

## **Docentes:**

Ing. Jorge E. Morales, Téc. Sup. Mecatrónica Gonzalo Vera

## **Grupo: 8**

## **Integrantes:**

Narváez, Juan Carlos

Rojas, Jorge Daniel

Rojo, Pedro Omar

Schafrik, Ma. Victoria

Vera, Emilio Andres

## Proyecto de desarrollo

### Planteamiento de la problemática a solucionar

#### Introducción

En la minería subterránea existen cuatro fuentes principales de gases: el uso de explosivos, las máquinas de combustión interna, los gases de estratos y, la respiración humana. La identificación anticipada de estos gases facilitará la prevención de accidentes por intoxicación.

Todo uso de explosivo emite en mayor o en menor grado, gases tóxicos producidos por las diversas reacciones químicas que ocurren durante una explosión.

En el caso de las máquinas de combustión interna, pueden liberar gran cantidad de contaminantes. Estos gases son monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, aldehídos, humos, metano y dióxido de azufre.

Los gases de estratos son aquellos que existen dentro de las estructuras rocosas del yacimiento y que, al entrar en contacto con una labor minera, pueden producir grandes concentraciones de gases tóxicos.

Con relación a la respiración humana, debe recordarse que las personas exhalamos dióxido de carbono y, si realiza una actividad física intensa, la cantidad producida será mayor.

La mayor o menor peligrosidad de los gases presentes en las minas subterráneas, dependerá de tres factores principales: toxicidad, concentración y tiempo de exposición.

En cuanto a toxicidad, cada gas tiene un efecto particular en el organismo, el cual depende de la composición química del mismo. Por ejemplo, el monóxido de carbono (CMP:25ppm), el cual tiene efectos críticos en el Sistema Nervioso Central, Sistema Cardiovascular, reproducción y Anoxia (falta o disminución de oxígeno en las células, órganos o la sangre) es más tóxico que el dióxido de carbono, que tiene como efecto crítico la asfixia.

El factor concentración indica la cantidad de gas tóxico presente en el aire. Una concentración alta de gases tóxicos origina accidentes fatales y da muy poco tiempo para escapar del área gaseada.

El tiempo de exposición indica el lapso en que la persona estuvo expuesta a los gases tóxicos. A menor tiempo de exposición, se tendrá menores daños al organismo. En labores ciegas generalmente el tiempo de exposición es prolongado, lo cual produce daños irreversibles y muchas veces ocasiona la muerte de la persona.

## Gases en la minería

COMPOSICIÓN DEL AIRE EN SECO		
	% en volumen	% en peso
Nitrógeno	78,09	75,53
Oxígeno	20,95	23,14
Anhidrido carbónico	0,03	0,046
Argón y otros gases	0,93	1,284

Clasificación de los gases		
IRRITANTES ASFIXIANTES	SOFOCANTES	EXPLOSIVOS INFLAMABLES
• Monóxido de carbono	• Nitrógeno	• Metano
• Hidrógeno sulfurado	• Anhidrido carbónico	• Monóxido de carbono
• Dióxido de nitrógeno (Humos nitrosos)	• Metano	• Hidrogeno sulfurado
• Anhidrido sulfuroso		

### 1. Monóxido de carbono

Características:

- Fórmula: CO
- Peso específico: 0,967
- Límite explosivo: 12,5 a 74,2%
- Límite permisible: 40 ppm – 44 mg/m<sup>3</sup>
- Gas incoloro e inodoro.

Cómo se genera:

- Es producto de la combustión incompleta de materias orgánicas o carbonáceas. Se desprende del escape de motores de combustión interna.
- Por el uso de explosivos.

Efectos fisiológicos (CO)	
ppm	Efectos fisiológicos
40	Concentración máxima permisible para 8 horas de exposición.
200	Jaquaca después de ½ horas de exposición (leve intoxicación).
400-500	Desde ¾ a 1 hora, jaquaca, náuseas. Pérdida de conocimiento entre 1 ½ y 2 horas. Peligroso para la vida después de 2 horas.
800-1000	Pérdida de conocimiento después de 1 a 1 ½ horas de exposición. Muerte después de 2 horas.
1500-2000	Fuerte jaquaca, náuseas y pérdida del conocimiento entre ½ a 1 hora. Fatal después de 1 hora de exposición.

### 2. Hidrógeno sulfurado

Características:

- Fórmula: H<sub>2</sub>S
- Peso específico: 1,19
- Límite explosivo: 4,3 a 45 %

- Límite permisible: 8 ppm – 11,2 mg/m<sup>3</sup>
- Gas incoloro, inflamable, olor a huevos podridos.

Cómo se genera:

- Por descomposición de la piritita (Fes).
- Por descomposición de sustancias orgánicas.
- Por disparos en minerales que contienen azufre.

Efectos fisiológicos (H <sub>2</sub> S )	
ppm	Efectos fisiológicos
8	Concentración máxima permisible para 8 horas. de exposición.
50-100	Intoxicación subaguda. Leve conjuntivitis, irritación del conducto respiratorio, después de 1 hora de exposición.
200-300	Fuerte conjuntivitis e irritación del conducto respiratorio después de 1 hora
700	Posible intoxicación aguda, pérdida rápida del conocimiento. Paro respiratorio y muerte.
1000-2000	Intoxicación aguda, pérdida del conocimiento, paro respiratorio y muerte.

### 3. Dióxido de nitrógeno (humos nitrosos)

Características:

- Formula: NO<sub>2</sub> o N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>
- Peso específico: 1,54
- Límite permisible: 2,4 ppm – 4,8 mg/m<sup>3</sup>
- Gas color pardo rojizo a temperaturas sobre 23° C, picante y algo dulce.
- Ordinariamente no presenta riesgo de incendio, pero puede hacerse inflamable en presencia de oxígeno puro.

Cómo se genera:

- Se producen al detonar explosivos o dinamitas.
- Se desprende del escape de equipos que funcionan a gasolina y diesel.
- Se producen durante las operaciones de soldadura al arco y con gas.

Efectos fisiológicos (NO <sub>2</sub> )	
ppm	Efectos fisiológicos
2,4	Concentración máxima permisible para 8 horas de exposición.
60	Irritación a la garganta.
100	Cantidad mínima que produce tos.
150	Peligroso, incluso para exposiciones cortas.
200-700	Fatal, aún en exposiciones cortas.

## 4. Anhídrido sulfuroso

Características:

- Formula:  $\text{SO}_2$
- Peso específico: 2,2
- Límite permisible: 1,6 ppm – 4 mg/m<sup>3</sup>
- Gas incoloro, picante, irritante, sabor ácido y acentuado olor a azufre quemado.

Cómo se genera:

- Por la combustión del azufre (piritas).
- Por la combustión de carbón rico en azufre.
- Disparos en minerales con alto contenido de azufre de los que puede desprenderse también  $\text{H}_2\text{S}$  y  $\text{CO}$ .

Efectos fisiológicos ( $\text{SO}_2$ )	
ppm	Efectos fisiológicos
1,6	Concentración máxima permisible para 8 horas de exposición
20	Irritación a los ojos.
150	Muy desagradable pero puede soportarse durante algunos minutos.
400-500	Peligroso, incluso para exposición corta, respiración dificultosa.
1000	Causa la muerte en pocos segundos.

## 5. Nitrógeno

Características:

- Fórmula:  $\text{N}_2$
- Peso específico: 0,971
- Gas incoloro, inodoro, físicamente inerte.
- Forma parte del aire (78,06%)

Cómo se genera:

- Se encuentra también en el aire en forma de amoníaco.
- Por los disparos (debido a la ausencia del oxígeno del aire).
- En los lugares en que la ventilación es deficiente y se produce una deficiencia de oxígeno.

Efectos fisiológicos (N):

- Fisiológicamente es un gas inerte a la presión atmosférica normal, pero puede producir efectos nocivos sobre el organismo al reducirse la presión parcial del oxígeno en los pulmones. Esto produce asfixia y causa la muerte por falta de oxígeno.
- Una proporción de 84% en el aire denota la ausencia de oxígeno (16%) y se torna peligroso para la vida.

## 6. Anhídrido carbónico

Características:

- Fórmula: CO<sub>2</sub>
- Peso específico: 1,529
- Límite permisible: 4000 ppm 7200 mg/m<sup>3</sup>
- Gas incoloro, inodoro, sabor ligeramente ácido.
- Forma parte del aire en la proporción de 0,03 a 0,06%.

Cómo se genera:

- Se produce por la respiración de las personas y animales (fundamentalmente en lugares confinados).
- Producto de la combustión de sustancias carbonadas en presencia de exceso de aire o de oxígeno.
- Producto de disparos.
- Producto de escape de motores diesel que se usa en el interior de las minas.

Efectos fisiológicos (CO <sub>2</sub> )	
ppm	Efectos fisiológicos
4000	Concentración máxima permisible para 8 horas de exposición.
5000	Ventilación de pulmones aumenta en 300%, se producen jadeos.
6000	Se considera peligroso.
10000	Solo se puede resistir algunos minutos.
15000	Fatal en la mayoría de los casos.

## 7. Metano

Características:

- Formula: CH<sub>4</sub>
- Peso específico: 0,555
- Límite explosividad: 5 al 15% en el aire
- Gas incoloro, inodoro e insípido.

Cómo se genera:

- Se desprende a través de las fisuras en los mantos de carbón.
- Por la descomposición de la madera bajo agua.
- Por la descomposición de materias orgánicas.
- En las alcantarillas de la ciudad.

Efectos fisiológicos (CH<sub>4</sub>):

- Es un asfixiante simple y actúa desplazando el oxígeno del aire.
- Cuando el aire contiene 25% de metano produce asfixia por deficiencia de oxígeno.

## Objetivo

Con nuestro proyecto buscamos desarrollar un vehículo robot teledirigido por control remoto para ser utilizado en la industria minera para detectar gases tóxicos.

Para ello, incluiremos sensores de gases al vehículo. En una primera instancia detectaría Dióxido de Carbono, para luego desarrollar las mejoras y adecuaciones necesarias para que pueda detectar variedad de gases que son tóxicos.

## Sensores de Gases MQ para el prototipo

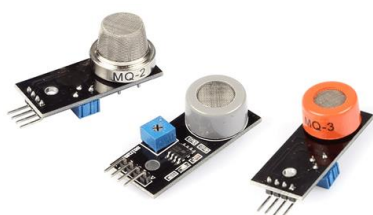
Los sensores de gases MQ son una familia de dispositivos diseñados para detectar la presencia de distintos componentes químicos en el aire. Podemos conectar estos dispositivos a un autómata o procesador como Arduino.

Existe una gran variedad de sensores MQ. Cada modelo está diseñado para detectar una o más sustancias, pensadas para un uso específico, como por ejemplo detección gases inflamables, calidad del aire o detección de alcohol en aire respirado.



Los sensores de gases MQ suelen proporcionarse con una placa de medición estándar con el comparador LMC662 o similar, que permite obtener la lectura tanto como un valor analógico, como un valor digital cuando se supera un cierto umbral regulado a través de un potenciómetro ubicado en la placa.

Los sensores de gases deben ser calibrados antes de obtener una medida precisa. Aun calibrados estos sensores no disponen de la garantía necesaria para formar parte de un sistema de seguridad.



Los sensores MQ están compuestos por un sensor electro-químico que varía su resistencia al estar en contacto con las sustancias.

Los sensores de gases son dispositivos con alta inercia, es decir, la respuesta necesita tiempos largos para estabilizarse tras un cambio de concentración de los gases medidos. Ello es debido a la necesidad física de que el gas abandone el material sensible, lo cual es un proceso lento.

Todos los modelos MQ disponen de un calentador necesario para elevar la temperatura del sensor, y que sus materiales adquieran la sensibilidad. Mientras el calentador no alcance la temperatura de funcionamiento, la lectura del sensor no será fiable.

El tiempo de calentamiento depende de cada modelo de sensor. En la mayoría de modelos es suficiente para con unos pocos minutos pero algunos modelos requieren hasta 12 y 48 horas hasta obtener mediciones estable.

Por otro lado, cada modelo necesita su propia tensión para alimentar el calentador. En muchos modelos esta tensión es de 5V, pero algunos modelos tienen condicionantes especiales para la alimentación.

El consumo de los sensores MQ puede ser elevado debido al calor necesario para funcionar el calentador, que puede llegar hasta 800 mW en algunos modelos. Esto es superior a la potencia que puede suministrar el regulador de Arduino, por lo que será necesario proporcionar una fuente de alimentación externa.



A continuación, tenéis una tabla de resumen con los distintos modelos de sensores disponibles, los gases a los que son sensibles, y algunos datos sobre el calentador.

No obstante, consultar detalladamente el Datasheet de cada sensor MQ particular antes de emplearlo para detallar sus especificaciones técnicas, especialmente la tensión de alimentación del calentador, el tiempo de calentamiento, y la curva de sensibilidad del sensor.

Modelo	Sustancias detectadas	Calentador
MQ-2	Metano, butano, GLP, humo	5V
MQ-3	Alcohol, Etanol, humo	5V
MQ-303A	Alcohol, etanol, humo	0.9V
MQ-4	Metano, gas natural comprimido (GNP)	5V
MQ-5	Gas natural, GLP	5V
MQ-6	Butano, GLP	5V
MQ-306A	Butano, GLP	0.9V

MQ-7	Monóxido de carbono	Alternado 5V y 1.4V
MQ-307A	Monóxido de carbono	Alternado 0.2 y 0.9V
MQ-8	Hidrógeno	5V
MQ-9	Monóxido de carbono, gases inflamables	Alternado 5V y 1.5V
MQ-309A	Monóxido de carbono, gases inflamables	Alternado 0.2 y 0.9V
MQ-131	Ozono	6V
MQ-135	Benceno, alcohol, humo, calidad del aire	5V
MQ-136	Ácido sulfhídrico	5V
MQ-137	Amoniaco	5V

MQ-138	Benceno, tolueno, alcohol, acetona, propano, formaldeido, hidrógeno	5V
MQ-214	Metano, gas natural	5V
MQ-216	Gas natural, gas carbón	6V
MG-811	Dióxido de cargono	6V
AQ-104	Calidad del aire *	
AQ-2	Gases inflamables, humo	
AQ-3	Alcohol, Benceno	
AQ-7	Monóxido de carbono	

\* Conviene amplificación