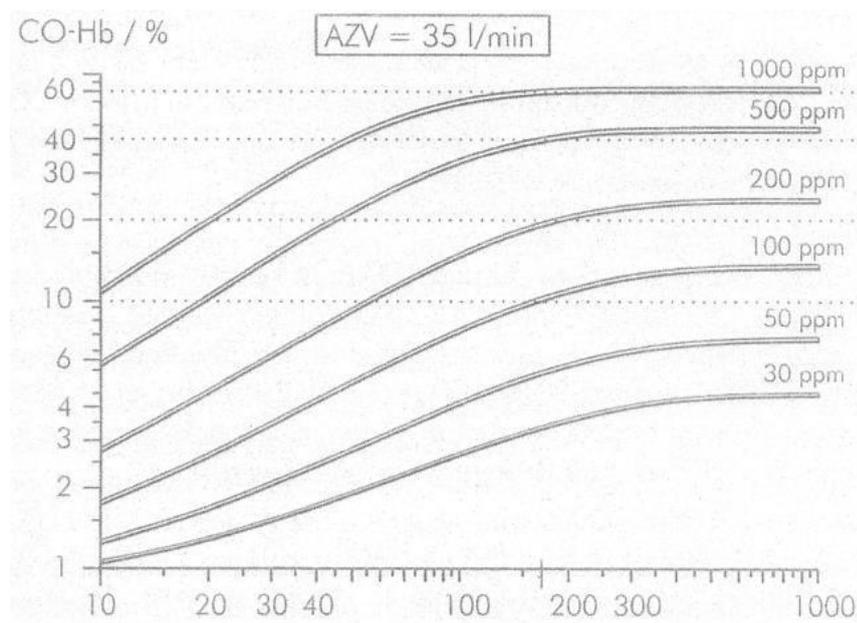


Figura 5. Período de exposición /minutos al monóxido de carbono.

Tabla 1.

Efectos de CO-Hb en la Salud.

CO-Hb / %	Salud
60 < CO-Hb	Muerte
40 ≤ CO-Hb < 60	Inconsciencia
20 ≤ CO-Hb < 40	Síntomas de intoxicación
10 ≤ CO-Hb < 20	Molestias menores
1 ≤ CO-Hb < 10	Sin síntomas

Ejemplos de condiciones no nocivas a la salud:

Volumen de respiración (VR) = 35 l/min (trabajo semi pesado)

1000 ppm = 20 min hasta alcanzar el 20 % de CO-Hb

500 ppm = 40 min hasta alcanzar el 20 % de CO-Hb

200 ppm = 170 min hasta alcanzar el 20 % de CO-Hb

150 ppm = > 480 min no se llega a alcanzar el 20% CO-Hb

100 ppm = > 480 min no se llega a alcanzar el 20% CO-Hb

50 ppm = > 480 min no se llega a alcanzar el 20% CO-Hb

30 ppm = > 480 min no se llega a alcanzar el 20% CO-Hb

El grado de intoxicación depende del grado de saturación de la sangre y se manifiesta, según la gravedad, como dolores de cabeza, náuseas, vómitos, mareos, pérdida de conciencia y muerte.

Ya que los síntomas se manifiestan de diferentes maneras en diferentes personas, solo pueden usarse valores aproximados para los síntomas por saturación de la sangre:

- A partir de 20 % de CO-Hb comienzan los síntomas de intoxicación.

- Entre 35 y 40% de CO-Hb, pérdida de la conciencia
- A partir de aprox. 60% de CO-Hb se produce la muerte

La inhalación de altas concentraciones (a partir de 1 Vol.-% de CO) puede producirse una parálisis del sistema respiratorio, lo cual puede ocasionar la muerte en pocos minutos.

La eliminación de CO está sujeta a los mismos factores que su absorción.

En caso que se respire CO en el aire ambiental, casi el 50% de la cantidad asimilada puede eliminarse después de aprox. 4 horas.

Dicho tiempo puede reducirse a 40 minutos mediante la inhalación o la administración de oxígeno puro.

Ya que el CO no daña en lo absoluto a los glóbulos rojos, estos quedan otra vez aptos para el transporte de oxígeno después de la exhalación.

En casos excepcionales, se podrá permitir el trabajo dentro de atmósferas con presencia de CO siempre y cuando se cumpla con determinadas reglas fisiológicas que permitan superar el límite de exposición ocupacional de 30 ppm.

Concentración de CO < 50 ppm:

Si la concentración de monóxido de carbono en el aire respirable es < 50 ppm, como máximo 9% de la hemoglobina asimilará CO.

A tal concentración en el aire respirable no se manifiesta ningún tipo de síntomas.

En dichas condiciones puede trabajarse sin limitaciones hasta 8 horas/día.

Concentración de CO entre 50 y 100 ppm:

Si la concentración de monóxido de carbono en el aire respirable se encuentra entre 50 y 100 ppm, tras 6 horas aproximadamente 15 % de la hemoglobina habrá asimilado CO.

Pueden presentarse molestias leves como, por ejemplo, dolores de cabeza ligeros.

Por consiguiente, se puede permitir llevar a cabo trabajos dentro de atmósferas con presencia de CO entre 50 y 100 ppm como máximo durante 6 h/d para personas sin equipos de protección respiratoria.

Entre los trabajos permisibles a tales concentraciones se consideran las labores de lucha contra incendios, maniobras de rescate y trabajos de seguridad.

Concentración de CO entre 100 y 200 ppm

Si la concentración de monóxido de carbono en el aire respirable se encuentra entre 100 y 200 ppm, tras 1.5 horas aproximadamente 20 % de la hemoglobina habrá asimilado CO.

Tras dicho lapso, se manifiestan los síntomas antes mencionados.

Únicamente la brigada de rescate podrá realizar trabajos bajo dichas concentraciones, tales como labores de lucha contra incendios, maniobras de rescate y trabajos de seguridad.

Es necesario contar con equipos de protección respiratoria listo para ser utilizados en las inmediaciones de las áreas de trabajo.

El tiempo máximo de trabajo sin equipos de protección respiratoria deberá limitarse a 1,5 horas y además deberá implementarse una pausa intermedia de 2 horas en un ambiente libre de CO.

Ningún miembro del personal podrá exceder como máximo 4,5 horas/día de trabajo total sin uso de equipo de protección respiratoria.

Si es que personal ajeno a la brigada de rescate minero participa en trabajos al interior de la mina bajo la supervisión del jefe de la Brigada, expuestos a concentraciones superiores a 100 ppm, dicho personal deberá hacer uso de equipos de protección respiratoria con filtro de CO o recibir suministro de aire a través de mangueras.

Concentración de CO > 200 ppm:

En caso que el contenido de monóxido de carbono en el aire aumente hasta 200-300 ppm, más del 20% de la hemoglobina habrá asimilado CO en menos de 1,5 horas y, como consecuencia, se manifestarán síntomas de intoxicación.

Por consiguiente, solo el personal de la brigada de rescate podrá ingresar a ambientes con una concentración superior a 200 ppm haciendo uso de equipos de protección respiratoria.

Intervenciones sin equipos de protección respiratoria

Si la concentración de CO en el aire se encuentra entre 30 y 50 ppm, el personal podrá realizar trabajos como máximo hasta 8 horas/día.

Si la concentración de CO en el aire se encuentra entre 50 y 100 ppm, el personal podrá realizar labores de seguridad como máximo hasta 6 horas/día.

La intervención es acompañada y supervisada por el jefe de la brigada.

Si la concentración de CO en el aire se encuentra entre 100 y 200 ppm, únicamente personal de la brigada de rescate minero podrá participar.

Sus equipos de protección respiratoria deberán estar listos para ser utilizados, disponibles cerca del lugar de la intervención.

Bajo tales concentraciones de CO, el personal de la brigada de rescate no deberá exceder los 90 minutos de trabajo continuo.

Después de cada intervención se deberá realizar una pausa como mínimo de dos horas en un ambiente libre de CO.

El tiempo máximo total intervención no deberá superar las 4,5 horas/día.

El ingreso a áreas donde la concentración de CO en el aire supere > 200 ppm será únicamente posible mediante el uso de equipos de protección respiratoria.

Indicaciones complementarias sobre el monóxido de carbono CO

Temperatura de ignición 605 °C

Clase de temperatura T1

Ancho:	0.94 mm
Humedad relativa del aire	>80%
Grupos de explosividad:	IIA

Límite de explosividad

Límite inferior de explosividad (LIE):	11,3 Vol-%
Límite superior de explosividad	75,6 Vol-%
Humedad relativa del aire	< 10%
Presión máxima de explosión	8,2 bar

Límite inferior de explosividad (LIE):	10,9 Vol-%
Límite superior de explosividad	76 Vol-%
Humedad relativa del aire	> 80%

6. Peligrosidad de los humos presentes en la voladura.

Gases tóxicos presentes

Los explosivos utilizados en la minería generan, además de vapor de agua, principalmente dióxido de carbono, monóxido de carbono y gases nitrosos (óxidos de nitrógeno).

Gases nitrosos

Teniendo en cuenta los tipos de explosivos utilizados en el ámbito minero, es de esperar presencia de gases nitrosos. Los gases nitrosos son una mezcla de óxidos de nitrógeno.

Los vapores de explosión están compuestos principalmente por monóxido de nitrógeno (NO), incoloro, y dióxido de nitrógeno (NO₂), de color rojizo, los cuales son denominados como NO_x".

El dióxido de nitrógeno (NO₂) tiene un olor característico.

Si la concentración es muy elevada, el NO₂ se vuelve claramente visible.

Los síntomas de intoxicación son atribuibles principalmente a los efectos del NO₂.

El valor límite de NO₂ es 5 ppm.

El primer efecto, el cual se manifiesta rápidamente, ocasiona la irritación temporal de las vías respiratorias (tos y picazón en la garganta), así como mareos y dolores de cabeza.

Los síntomas suelen disminuir tras aprox. 30 minutos al aire libre.

Durante un periodo latente - en promedio de 6 a 8 horas, en raras ocasiones incluso más de 24 horas - apenas se manifiestan síntomas.

El NO₂ inhalado se mezcla con la humedad dentro de las vías respiratorias y produce ácido nítrico, el cual produce la irritación de los bronquios y tejidos pulmonares, lo cual produce un incremento en la resistencia de las vías respiratorias y ocasiona edemas pulmonares, los cuales son la manifestación del grado de intoxicación:

Irritación tusígena, dolor debajo del esternón, sensación de miedo y asfixia, coloración grisácea-azulada de la piel, incremento del pulso, expectoración y pérdida de conciencia.

En casos graves, incluso sin un periodo de latencia, puede producirse la muerte rápidamente.

Otros componentes

Los humos de explosión contienen generalmente mucho polvo con una alta proporción de partículas respirable.

Si bien el polvo brinda una información visual de la densidad de la nube de explosión, no es una unidad de medida que proporcione información sobre su contenido de gases nocivos.

Es posible que se presenten molestias a causa de las nubes de explosión, no por los gases nocivos, sino por los componentes explosivos que no llevaron a consumirse.

Las nubes de explosión contienen, por ejemplo, rastros de aceites explosivos (nitroglicerina o nitroglicol).

En caso de que estos sean asimilados a través de los órganos respiratorios o de la piel, esto puede ocasionar irritación y, en ocasiones, persistentes dolores de cabeza.

Carga explosiva y grado de peligrosidad

En caso que la humedad ambiental sea baja, es de esperarse una concentración elevada del NO₂ en el ambiente pues la humedad ayuda a descomponer el NO₂ de manera natural- Además, dependiendo del tipo de voladura y los materiales empleados, los humos de explosión pueden contener otros gases nocivos.

Operaciones de voladura bajo condiciones especiales de ventilación

Es necesario garantizar que la velocidad de ventilación no sea inferior a 0,5 m/s.

En el caso de averías en los sistemas de ventilación, así como al interior de galerías con una gran inclinación de subida, es probable que la extracción de gases se produzca de manera más lenta.

Otros

No es posible solicitar un permiso especial para exceder el valor límite de NO₂ de 5 ppm.

Sin embargo, mediante mediciones subterráneas se ha demostrado que se puede cumplir con el límite de emisiones de NO₂ generadas mediante el uso de cortinas de agua, ya que el agua reacciona químicamente con NO₂.

El efecto de la cortina de agua puede incluso mejorarse haciendo uso de inyectores de agua-aire.

7. Emisiones de motores diésel (EMD)

Las emisiones de los motores diésel están compuestas tanto por gases como partículas.

La situación en el lugar de trabajo depende en gran medida de las emisiones de los diferentes tipos de motores utilizados, del combustible empleado y sobre todo del tipo de trabajo que se efectúe (estado de carga, de reposo, tipo de maniobras, entre otras).

Para los efectos carcinogénicos de las emisiones de motores diésel el factor determinante es la proporción de partículas, además de componentes gaseosos como, por ejemplo, óxidos de nitrógeno o monóxido de carbono.

Además de las emisiones de los motores diésel, el listado de materiales peligrosos incluye el resto de los componentes generados por los motores diésel y las amenazas para la salud que estos representan.

Entre ellos se incluye:

1. Monóxido de carbono – CO
2. Dióxido de carbono – CO₂
3. Monóxido de nitrógeno (NO) así como
4. Dióxido de nitrógeno (NO₂).

El monóxido de carbono puede tener repercusiones sobre la fertilidad incluso si las concentraciones se encuentran por debajo de los límites de exposición ocupacional.

El empleador está obligado a informar a los trabajadores mediante las instrucciones de trabajo respectivas sobre peligros posibles a los que pueden quedar expuestos, así como las correspondientes medidas de prevención a ser tomadas.

En este sentido, es necesario incluir asesoramiento médico-toxicológico general.

Para los explicar debidamente los riesgos derivados de las emisiones de los motores diésel, es necesario contar con conocimientos de medicina laboral.

Dicha información debe ser brindada antes del inicio de las labores y ser repetida como mínimo una vez al año.

Se deberá llevar un registro de los contenidos y la fecha en la que se realizó dicha información, así como la confirmación de los trabajadores por escrito.

En caso que la concentración en el área de trabajo sea de hasta 1,0 mg/m³ se recomienda:

1. Máscara/mascarillas con filtro P2
2. Media máscara con filtro de partículas FFP2,
3. Máscara con ventilador o el filtro de partículas TM1P.

En caso que la concentración sea > 1,0 mg/m³ EC será necesario emplear equipos que ofrezcan un mejor grado de protección, por ejemplo, P3.

Las partículas provenientes de las emisiones de los motores diésel producen contaminación en todas las superficies de la mina.

Por consiguiente, las superficies contaminadas también generan un aumento de la carga de CO.

Carga básica de CO 14 ppm durante horas sin tránsito de vehículos

La contaminación es claramente visible en la pizarra de PVC en la entrada de comedor Juan Pablo II

8. Identificación y evaluación de riesgos mediante labores de medición

Mediciones en el área de trabajo

Las mediciones en el área de trabajo señalan la concentración media ponderada de una sustancia determinada en el ambiente como valor promedio durante la jornada laboral o como valor de corto plazo.

El objetivo de las mediciones en el área de trabajo es determinar de manera cuantitativa de la exposición de los trabajadores durante las actividades dentro del área de trabajo.

Los resultados de las mediciones deben poder describir adecuadamente el nivel de exposición durante la jornada de trabajo, ya sea como valor medio ponderado o como valor de corto plazo.

Las mediciones realizadas hasta el momento en la mina indican las concentraciones al momento de efectuar las mediciones, en otras palabras, los valores identificados.

El tiempo de duración de la medición toma, en función del T90, entre 2 y 3 minutos.

Sin embargo, esto no cumple con los requerimientos previamente descritos para los valores de corto plazo.

Requisitos para la medición de valores de corto plazo

Las exposiciones de corta duración deben medirse según concentración, duración y frecuencia durante el lapso de una jornada si es que no se puede descartar categóricamente fluctuaciones en las concentraciones.

Básicamente se debe garantizar un método uniforme para el control de los valores de corto plazo mediante el valor ponderado de 15 minutos (TLV - STEL).

Para determinar los valores de corto plazo se emplea en muchos casos equipos de detección directa como por ejemplo el Dräger X-am 5600, el cual puede manejar hasta 6 sensores

Estos permiten la toma de muestras de perfiles de exposición, lo cual permite, gracias a un proceso de cálculo respectivo, determinar

exactamente los valores de exposición de corto plazo. Véanse las representaciones de los gráficos de 1,2,3 y 4, los cuales fueron creados con el software Dräger CC-Vision.

Lugar, tiempo y duración de las tomas de muestras

Básicamente las mediciones en las áreas de trabajo deberán ser hechas de manera individual, mediante un equipo de medición portado por cada persona, o de manera general mediante un sistema de medición a la altura de la zona de respiración de los trabajadores.

En situaciones excepcionales se puede hacer uso de sistemas estacionarios de medición, siempre y cuando las mediciones permiten una evaluación de la exposición.

En dichos casos, las muestras deberán ser tomadas a la altura de la zona de respiración y cerca de los trabajadores.

En casos individuales se podrá designar como área de medición el lugar de mayor riesgo.

Para la detección del valor promedio por jornada laboral se recomienda especialmente la medición continua del tiempo de exposición durante el turno de trabajo.

Esto significa, por un lado, que uno de los empleados (líder de grupo) deberá llevar consigo en todo momento un equipo de detección múltiple de gases como, por ejemplo, Dräger X-am 5600, o en su defecto, que se deberá instalar un sistema de medición semiestacionario X-zone 5500 equipado con un monitor X-am 5600 a la altura de la zona de respiración.

Dicho sistema permitiría resolver también el problema de la evacuación del área de trabajo una vez que se alcance el umbral de alerta.

Resultados de las mediciones en el área de trabajo

Si el tiempo de exposición del personal varía dentro de una misma área, se deberá tomar como referencia el peor caso posible, es decir, el máximo tiempo de exposición posible.

Si las medidas de referencia para la evaluación del tiempo de exposición están basadas en ocho horas, se deberá realizar la conversión correspondiente en caso el tiempo de exposición a evaluar sea menor.

Eventos imprevisibles

Para la detección temprana de exposiciones elevadas a causa de eventos imprevisibles, se recomienda implementar procedimientos de medición continua.

En caso dichos procedimientos no se encuentren disponibles, se pueden emplear otros métodos que, además de los requisitos generales de calidad, cumplan con los siguientes requerimientos:

1. El personal de medición no quedará expuesto a riesgos como consecuencia de las mediciones. Las labores de medición deben ser tomadas en cuenta en planes de emergencia, sobre todo teniendo en consideración el posible uso de los equipos de medición bajo condiciones especiales.
2. Los resultados deberán estar disponibles rápidamente, de manera que se pueda reaccionar inmediatamente.

3. Los resultados de la medición deberán brindar informaciones claras y relevantes. Es decir, es preciso garantizar que los acontecimientos relevantes sean claramente identificados.

Según el tipo de intervención deberán definirse requerimientos específicos como, por ejemplo, el grado de especificidad, el nivel de certeza de los resultados o la sensibilidad de los métodos empleados.

El personal que realice dichas mediciones deberá contar con las calificaciones necesarias.

Las calificaciones necesarias se refieren a:

- los equipos y técnicas de medición
- los materiales peligrosos a ser medidos
- las condiciones laborales que puedan influir en las mediciones
- el manejo de software de gases CC-visión

9. Requerimientos de las áreas de seguridad

La mina cuenta actualmente con tres refugios, se encuentran plenamente cubiertos.

Ubicación Refu.	Carguio N°10	0 - 2500 m Yurika	16 Pers.
Comedor	Juan Pablo II	0 - 2800 m	288 Pers.
Ubicación Refu.	Nivel 4306 CA 1930	0 - 4200 m Pablo	20 Pers.
Ubicación Refu.	Nivel 4386 CA 4383	0 - 4900 m Pablo	20 Pers.

Cada una de las áreas de trabajo (Frente) deberá definirse una primera ruta de rescate que dirija hacia un área segura La distancia entre el frente de ataque y el área segura no podrá ser superior a 500 m.

Se define como áreas seguras a aquellos lugares donde las personas pueden dirigirse en caso de un incidente sin quedar expuestas a ningún tipo de peligro, por ejemplo, postales, intersecciones con acceso a túneles no contaminados, salidas de emergencia, y puntos de reunión.

El contenedor de rescate sirve para acoger tanto al personal como a visitantes en caso de un incidente durante un tiempo determinado, por ejemplo, en caso de fuga de gases, incendio, derrumbamiento, entre otros.

El escape es la evacuación hacia una zona de seguridad en el caso de algún riesgo como consecuencia de un incidente.

El punto de partida del escape es el punto donde comienza la evacuación hacia una zona segura.

Normalmente, para determinar la máxima duración posible del escape se utiliza como referencia el punto más alejado respecto a la zona segura, por lo general, el frente de ataque.

La ruta de escape es el trayecto que debe seguirse para llegar a la zona segura en caso de un incidente.

El punto de llegada es el lugar donde la ruta de escape llega a una zona segura.

Determinación de la velocidad de escape

Según la experiencia, la velocidad promedio al escapar a pie de un túnel equivale a 40 m/min, en caso se trate de un túnel sin inclinación, sin obstáculos y haciendo uso de equipos de autorrescate.

El tiempo de duración de equipos de autorrescate indica el periodo de protección que el equipo ofrece al usuario.

El tiempo máximo de escape es el tiempo transcurrido desde el punto de partida de escape hasta salir de la mina.

Cantidad necesaria de aire fresco

Flujo de aire fresco necesario bajo condiciones habituales en ambientes subterráneos sin la presencia de gases tóxicos o explosivos.

2 m³/persona y por minuto

8 m³/ Diesel-kW y minuto

Flujo de aire fresco necesario si hay presencia de gases tóxicos o explosivos.

La cantidad de aire fresco se calcula en base a la cantidad necesaria para diluir dichos gases según los valores límite de exposición ocupacional o los límites de peligrosidad.

Velocidad de la ventilación

Velocidad de circulación en dirección hacia los conductos.

Velocidad mínima: (de 0,1 m/s o de 6 m/min) para evitar la acumulación de gases nocivos.

2.2.18. Interfaz Gráfica:

Para Albornoz, M. (2017), “la Interfaz Gráfica de Usuario (GUI por su nombre en inglés, Graphical User Interface) es parte fundamental de cualquier aplicación; al comenzar a trabajar con una computadora el usuario comienza a

interactuar con la Interfaz, ya sea la del sistema operativo, la de un software en particular o la de cualquier sitio web. Es donde comienza la interacción hombre – computadora”.

“El diseño de la GUI no se lo debe considerar como una tarea secundaria y sin importancia; por el contrario, el equipo de desarrollo debe contar con integrantes especializados en el tema”.

“En ocasiones, a partir de la GUI se puede determinar si una aplicación será utilizada o no para resolver los problemas para los cuales fue diseñada. En el actual mundo informatizado se debe ofrecer al usuario una Interfaz que lo ayude a concretar las tareas de manera rápida, sencilla y satisfactoria. Es la Interfaz la responsable de ofrecer una interacción fluida y agradable”.

2.2.19.Sistema de Comunicación:

Bolton (2006) expresó: “La tendencia actual de sistemas de comunicación omnipresentes, obliga al docente y al estudiante de ingeniería a involucrarse en estas tecnologías. Existen diversas tecnologías de comunicación como, por ejemplo, Radio Frecuencia, Infrarrojo, Bluetooth, I2C, Ethernet, Serial”.

2.2.20.Proteus Design Suite

“Proteus Design Suite es software de automatización de diseño electrónico, desarrollado por Labcenter Electronics Ltd., que consta de los dos programas principales: Ares e Isis, y los módulos VSM y Electra”.

“El Programa ISIS, Intelligent Schematic Input System (Sistema de Enrutado de Esquemas Inteligente) permite diseñar el plano eléctrico del circuito que se desea realizar con componentes muy variados, desde simples resistencias, hasta alguno que otro microprocesador o microcontrolador, incluyendo fuentes de alimentación, generadores de señales y muchos otros componentes con prestaciones diferentes. Los diseños realizados en Isis pueden ser simulados en tiempo real, mediante el módulo VSM, asociado directamente con ISIS”.

“ARES, o Advanced Routing and Editing Software (Software de Edición y Ruteo Avanzado); es la herramienta de enrutado, ubicación y edición de componentes, se utiliza para la fabricación de placas de circuito impreso, permitiendo editar generalmente, las capas superficiales (Top Copper), y de soldadura (Bottom Copper)”.

2.2.21.Módulo Bluetooth HC-05

El proceso de comunicación Bluetooth se establece entre 2 dispositivos: uno que hace la función de maestro y otro de esclavo. El objetivo es lograr conectar el sistema electrónico a un smartphone Android para visualizar la trama de datos que envía el microcontrolador mediante el protocolo RS232. Este modulo presenta las especificaciones de estándar Bluetooth 2.0 que tiene excelente compatibilidad con celulares de sistema operativo Android, pero no con celulares iPhone.

Funciones:

- Permite reemplazar un enlace cableado serial por uno inalámbrico.
- Presenta “Wireless Serial Port”

- Configurable como maestro o esclavo.
- Compatible con proyectos que usen Atmel, PIC, Arduino, Raspberry, ESP32, ESP8266, STM32, etc.

Especificaciones técnicas:

- Tiene un consumo de corriente de 50mA
- Presenta una alimentación de entre 3.6V a 6V DC
- La potencia de transmisión es de 4dBm
- La frecuencia de Banda ISM es de 2.4GHz
- Una versión Bluetooth 2.0
- Una sensibilidad igual a -84dBm
- Modulación: GFSK
- La distancia y alcance es de 10 metros
- Interfaz de comunicación Serial RS232 TTL
- La velocidad en la que transmite está comprendida entre 1200bps hasta 1.3Mbps
- Los Baudrate por defecto son: 384000.
- Presenta una seguridad de encriptación y autenticación.
- Trabaja a una temperatura de -20C a +75C
- Compatibilidad con sistemas operativos Android
- Dimensiones: 37 por 16 mm
- Tiene un peso de 3.6 gramos

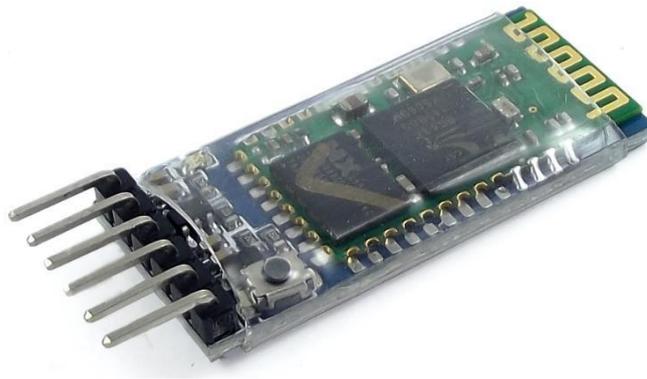


Figura 6. Módulo Bluetooth HC-05.

2.2.22.Sensores

Es un dispositivo electrónico capaz de detectar estímulos externos logrando procesarlos como datos digitales, es decir que estos dispositivos toman las magnitudes químicas y físicas, convirtiéndolo en pulsos eléctricos.

Existen diversos sensores como los radares de velocidad para las autopistas que utilizan un rayo de luz capaz de detectar los cambios en las velocidades de los automóviles, mostrando la medición de la velocidad en una pantalla led junto a una alarma sonora cuando se supera la velocidad configurada, es frecuentemente utilizado por los agentes de tránsito.

Otros sensores muy utilizados son los que detectan los movimientos o presencia, utilizando ondas infrarrojas, emisión de algún tipo de microonda o sonido y generando algún tipo de alarma cuando existe cambios en el ambiente, es normalmente utilizado en oficinas y viviendas, sus usos llegan a ser diversos, una de las marcas más comunes son los sensores PIR de movimiento.

Un termómetro podría considerarse un tipo de sensor que aprovecha las cualidades del mercurio frente a un estímulo calórico y de esta manera poder cuantificar la temperatura de un cuerpo o ambiente, combinado con un dispositivo electrónico puede tener diversos usos.

Un sensor es todo artefacto que permite adquirir información del ambiente u entorno, así como los humanos pueden detectar una serie de estímulos de acuerdo con el órgano sensorial que realiza dicha tarea, el ser humano por medio de la ciencia puede reproducir este proceso utilizando la tecnología.

2.2.23.Sensor ME2-CO

El sensor electroquímico ME2-CO detecta la concentración de gas midiendo la corriente según el principio electroquímico, que utiliza el proceso de oxidación electroquímica del gas objetivo en el electrodo de trabajo dentro de la celda electrolítica, la corriente producida en la reacción electroquímica del gas objetivo está en proporción directa con su concentración siguiendo la ley de Faraday, entonces la concentración del gas podría obtenerse midiendo el valor de la corriente.



Figura 7. Sensor ME2-VO.

Características:

- Rango: 0-1000ppm
- El límite máximo de medición: 2000ppm
- Vida de detección: 5 años
- Sensibilidad: + -0.005ua 0.015/PPM

- Resolución: 0,5 ppm
- Rango de temperatura: -20C-50C
- Rango de presión: presión atmosférica estándar + -10%
- Tiempo correspondiente (T90): <50S
- Rango de humedad: 15% -90% RH
- Deriva cero (-20C-40C) <= 10ppm
- Estabilidad: <10%
- Resistencia de carga (recomendada): 200 ohmios
- Repetibilidad: <3% valor de salida
- Linealidad de salida: lineal

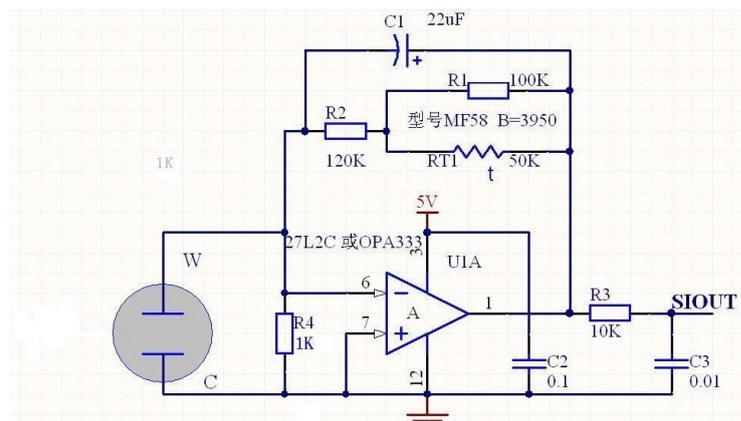


Figura 8. Circuito de acondicionamiento para el sensor ME2-CO.

2.3. Definición de términos básicos:

- ✓ **Actividad Minera:** “Es el ejercicio de las actividades contempladas en el literal a) del artículo 2 del presente reglamento, en concordancia con la normatividad vigente” (Minem, 2016).
- ✓ **Actividad Conexa:** “Cualquiera de aquellas tareas o sub-actividades mencionadas en el literal b) del artículo 2 del presente reglamento, que se

realiza de manera complementaria a la actividad minera y que permite el cumplimiento de ésta” (Minem, 2016).

- ✓ **Alambre:** Es un hilo metálico de forma cilíndrica larga y sección circular.
- ✓ **Alma:** Parte interior de los cables que les da mayor solidez y resistencia. El alma de un cable es un hilo, torón o cordaje colocado siguiendo su eje.
- ✓ **Alta Gerencia de la Unidad Minera:** “funcionarios de la más alta jerarquía de la unidad minera encargados de hacer cumplir la política de la empresa en todos sus aspectos, entre ellos la Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional” (Minem, 2016).
- ✓ **Alta Gerencia de la Empresa o Titular de Actividad Minera:** “funcionarios de la más alta jerarquía de la empresa encargados de liderar y proveer los recursos para la Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional de la empresa” (Minem, 2016).
- ✓ **Acarreo:** Traslado de materiales hacia un destino señalado
- ✓ **Ambiente de Trabajo:** Es el lugar donde los trabajadores desempeñan las labores encomendadas o asignadas.
- ✓ **Banco de Mineral o Desmonte:** Término usado en minería para definir rocas de diferente tamaño.
- ✓ **Banco o Cara:** Es la parte de cualquier mina subterránea o a cielo abierto donde se va a efectuar trabajos de excavación.
- ✓ **Berma de Seguridad:** “Es el espacio lateral de una vía de tránsito de vehículos, utilizado para estacionarse por seguridad y para protegerse de colisiones con otros vehículos móviles que continúan circulando en la rampa principal o vías de acceso de minas a cielo abierto y carreteras en general” (Minem, 2016).

- ✓ **Botaderos:** Conocidos también como canchas de depósito de mineral de baja ley o ganga. Usualmente, se localizan en el entorno de la mina y fuera de la zona mineralizada.
- ✓ **Chimenea:** Abertura vertical o inclinada construida por el sistema convencional y/o por el mecanizado.
- ✓ **Control:** Es un mecanismo preventivo y correctivo adoptado por la administración de una dependencia o entidad que permite la oportuna detección y corrección de desviaciones, ineficiencias o incongruencias en el curso de la formulación, instrumentación, ejecución y evaluación de las acciones, con el propósito de procurar el cumplimiento de la normatividad que las rige, y las estrategias, políticas, objetivos, metas y asignación de recursos.
- ✓ **Controlador:** Es aquel instrumento que compara el valor medido con el valor deseado, en base a esta comparación calcula un error y actuar a fin de corregir este error. Entonces la función del controlador es mantener la variable controlada dentro de los criterios previamente establecidos.
- ✓ **Empresa Minera:** Es la persona natural o jurídica que ejecuta las acciones y trabajos de la actividad minera, de acuerdo a las normas legales vigentes.
- ✓ **Gas:** Es un estado de la materia, que presenta una débil interacción entre sus moléculas, por lo que no posee una forma definida. Capacidad de adoptar la forma y volumen del recipiente que lo contiene. Un gas se caracteriza por tener una temperatura superior a su punto de ebullición.
- ✓ **Gaseado:** Es un término que se emplea para indicar que una persona o varias han sido afectadas por un gas que sobrepasa sus límites permisibles.
- ✓ **Sensor:** Es un dispositivo que está capacitado para detectar acciones o estímulos externos y responder en consecuencia. Estos aparatos pueden transformar las magnitudes físicas o químicas en magnitudes eléctricas.

- ✓ **Sistema:** Es un conjunto de partes o elementos organizados y relacionados que interactúan entre sí para lograr un objetivo. Los sistemas reciben datos, energía o materia del ambiente (entrada) y proveen información, energía o materia (salida).

2.4 Hipótesis e investigación

2.4.1 Hipótesis general

- Se diseñó el sistema automatizado para monitoreo en tiempo real del Monóxido de carbono en la Compañía Minera Ares, Unidad Pallancata.

2.4.2 Hipótesis específicas

- Se seleccionó la tecnología adecuada para el sistema automatizado para monitoreo en tiempo real del Monóxido de carbono en la Compañía Minera Ares, Unidad Pallancata.
- Se seleccionó el protocolo de comunicación adecuado para el sistema automatizado de monitoreo en tiempo real del Monóxido de carbono en la Compañía Minera Ares, Unidad Pallancata.

2.5 Operacionalización de las variables

Las variables de investigación se presentan a continuación:

- **Variable 1:** SISTEMA AUTOMATIZADO
- **Variable 2:** MONITOREO EN TIEMPO REAL MONÓXIDO DE CARBONO

2.5.1 Matriz de Operacionalización de variables

Cuadro.

Matriz de Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Sistema automatizado	Sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos	Parte Operativa	<ul style="list-style-type: none"> • Sensores • Sistemas electrónicos 	Técnica: Observación de datos.
		Parte de Mando	<ul style="list-style-type: none"> • Protocolos de comunicación • Controladores 	
Monitoreo en tiempo real del Monóxido de carbono	El monóxido de carbono, también denominado óxido de carbono (II), gas carbonoso y anhídrido carbonoso, cuya fórmula química es CO, es un gas incoloro y altamente tóxico.	Conducta de riesgo para los trabajos en la Mina	<ul style="list-style-type: none"> • Valores de los niveles permisibles 	Instrumentos: Formato de registro de concentración.
		Protocolos de salud en el trabajo		

Nota: Elaboración propia.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 Diseño metodológico

3.1.1 Tipo de investigación

- El diseño de un sistema automatizado para el monitoreo en tiempo real del monóxido de carbono es una investigación aplicada tecnológica

3.1.2 Nivel de Investigación

- Al determinar la tecnología y los protocolos de comunicación parámetros para sistema control de nivel basado en controlador PID abarcamos los conocimientos del que desarrolla dicho sistema por lo que esta viene a ser de tipo aplicativo

3.1.3 Enfoque

- La investigación a desarrollar toma un enfoque cuantitativo ya que se podrá hacer mediciones de las señales digitales y analógicas que proporciona el sistema control.

3.2 Población y muestra

3.2.1. Población

- Sistemas automatizados.

3.2.2 Muestra

- Sistemas automatizados en tiempo real para el monitoreo de monóxido de carbono.

3.3 Técnica para la recolección de datos

3.3.1 Observación

- Se observará el objeto, en este caso el Sistema automatizado en tiempo real para el monitoreo de monóxido de carbono, con respecto al modo de trabajo en el proceso de simulación.

3.3.2 Instrumentos para la recolección de datos

- **Reporte de base de datos generado por LabView en el de proceso de simulación virtual.**

Reporte que nos permite conocer la concentración de monóxido de carbono en la fecha y hora exacta que tomo la medición el sensor.

3.4. Técnicas para el procesamiento de la información

Para el procesamiento de datos, se utilizará la estadística cuyos pasos es como sigue:

Recolección de datos: A partir de la observación se realizaría la validación de la información obtenida mediante la simulación en el software Proteus y LabVIEW.

Análisis e interpretación de datos: Realizar los respectivos análisis interpretaciones, primero de la base de datos obtenidas de la investigación para validar y contrastar la hipótesis.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Análisis de resultados

El sensor ME2-CO necesita una configuración de acondicionamiento de señal tal como se revisó en las bases teóricas es por ello que se tomó como referencia el módulo que ya cuenta con el circuito electrónico de acondicionamiento tal como se aprecia en la figura 9.



Figura 9. Módulo sensor de monóxido de carbono CO.

Según la hoja de datos (Anexo 2) la señal de salida tiene un rango de 0 a 2.5 mV en escala lineal con respecto a la ppm de 0-1000 como se puede ver en la figura 11, siendo la señal muy pequeña se diseñó una etapa de amplificación con una ganancia aproximada de 2000 para llegar a establecer un rango en su salida de 0 a 5V y finalmente esta señal analógica ingresarla al microcontrolador. La etapa de amplificación se muestra en la figura 11.

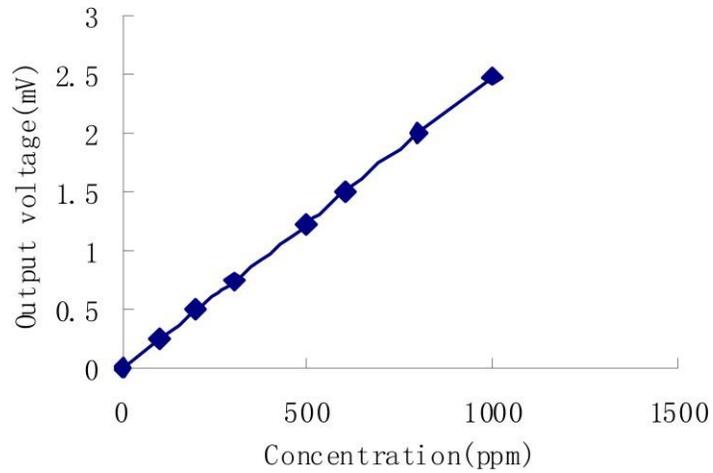


Figura 10. Gráfico de datos de las características de linealidad de la concentración.

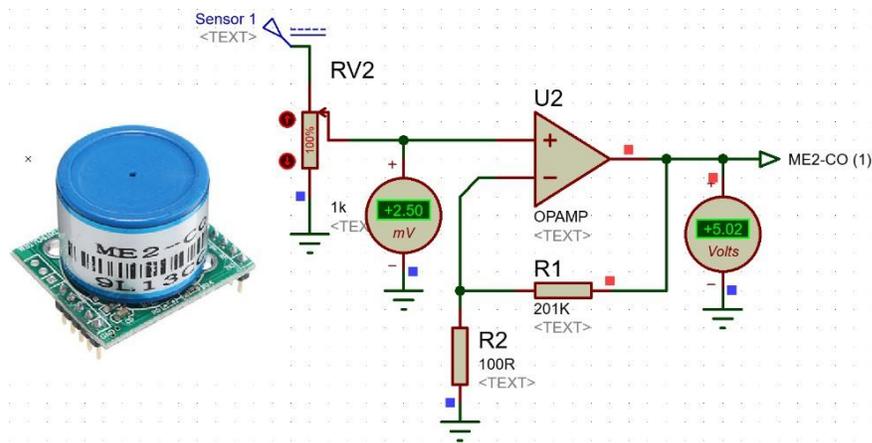


Figura 11. Etapa de amplificación con una ganancia de 2000

En la simulación se empleó tres sensores y todos ellos con su respectiva etapa de amplificación, también se utilizó el Microcontrolador 16F877A, una pantalla LCD 20x4, un puerto de comunicación serial RS232 y el virtual terminal. Este diseño se puede apreciar en la figura 12.

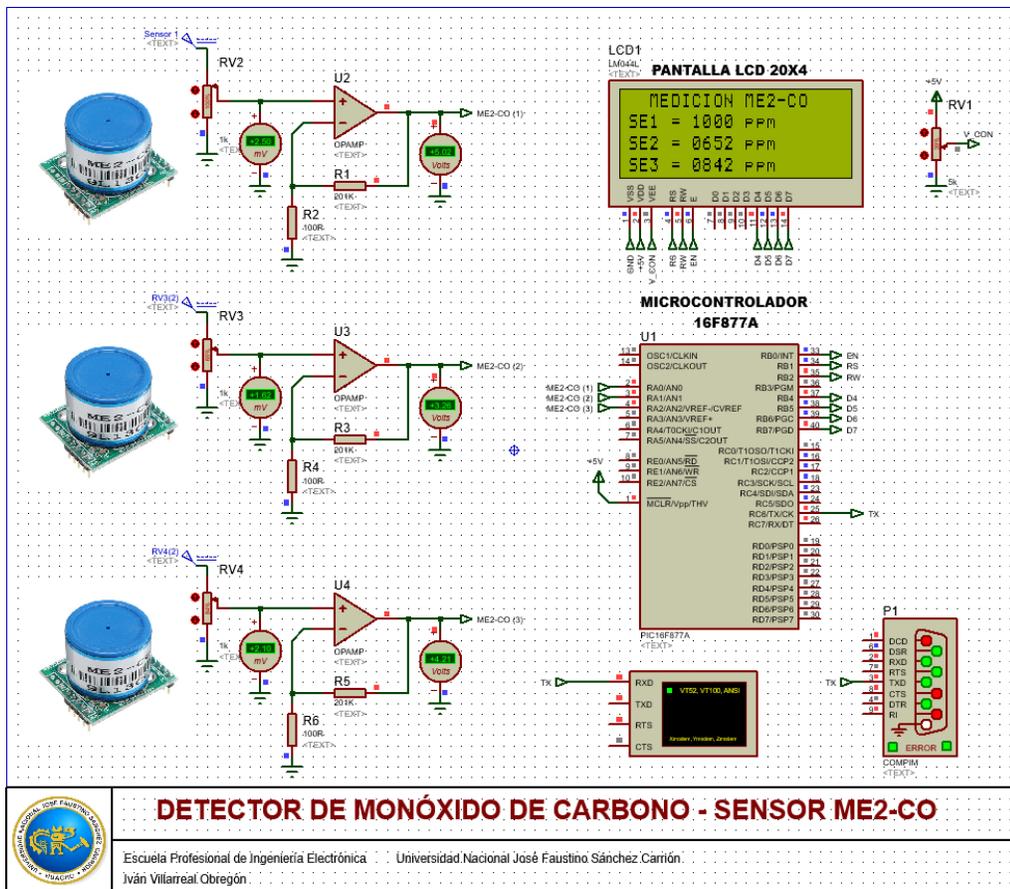


Figura 12. Simulación del sistema electrónico para la detección de CO

La señal analógica se ingresó al conversor ADC del microcontrolador 16F877A configurado en la programación con una resolución de 10 bits, internamente también se realizó la operación para convertir la resolución de 0 a 1023 al rango de 0 a 1000 ppm. La comunicación serial se encarga de enviar directamente los datos en ppm configurados como variables tipo int16. Se escogió datos aleatorios para los tres sensores, estos se pueden visualizar tanto en la pantalla LCD como se muestra en la figura 13 y también en la interfaz gráfica que se detallará más adelante.

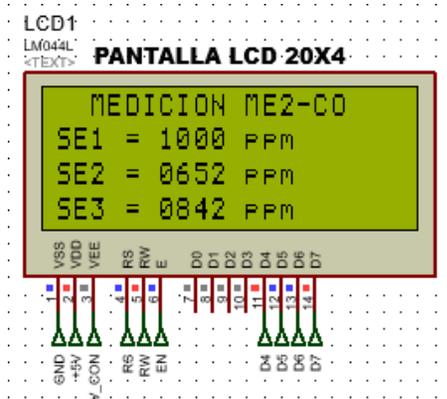


Figura 13. Pantalla LCD para mostrar la concentración en ppm

La interfaz gráfica se desarrolló en LabView y cuenta con tres indicadores para visualizar en tiempo real los valores de concentración de CO en ppm. Adicionalmente tiene un indicador read buffer donde se observan los datos que se recibe la información proveniente de proteus, un select port para escoger el puerto COM, un pulsador de Connect para enlazar la data y un pulsador de stop.

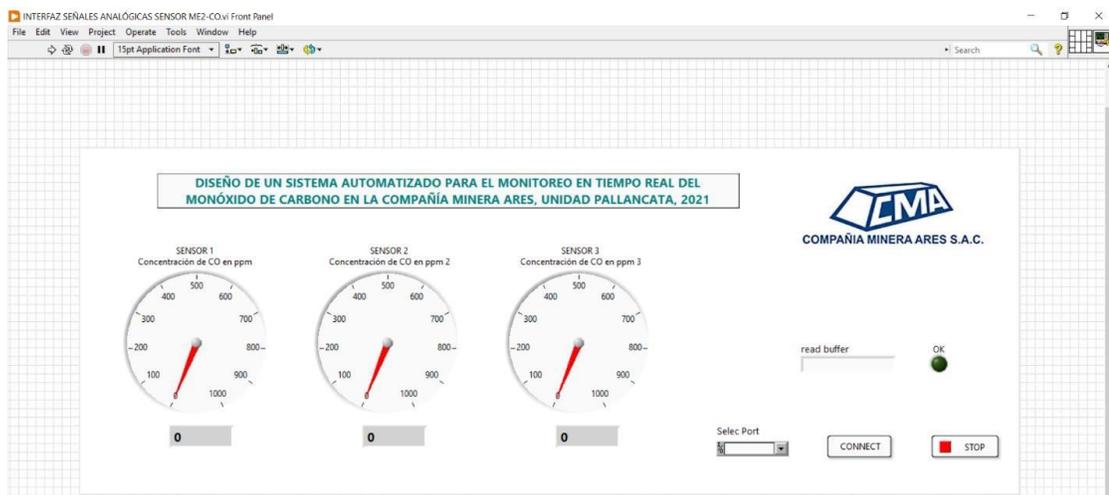


Figura 14. Interfaz gráfica para monitorear la concentración de CO.

En la figura 15 se puede apreciar la adquisición de las tres señales analógicas en tiempo real provenientes de los sensores ME2-CO (Proteus), estos valores coinciden con los visualizados anteriormente en la pantalla LCD.

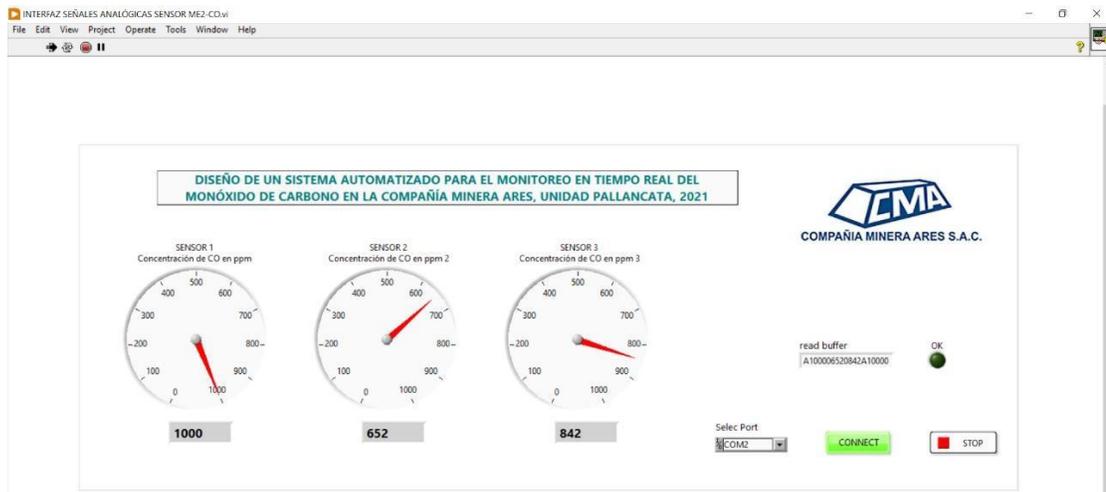


Figura 15. Simulación de la interfaz gráfica.

Tabla 2

Relación de los valores teóricos y simulados en concentración de ppm (CO₂)

Voltaje de salida (mV)	Concentración (ppm) teórico	Concentración (ppm) simulado	Coefficiente de correlación entre los valores teóricos y simulados
0	0	0	
0.25	100	100	
0.5	200	200	
0.75	300	301	
1	400	401	
1.25	500	501	0.999996876
1.5	600	602	
1.75	700	702	
2	800	802	
2.25	900	903	
2.5	1000	1000	

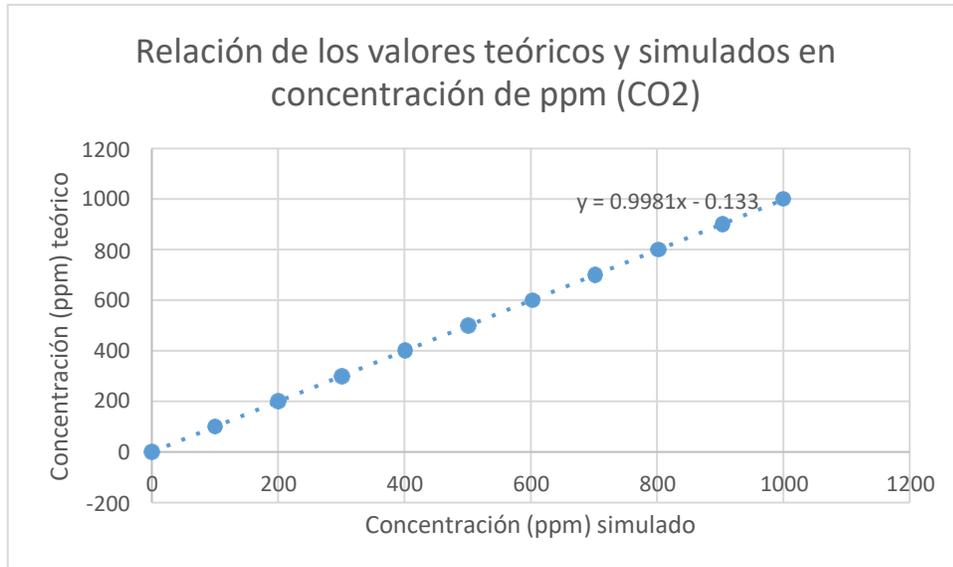


Figura 16. Gráfica de correlación entre valores teóricos y simulados (ppm)

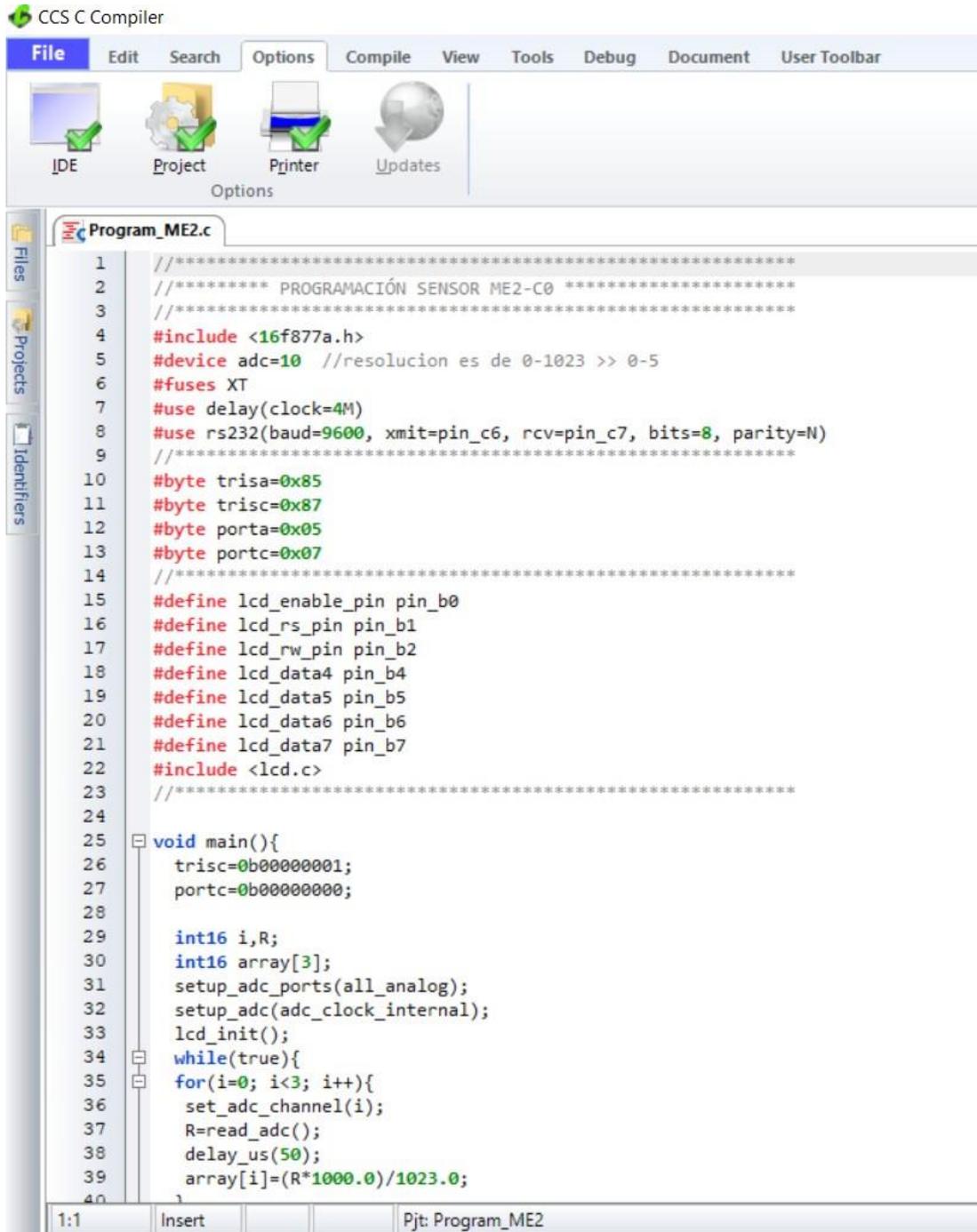


Figura 17. Programación del Microcontrolador 16F877A

A continuación, se presenta el presupuesto estimado para una futura implementación del diseño de un sistema automatizado para el monitoreo en tiempo real del monóxido de carbono:

Tabla 3.

Presupuesto estimado para el desarrollo del sistema electrónico.

Cantidad	Descripción	Precio
1	Sensor ME2-CO	S/ 12.00
1	PIC 16F877A	S/. 10.00
1	Cargador de 12VDC 1A	S/ 30.00
1 (metro)	Cable de conexión para el PCB	S/ 3.00
1	Pantalla LCD 20X4	S/. 12.00
10	Resistencia 4k7	S/ 1.00
3	Resistencia 100	S/ 1.00
3	Resistencia 220k	S/ 1.00
3	Potenciómetro	S/ 3.00
1	Puerto DB9 para PCB	S/ 2.00
3	Opamp	S/. 2.00
1	Estaño	S/ 5.00
1	Placa fibra de vidrio 8cm x 8cm	S/. 12.00
1	Ventilador 12VDC	S/ 8.00
10	Tuercas y pernos	S/ 10.00
5	Led	S/ 1.00
10	Molex	S/ 5.00
TOTAL		S/ 118.00

Autoría propia.

4.2. Contratación de hipótesis

Nuestra Hipótesis planteada fue: “Se diseño el sistema automatizado para monitoreo en tiempo real del Monóxido de carbono en la Compañía Minera Ares, Unidad Pallancata”. Por lo tanto, en referencia a nuestros resultados obtenidos se logra afirmar que se ha cumplido con la hipótesis general planteada ya que el diseño en la simulación funciona de acuerdo a los parámetros en la detección de CO en ppm.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

5.1. Discusión de resultados

- En referencia al diagnóstico sobre la carga de CO en la mina Hochschild Unidad Pallancata que se muestra en el apartado 2.2.17 en adelante, se tiene que el sistema electrónico tiene la capacidad de trabajar y detectar con los rangos mencionados en Concentración de CO Operador Scoop Labor 4370, Concentración de CO en labores 3048 y 4296.
- Según el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH), “el límite de exposición permisible (PEL en inglés) actual de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacionales (OSHA) para el CO es de 50 ppm como un promedio ponderado de tiempo de 8 horas (TWA en inglés) [29 CFR 1910.1000*]. El límite de exposición recomendada (REL en inglés) de NIOSH para el CO es de 35 ppm como un TWA de 8 horas y un límite máximo (CL en inglés) de 200 ppm [NIOSH 1992]. La concentración inmediatamente peligrosa para la vida y la salud (IDLH) que recomienda NIOSH para el CO es de 1,200 ppm. IDLH es la concentración que podría provocar la muerte o efectos irreversibles sobre la salud, o que podría impedir que una persona se salga del ambiente contaminado en 30 minutos. La American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) ha adoptado un valor límite umbral (TVL en inglés) para el CO de 25 ppm como un TWA de 8 horas [ACGIH 1992a]” (Minem, 2016). Según estos datos podemos afirmar que el sistema implementado cuenta con la capacidad de medir hasta 1000ppm siendo un rango elevado que permite evitar riesgos.

CAPÍTULO VI:

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- La implementación de la etapa de amplificación se realizó mediante un OPAMP configurado para una ganancia aproximada de 2000 permitiendo que la señal analógica proveniente del sensor sea más estable al ingresar al microcontrolador.
- Del proceso de amplificación se obtiene una salida en el rango de 0 a 5V que ingresa al Microcontroladores en los canales AN0, AN1, AN2
- La resolución que se aplicó en el proceso de conversión analógica digital (ADC) en el microcontrolador fue de 10 bits con el objetivo de obtener una mejor precisión en la lectura de los datos.
- LabVIEW se empleó como plataforma de interfaz gráfica para visualizar las señales de los sensores ME2-CO, aplicando el protocolo de comunicación RS232.
- Todo el proceso de comunicación entre el software de Proteus y LabVIEW se realiza en tiempo real, para generar la transmisión de datos interna en el proceso de simulación se empleó el software Virtual Serial Port.
- Finalmente se concluye que el sistema automatizado para el monitoreo en tiempo real del monóxido de carbono cumple con las expectativas y objetivos planteados en la tesis.

6.2. Recomendaciones

- Se recomienda trabajo con los módulos ME2-CO ya que traen integrados la etapa de acondicionamiento para la señal del sensor.
- El microcontrolador 16F877A cuenta con 8 canales lógicos por lo tanto este sistema puede expandirse hasta 8 señales ME2-CO
- Si se desea trabajar con una cantidad mayor de sensores, se recomienda modificar el microcontrolador a uno que cuenta con un número considerable de puertos analógicos.
- La comunicación RS232 es compatible con tecnología bluetooth de algunos módulos comerciales, sin embargo, hay que tener en cuenta que este tipo de comunicación no se vea afectada en una mina.
- De forma similar al punto anterior se podría aplicar tecnología wifi siempre y cuando las condiciones del lugar lo permitan y no existan interferencias.

REFERENCIAS

7.1. Referencias bibliográficas

- Albarracín, M. E. y Gutiérrez, G.A. (2014). *Monitoreo inalámbrico de gases en minería con servicio web en tiempo real fase II*". Tesis pre grado. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Sogamoso, Colombia.
- Arce, C. y Collao, J. (2017). *Implementación de un sistema de gestión en seguridad y salud en el trabajo según la Ley 29783 para la empresa CHIMÚ PAN S.A.C.* Tesis pre grado. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo Perú. }
- Armenta Buitimea, C. (2007). Manual de prácticas para la programación de Microcontroladores PIC's de la familia 16FXXX. Instituto Tecnológico de Sonora, México.
- De Paz, A. (2015). *Desarrollo de un Sistema de Sensores para la Detección de Sustancias Peligrosas.* Tesis pre grado. Universidad Autónoma de Madrid, España.
- Elías, C. (2016). *Análisis de riesgos en exploraciones mineras para implementar un sistema de seguridad y salud ocupacional en el Perú.* Tesis pre grado. Universidad San Ignacio de Loyola, Lima, Perú.
- Galvis, O. G. (2020.). *Monitoreo de gases en tiempo real para la mina de carbón Villanueva ubicada en el municipio de Arboledas, Norte de Santander* (Tesis de pregrado). Universidad Francisco de Paula Santander, Colombia
- Maldonado, A. C. y Rojas, N. F. (2019). *Propuesta de bajo costo para el monitoreo de material particulado PM 2.5 y PM10 en tiempo real en la universidad El Bosque, Bogotá* (Tesis de pregrado). Universidad El Bosque, Colombia.
- Núñez, R. A. (2018). *Evaluación del efecto de material particulado en suspensión orientado a la operación mina a partir de la implementación de una red de*

- monitoreo ambiental en minera escondida* (Tesis de pregrado). Universidad de Chile, Chile.
- Palomino, A. (2016). *Propuesta de implementación del sistema de gestión de seguridad en la empresa minera J & A Puglisevich basado en la LEY N ° 29783 Y D.S 055-2010-EM*. Tesis pre grado. Universidad Católica San Pablo, Arequipa, Perú.
- Patillo, J.J. (2013). *Sistema con robot móvil teleoperado por inspección visual, para el monitoreo del monóxido de carbono y la velocidad del flujo de aire de mina subterránea en la compañía minera RAURA*. Tesis pre grado. Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú.
- Pinto, C.A. (2015). *Propuesta de un diseño para un sistema de control y monitoreo de fugas de gas a fin de reducir riesgos laborales, en una Estación de Servicios de GLP*". Tesis pre grado. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.
- Reyes, C. (2006). Microcontroladores PIC Programación en Basic. Obtenido de docplayer.es/5938624-Tercera-edicion-carlos-a-reyes-html
- Tarazona, P. A. (2018). *Evaluación de la calidad del aire por emisiones de material particulado (PM₁₀) en la vereda Mochuelo-Alto Bogotá D.C.* (Tesis de pregrado). Universidad El Bosque, Colombia.
- Valqui, R. (2019). *Diseño e implementación de un sistema electrónico de monitoreo de gases tóxicos para minería subterránea con acceso remoto a través de web server*. Tesis pre grado. Universidad Tecnológica del Perú, Lima, Perú.
- Verástegui, O.J. (2017). *Minimización de accidentes e incidentes de trabajo mediante la aplicación del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo en la empresa*

SIRIUS SEGURIDAD PRIVADA S.R.L. Tesis pre grado. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú

Viza, F. B. (2014). *Implementación de un sistema de seguridad industrial según Decreto Supremo 055-2010 EM en la empresa minera INTI SAC - Rinconada*. Tesis pre grado. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

7.2. Referencias electrónicas

Angulo, J., & Angulo, I. (2003). Microcontroladores PIC Diseño práctico de aplicaciones Primera parte. Obtenido de www.myslide.es/documents/microcontroladores-...z-559793c4581bf.html

Cortez, E., Peñaloza, P., y Pumapillo, S. (2016). *Gestión de emisiones de gases de efecto invernadero en explotaciones mineras subterráneas en el Perú*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima, Perú. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10757/624100>

Gómez-Monsalve (2020) Detección y predicción en tiempo real de gases tóxicos en minas de carbón subterráneas de Norte de Santander. *Revista Infometrica@*, 3(1), 78-88.

Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería DECRETO SUPREMO N° 024-2016-EM, Lima, Perú. Recuperado de https://minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/LEGISLACION/2016/RSSO_2017.pdf

ANEXOS

ANEXO N° 01
MATRIZ DE CONSISTENCIA

Cuadro 2.

Matriz de Consistencia: “DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA LA DETECCIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO EN EL PARQUE AUTOMOTOR DE LA CIUDAD DE HUACHO, 2021”

PROBLEMA	OBJETIVOS	JUSTIFICACIÓN	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES
<p>Problema general ¿Cómo diseñar un Sistema Automatizado para el monitoreo en tiempo real del Monóxido de carbono en la Compañía Minera Ares, Unidad Pallancata?</p> <p>Problemas específicos ¿Qué tecnología es adecuada para el Sistema Automatizado de monitoreo en tiempo real del Monóxido de carbono en la Compañía Minera Ares, Unidad Pallancata?</p> <p>¿Qué protocolo de comunicación es adecuado para el Sistema Automatizado de monitoreo en tiempo real del Monóxido de carbono en la Compañía Minera Ares, Unidad Pallancata?</p>	<p>Objetivo general Diseñar un Sistema Automatizado para el monitoreo en tiempo real del Monóxido de carbono en la Compañía Minera Ares, Unidad Pallancata.</p> <p>Objetivos específicos Seleccionar la tecnología adecuada para el Sistema Automatizado de monitoreo en tiempo real del Monóxido de carbono en la Compañía Minera Ares, Unidad Pallancata.</p> <p>Seleccionar el protocolo de comunicación adecuado para el Sistema Automatizado de monitoreo en tiempo real del Monóxido de carbono en la Compañía Minera Ares, Unidad Pallancata.</p>	<p>La justificación del presente estudio radica en evitar la exposición del personal para realizar las mediciones del monóxido de carbono antes de las labores en la mina, un sistema de monitoreo remoto en tiempo real aumenta la seguridad en tal sentido.</p>	<p>Hipótesis general Se diseñó el sistema automatizado para monitoreo en tiempo real del Monóxido de carbono en la Compañía Minera Ares, Unidad Pallancata.</p> <p>Hipótesis específicas Se seleccionó la tecnología adecuada para el sistema automatizado para monitoreo en tiempo real del Monóxido de carbono en la Compañía Minera Ares, Unidad Pallancata.</p> <p>Se seleccionó el protocolo de comunicación adecuado para el sistema automatizado de monitoreo en tiempo real del Monóxido de carbono en la Compañía Minera Ares, Unidad Pallancata</p>	<p>Variable 1: Sistema Automatizado.</p> <p>Variable 2: Monitoreo en tiempo real del monóxido de carbono.</p>	<p>Sensores Sistemas Electrónicos Protocolos de comunicación Controladores</p> <p>Valores de los niveles permisibles</p>

ANEXO N° 02
Datasheet del Sensor ME2-CO

ME2-CO Carbon Monoxide Sensor Manual

Overview

ME2-CO electrochemical sensor detects the CO gas concentration by measuring current based on the electrochemical principle, which utilizes the electrochemical oxidation process of target gas on the working electrode inside the electrolytic cell, the current produced in electrochemical reaction of the target gas are in direct proportion with its concentration while following Faraday law, then concentration of CO could be get by measuring value of current.



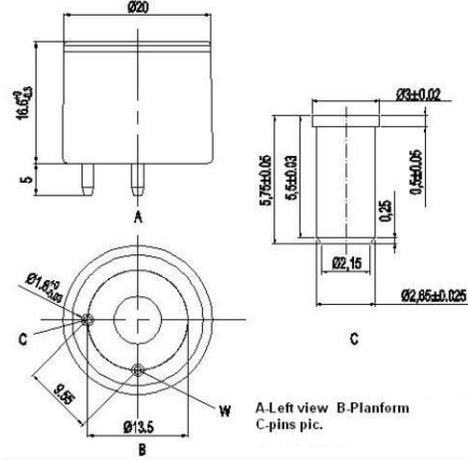
Features

- * Low consumption
- * High precision
- * High sensitivity
- * Wide linear range
- * Strong anti-interference ability
- * Excellent repeatability and stability

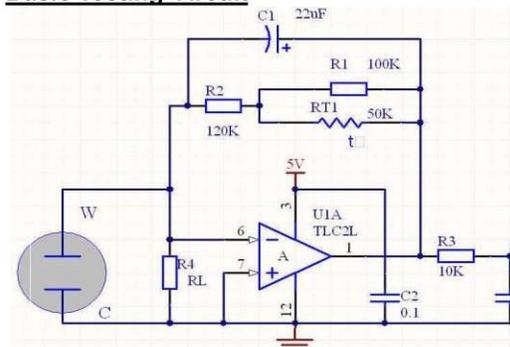
Technical specification

Items	Technical parameter
Detection Range	0—1000ppm
Max detecting bound	2000ppm
Detecting life	5 years
Sensitivity	$0.015 \pm 0.005 \mu\text{A/ppm}$
Resolution	0.5ppm
Temperature range	$-20^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$
Pressure range	Normal atmosphere $\pm 10\%$
Response time (T90)	< 50S
Humidity range	15%—90%RH
Zero shift ($-20^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$)	$\leq 10\text{ppm}$
Stability (/ Month)	< 10%
Load resistance (commend)	200 Ω
Reproducibility	< 3% output value
Output linearity	Linearity

Configuration



Basic Testing Circuit



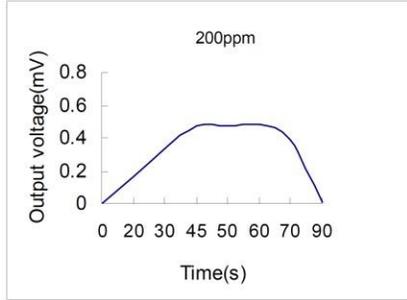
Tel: 86-371-67169097 Fax: 86-371-60932988

Email: sales@winsensor.com

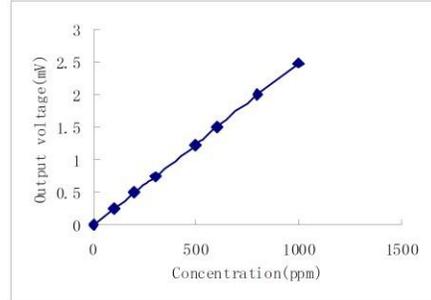
Application

Widely use for the industrial application, especially the domestic use for CO concentration detection.

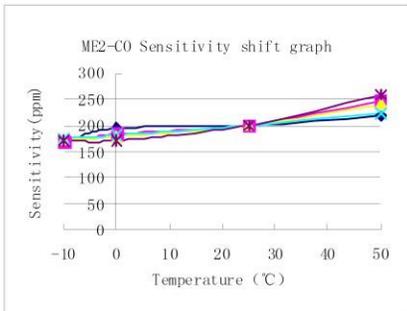
Features of sensitivity, response and output signal



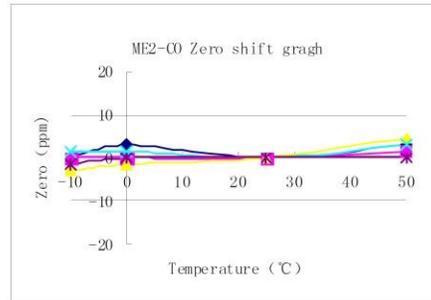
Data graph of concentration linearity features



Sensitivity shift based on high-low temperature



Zero shift based on high-low temperature



Anti-interference ability

ME2-CO responds to other gases besides the target gas, upon that listing the follow table for your information, which indicates response features of the sensor to the several normal interferential gases. The data in the table is the representative response of the gas in certain concentration.

Gas	Concentration	ME2-CO
H2S	100ppm	0ppm
SO2	20ppm	0ppm
H2	200ppm	40ppm
Ethene	100ppm	80ppm
NO	35ppm	6ppm
NO2	5ppm	0ppm
Ethanol	1000ppm	0ppm

Note

- To avoid the sensor touching the organic solvent (silica gel and other cementing compound), dope, medicament, oil and high concentration gas.
- All the electrochemical series gas sensor could be neither entirely packaged with resinous material, nor submerged in the pure oxygen environment, otherwise its performance will be damaged.
- All the electrochemical series gas sensor can not have application in the corrosive gas environment, which will damage the sensor.
- Please measure the gas sensitivity in the clean air.
- To avoid the obverse target gas blowing intensively when measuring the gas sensitivity, otherwise the gas sensitivity will be extremely high.
- Break off or curve the pin is forbidden.
- The breathing vent should not be blocked or polluted, otherwise the sensitivity would be lower.
- Prevent the sensor from excessive impaction or vibration.
- Do not use the sensor if its shell is damaged.
- It would be comparatively slow for the sensor resumes to the initial mode after using in the high concentration gas for long time.
- Do not take apart the sensor optionally, or its electrolyte would be leaked to damage the sensor.
- Working and reference electrode should be in short-circuit condition when sensor for stock.
- Please aging the sensor at least 24 hours prior to use it, and the soldering installation is forbidden.

ANEXO N° 03
Equipos para el Monitoreo de Gases en mina

MONITOR OCUPACIONAL PARA LA DETECCIÓN Y ALERTA DE GASES

Dräger Pac® 5500



El Dräger Pac 5500 es un instrumento de un solo gas que posee vida ilimitada y es perfecto para una monitorización personal rápida y precisa, que permite alertar a los colaboradores para la evacuación (de acuerdo al umbral de alarma definido) en caso una zona de trabajo presente gases tóxicos o nocivos que puedan generar efectos a la salud.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN RESPIRATORIA AUTÓNOMA

Dräger PAS® Colt



Este equipo ligero de protección respiratoria autónoma se recomienda para el personal que requiere ingresar a áreas de trabajo donde se encuentren presentes gases de voladura o en ambientes en los que no se logre conocer con exactitud bajo qué tipo de gas se laborará.

El Dräger PAS® Colt ha sido diseñado para el trabajo en situaciones con condiciones extremas, en las que se necesita la máxima ergonomía, además, de una alta resistencia de materiales.

Dräger PAS® Micro



El Dräger PAS® Micro es el nuevo diseño en tecnología, materiales, confort e ideal para usar en condiciones extremas.

La espaldadera soporte del Dräger PAS Micro está diseñada y construida para otorgar las máximas prestaciones en ergonomía, siguiendo la línea natural de la espalda, lo que incrementa la estabilidad y confort en el uso. La manguera y el manorreductor han sido integrados en la espaldadera, reduciendo los riesgos de atrapamiento. Diseñado en material antiestático, inerte a los reactivos químicos, aceites y álcalis.

EQUIPOS PARA EL MONITOREO Y DETECCIÓN DE GASES EN MINA

<p align="center">Dräger X-am® 5600</p>	<p>Caracterizado por un diseño ergonómico y una innovadora tecnología de sensor infrarrojo IR, el Dräger X-am® 5600 es el instrumento de detección ocupacional más pequeño para la medición de hasta 6 gases diferentes.</p> <p>El líder de grupo deberá llevar consigo un Dräger X-am 5600 Multigas o se deberá instalar un sistema de medición semiestacionario X-zone 5500 equipado en conjunto con un X-am 5600 en cada uno de los puestos de trabajo (Frente de trabajo). Dicho sistema emitirá una señal de alerta de 120 dB en cuanto se llegue al umbral de alarma.</p>
	<p>Dräger X-zone® 5500</p> <p>Monitorización de área con tecnología de vanguardia: el Dräger X-zone® 5500, combinado con los instrumentos de detección de gases Dräger X-am® 5000, 5100 o 5600, puede utilizarse para medir hasta seis tipos de gases diferentes y amplía la tecnología de detección portátil de gases a un sistema completo con numerosas aplicaciones.</p> <p>Dicho equipo permite brindar tendencias y estadísticas de exposición del trabajador durante el desarrollo de sus actividades en condiciones extremas de la unidad minera. REINGRESAR CUANDO EL AMBIENTE SEA CONTROLADO. 50 metros.</p>
<p align="center">DISPOSITIVO PARA EL ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE COHb EN SANGRE</p>	
<p align="center">Dräger Pac 7000</p>	<p>El detector de gas individual Dräger Pac 7000 advierte de forma fiable sobre las concentraciones peligrosas de doce gases distintos y además, permite evaluar la concentración de carboxihemoglobina (COHb) en la sangre; y de esta forma obtener una tendencia de la salud de los trabajadores durante el desarrollo de sus actividades.</p>
	<p align="center">MONITOR PARA MEDICIONES DE GASES A ALTAS CONCENTRACIONES</p>

**X-am 7000 con sensores HC
(Alta concentración)**



El Dräger X-am® 7000 es la solución para la medición continua y simultánea de hasta cinco gases. Es el compañero ideal en una gran variedad de aplicaciones donde es necesario realizar una detección fiable de oxígeno, gases tóxicos y gases y vapores inflamables.

Se recomienda que este equipo sea portado para el monitoreo de altas concentraciones de gases; tanto para el personal del área de Higiene Ocupacional, líderes de grupo, supervisores y las personas que forman parte de las brigadas de emergencias. Para problemas de ventilación, en caso de emergencias y presencia de fugas (CO, CO₂, NO_x, O₂).