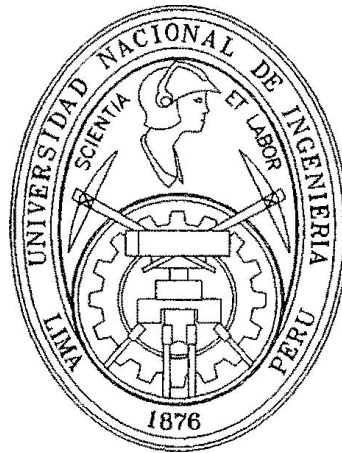


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

(Antigua Escuela Nacional de Ingenieros)

FACULTAD DE MINERIA



“GASES DE MINA”

Proyecto de Grado presentado por el Ex - Alumno

MARINO L. VILLARREAL TINOCO

Para optar el título de INGENIERO DE MINAS

PROMOCION 1958

“Ingeniero Carlos A. Pareja”

LIMA - PERU

1962

I N D I C E

CAPITULO I

	Pág.
El aire atmosférico:	1
-Generalidades	
-Composición	
-Consumo de aire	
-Velocidad y volúmen aproximados de respiración y de oxígeno consumido por el hombre.	
Aire normal de mina	4
-Generalidades	
-Composición.	

CAPITULO II

Gases en las minas metálicas y no metálicas:	6
Oxígeno:	
-Generalidades	
-Deficiencia de oxígeno	
-Detección: Indicador Fyrite de Oxígeno MSA.	
Nitrógeno:	10
-Generalidades	
-Detección	
-Tratamiento.	
Anhidrido Carbónico:	12
-Generalidades	
-Hechos a cerca del anhidrido carbónico	
-Detección : Indicador Fyrite de Anhidrido Carbónico	
-Tratamiento.	
Monóxido de Carbono:	15
-Generalidades	
-Hechos a cerca del monóxido de carbono	
-Efectos fisiológicos	
-Detección:Canarios y ratones	
-Detector Colorimétrico de CO. MSA.	
-Detector Colorimétrico de CO-Saf-CO-Meter (solo en mención)	

	Pág.
Hidrógeno Sulfurado:	24
-Generalidades	
-Efectos fisiológicos	
-Detección: Detector de Acido sulfhídrico MS A. (solo en mención)	
-Tratamiento.	
Anhidrido Sulfuroso:	26
-Generalidades	
-Efectos fisiológicos	
-Detección: Detector de Anhidrido S ulfuroso(solo en mención)	
-Tratamiento.	
Acetileno:	28
-Generalidades	
-Tratamiento.	
Metano:	30
-Generalidades	
-Efectos fisiológicos	
-Explosiones por metano	
-Detección:-Lámparas de llama de seguridad:	
a.-De Koehler	
b.-De Wolf.	
-Detectores eléctricos:	
a.-Detector Indicador W-8-MS A.	
b.-Detector Indicador E-2-MS A.	
c.-Detector Indicador Riken, tipo 17 NMS C.	
d.-Detector alarma tipo lanza deste- llos MS A. (Todos únicamente en mención)	

C A P I T U L O I I I

Respiradores:	37
-Definición	
-Clasificación:	
a.-Respiradores con abastecimiento de aire por linea	
b.-Respiradores con abastecimiento propio de oxígeno	
c.-Respiradores de filtro mecánico o químico.	

- Cualidades de un respirador
- Esterilización de un respirador.

Aparatos de Respiración de Oxígeno Completo 40

- Generalidades
- Finalidad.

Aparato McCaa: 42

- Generalidades
- Partes principales:
 - Botella de oxígeno
 - Válvula de reducción
 - Bolsa de respiración
 - Mordaza
 - Purificador.

- Otras partes:
 - Tubo de emergencia
 - Manómetro
 - Coraza metálica.

- Descripción de operación
- Consumo de oxígeno
- Acumulación y eliminación del nitrógeno
- Prueba de eliminación del nitrógeno
- Eliminación del anhídrido carbónico
- Prueba de alta, intermedia y baja presión.

Aparato "Chemox" (Autogenerador) MSA. 51

- Generalidades
- Partes principales:
 - Careta
 - Tubos de inhalación y exhalación
 - Canister
 - Bolsa respiratoria
 - Regulador de tiempo
 - Correaaje.

- Principio de operación
- Uso y mantenimiento
- Precauciones.

Máscara "All Service" Nuevo Modelo "S"MSA. 55

- Generalidades
- Principio de operación
- Usos y sus limitaciones
- Tiempo de servicio de los canisters
- Pruebas de ajuste
- Varios
- Modernización de máscaras del tipo antiguo.

	Pág.
Self Rescuer:	60
-Generalidades	
Self Rescuer Tipo 1447 MSA.	61
-Descripción de operación	
-Precauciones.	
Limitaciones en el uso de los aparatos de respiración de oxígeno.	62

C A P I T U L O I V

Asfixia:	64
-Definición	
-Causas	
-Tratamiento	
Shock:	66
-Definición	
-Causas	
-Sígnos exteriores: -Apariencia del paciente	
-Examen del paciente.	
-Tratamiento: -Calor	
-Posición del paciente	
-Uso de estimulantes.	
-Tratamiento del shock cuando la cara está amora-	
tada (cianótica) o roja y el pulso es fuerte y	
rápido.	
-Tratamiento del shock cuando la cara está azul	
(cianótica) y el pulso es generalmente débil y rápido	

C A P I T U L O V

Métodos de primeros auxilios	72
Respiración artificial:	
-Definición	
-Casos en que se usa	
-Preparación de la víctima	
-Tratamiento durante la recuperación	

-Métodos de respiración artificial:

- a.-Método de Holger Nielsen
- b.-Método de Schafer
- c.-Método de Silvester.

C A P I T U L O VI

Ventilación	81
Cálculo de Ventiladores:	
-Generalidades	
-Cantidad de aire	
-Cálculo del espesor del ducto	
-Cálculo del diámetro del ducto	
-Cálculo de la potencia del motor.	
CONCLUSIONES	88
BIBLIOGRAFIA	90

NOTA PRELIMINAR

Tres motivos me obligaron a escoger y preferir -para su desarrollo y planteamiento- el tema del presente proyecto de grado. En primer lugar, la importancia vital del asunto tratado y, fundamentalmente, su poco conocimiento entre los estudiantes de Ingeniería de Minas; luego, la casualidad y circunstancia de haber sufrido asfixia por deficiencia de oxígeno en la Mina "Colquijirca", de propiedad de la Sociedad Minera "El Brocal" S. A., con juntamente con los Ingenieros Godofredo Murillo P. y Marino S. García Castillo; y, finalmente, el hecho de haber efectuado prácticas con "Self Rescuer" y "Chemox", en la detección del monóxido de carbono, en la Mina Lourdes, de la Cerro de Pasco Corporation, con instrucciones del Ingeniero Raúl Ramos Castro.

En tal sentido, comprendiendo la inmensa complejidad del asunto, no escatimé esfuerzo alguno para conseguir el envío de publicaciones, catálogos y folletos, las mismas que me fueron proporcionadas por las instituciones norteamericanas: BUREAU OF MINES, CONSEJO INTERAMERICANO DE SEGURIDAD y MINE SAFETY APPLIANCES COMPANY. No cabe referencia ni ilustración alguna sobre aquellas. Basta la indicación de que, el presente proyecto de grado hubiese sido incompleto, de no haber efectuado las consultas necesarias en las fuentes bibliográficas señaladas.

No pienso, ni quiero creer que este trabajo sea cabal y completo; pero si abrigo la certidumbre y confianza de haber logrado a través de su sencillez y claridad, un elemento de consulta y

ayuda para las futuras generaciones y, es a ellas a quienes toca jalonar los hitos incompletos y los vacíos que se hallaren.

Motivos ajenos a mi voluntad, posibilitaron que en este proyecto bosqueje la correspondiente mención y descripción de sus características y funcionamiento, solamente, de los aparatos fabricados por Mine Safety Appliances Co. que, en nuestro medio son del mayor y corriente uso. Esto no quiere decir ni significar que, los similares fabricados por DRAEGER WERK, de Lubeck, Alemania, -tan divulgados en todo Europa- sean inferiores. Debo hacer la referencia e indicación necesaria de que, tales aparatos de manufactura alemana he llegado a conocerlos más que por referencias del Ingeniero de Minas de aquella nacionalidad, Robert Rother; y, ojalá que, en un futuro no muy lejano podamos contar en nuestros centros mineros de tales aparatos, -porque dentro de la variedad se encuentra la calidad- a fin de establecer las necesarias comparaciones y utilizar en realidad, las mejores. Solo de este modo, -declaro enfáticamente- se puede asegurar el capital humano que labora en las entrañas de nuestro riquísimo y providencial suelo, sirviéndonos al mismo tiempo de vitales elementos de seguridad en nuestra faena diaria.

La materia que desenvuelvo es, a todas luces, necesaria de ser considerada y orientada con un criterio técnico, a fin de conseguir la coadyuvante tarea de colaborar con los dispositivos legales que tutelan nuestro ordenamiento jurídico. En tal sentido, manifiesto que, el trabajo que me embarga lo desenvuelvo en cinco capítulos. En el primer capítulo, presento el medio ambiente en el

cual se labora en las tareas propias de la mina, haciendo resaltar que el aire atmosférico juega un importante papel en la dinámica de la brega minera, destacando su composición, el consumo de aire necesario y, sobre todo, la velocidad y volúmen aproximados de respiración y de oxígeno consumido por un hombre en sus tareas propias; y, paralelamente analizo las generalidades y la composición del aire normal de la mina.

En el segundo capítulo, analizo los distintos gases que existen en las diferentes minas, deslindando por un lado, las minas metálicas; y, por otro lado, las minas no metálicas, cuidando esencialmente de presentar a los distintos gases en sus generalidades, forma de detección y el tratamiento a que se deben sujetar las personas expuestas a cualquiera de los gases, en resguardo del capital humano y para cuyo efecto, señalo ciertas instrucciones y medidas a tenerse en cuenta.

En el tercer capítulo, abordo la temática de los llamados respiradores, en un intento de centrar una definición, no sin antes destacar su importancia, su clasificación y al mismo tiempo, las cualidades, eficiencia y esterilización a las que se debe someter a tales implementos. Luego, en forma ordenada trato sobre los aparatos de respiración de oxígeno, desenvolviendo en sus generalidades y su finalidad de uso; así como también, sobre el aparato McCaa, presentándolo en sus aspectos generales, sus partes, su manejo y otras consideraciones que hay que tener en cuenta. También en este mismo cuerpo orgánico del trabajo, estudio el aparato Chemox Autogenerador MSA, la Máscara "All Service" Nuevo Modelo "S"

MSA.; la Self Rescuer 1447-MSA, presentándonos igualmente, en sus líneas generales de descripción, los principios rectores de su manejo, tiempo de servicio y otras medidas precautorias y de seguridad.

En el cuarto capítulo, desenvuelvo las ideas medulares sobre la asfixia y el shock; cuidando de analizar sus causas y fundamentalmente los síntomas y el tratamiento adecuado que hay que considerar para cada uno de estos casos.

En el capítulo quinto, presento los métodos de primeros auxilios y sobre todo los casos en que se precisa el uso de la respiración artificial; al mismo tiempo que, indico las consideraciones necesarias sobre la preparación de la víctima, el tratamiento y los métodos de respiración a usarse en estos casos, indicando -indispensablemente- las medidas precautorias que hay que tener en cuenta para cada caso en particular.

Finalmente, en el capítulo sexto, desarrollo metódicamente el problema que plantea la ventilación en un túnel de mina y, dada las circunstancias especiales de la labor minera expongo los aspectos más sobresalientes en el específico caso que trato. De tal manera que, expongo las ideas esenciales sobre cálculo de las características de un ventilador, y las del ducto a usar, basándome en las fórmulas del caso y las características del túnel donde me cupo laborar.

Y, para concluir, señor Decano y Honorables Miembros del Jurado de esta Alta Casa Científica del País, ruégoles dar su aprobación al presente proyecto de grado y, señalarme al mismo tiempo, el mejor derrotero y los hitos de inquebrantable senda,

déstaendo -como es de suponer- los posibles errores hallados en la temática, a fin de llevar adelante y por mejores realizaciones el cumplimiento de la tarea que nos señala el futuro de nuestra Patria a los hombres capacitados en el terreno científico y a los que llevamos en el alma y en los surcos de la sangre los sentimientos de Humanidad, Paz, Seguridad y Justicia Social. Sólo de este modo, es comprensible la idea que la Patria y su destino se hacen a base de planteamientos alturados, honestos y posibles de realización, cuando se cuenta con el elemento humano, capaz de realizar lo sin desmayar ni caer en componendas que enturbien el destino de las generaciones futuras.



Marino L. Villarreal Tinoco

Lima, 26 de julio de 1962.

DEDICATORIA:

Con el más sublime y puro cariño
al más grande y eterno amor de mi
vida: mi adorada madre señora doña
ZOYLA TINOCO VIUDA DE VILLARREAL,
maestra incansable de mi niñez y
juventud, quien con inmenso sacri-
ficio e inquebrantable decisión
supo legarme mi abnegada y honrosa
profesión de INGENIERO DE MINAS.

A la memoria de mi señor padre
don SILVANO VILLARREAL CORDOVA

Con mucho cariño a mis hermanos:
Manuél Jesús, Felipa V. de Obre-
gón, Natividad, Sandra Luz, Ju -
lián Eladio, mi sobrino David
Adolfo y mi hijo Gustavo Adolfo.

AGRADECIMIENTO

Mi profundo agradecimiento a todos mis profesores, quienes fueron ejemplo y guía de mi formación profesional.

Agradecimiento especial merece el Ingeniero Mario Samamé B., actual Rector de la Universidad Nacional de Ingeniería, quién durante el desempeño de sus altas funciones como Decano de la Facultad de Minería, prestó al autor del presente trabajo, ayuda las veces que se la solicitara.

Mi más profundo y eterno agradecimiento a mi hermano Manuel Jesús, Estudiante del Quinto Año de la Facultad de Derecho de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos; sin cuya sacrificada pero noble ayuda, me hubiese sido imposible culminar con un gran anhelo: profesionalizarme como Ingeniero de Minas.

A la Sección Femenina de "The American Institute of Mining and Metallurgical Engineers", especialmente a la señora Mina de Burges, quién por recomendación de los Ingenieros Julio S. Tamayo y Hernán Arévalo, me acordó una beca en la Facultad de Minería.

A las Instituciones norteamericanas:

- Bureau of Mines, United States Department of the Interior,
- Consejo Interamericano de Seguridad; y,
- Mine Safety Appliances Company,

las dos primeras que, norman y rigen el uso de los aparatos detectores y los usados en operaciones de salvataje y rescate en las diferentes industrias; y, la última que es fabricante de tales aparatos.

tos.

Al señor William F. Mc Intyre, Director del Departamento de Seguridad e Higiene Industrial de la Cerro de Pasco Corporation, por haberme proporcionado el "Curso de Salvataje Minero", y al Ingeniero Andrés Ugarte, Jefe de Ventas de Equipos Mineros de Custer & Thommen, por la gentileza que tuvo en enviarme catálogos y folletos muy importantes para la preparación de mi tesis.

Agradecimiento aparte a mi distinguido Profesor el Ingeniero Manuel Llosa P., por cuyas enseñanzas no tuve dificultades en el ejercicio de mi profesión de Ingeniero de Minas. De igual manera, a mi brillante Profesor Ingeniero General de División José del Carmen Marín, militar digno, por haber sido mi guía y consejero durante mi vida estudiantil.

Van mis agradecimientos a los Ingenieros de Minas: Robert Rother, Luis Alberto Ramos; y, a los Médicos Gustavo Elera y Santiago Velazco, por las sugerencias valiosas que me hicieron en la parte técnica y médica, respectivamente del presente proyecto de grado.

No quiero concluir, sin antes ofrecer mi gratitud eterna a las nobles aulas del primer Centro Científico del Perú: la UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA: Alma mater de los Ingenieros: hombres llenos de ciencia, técnica y arte, que son los únicos llamados a traer la grandeza o ruina de esta Patria, que ahora más que nunca necesita del concurso de ellos.

C A P I T U L O I

EL AIRE ATMOSFERICO

Es el elemento que respiramos. Forma parte de la atmósfera que rodea la tierra y, merced a él se hace posible la vida de los seres. Carece de olor y sabor. Es comburente.

Composición.- El aire puro y seco, al nivel del mar tiene la siguiente composición: (1)

Elementos	En volumen (%)
Oxígeno	20.95
Nitrógeno	78.09
Anhidrido Carbónico	0.03
Argón	0.93

También se hallan presente, indicios de helio, neón, kriptón y xenón ; pero, tanto estos gases como el argón aparecen generalmente comprendidos en el contenido de nitrógeno, por la característica que tienen de ser química y fisiológicamente inertes. Por lo tanto para todos los fines prácticos se les puede considerar como parte del "nitrógeno atmosférico"

El aire de la mina, además contiene 1% o más de vapor de agua; dependiendo este hecho de la temperatura, presión barométrica, presencia de agua en el estado líquido para formar vapor y el contenido de humedad del aire de entrada a la mina.

De todos los elementos constituyentes del aire atmosférico, el que tiene mayor importancia es el oxígeno, por ser el elemen-

(1) W. J. Humphreys; "Física de aire"

to aprovechable por el organismo para mantener la vida y la combustión.

La misión del nitrógeno, es únicamente diluir el oxígeno pues este último elemento, cuando se encuentra puro es irrespirable. Basta sólo 48 horas para que cualquier persona deje de existir, respirando oxígeno puro.

La importancia que tiene el aire en las labores mineras es desde luego mayor que en ambientes normales, debido a que en aquellas hay zonas sin suficiente ventilación, lo que trae consigo como es lógico- la disminución del porcentaje de oxígeno por debajo del límite que el organismo necesita para subsistir. Además, porque el aire de las minas puede estar contaminado de gases tóxicos, sofocantes, explosivos o venenosos, todo lo cual constituye un constante peligro para la salud y la vida misma en caso de no tomarse las precauciones necesarias.

Las razones anteriormente indicadas, nos hace pensar, en la importancia vital que tiene el aire en las labores subterráneas, motivo por el cual se debe dar a aquellas, la ventilación natural o forzada convenientemente adecuada y que en lo posible trate de sustituir la natural.

Consumo de aire.- La cantidad de aire que necesita un hombre para subsistir, está en función directa del trabajo que realiza y de la constitución física de aquel. De allí que, una persona normal, que pese 75 kilos consume 7 litros de aire por minuto cuando está en reposo y 100 litros, cuando realiza un trabajo fuerte. En general, una persona normal necesita para la respiración un

promedio de 50 litros de aire por minuto.

Solamente del 10 al 35 % de oxígeno del aire inhalado por los pulmones, es el consumido por un hombre en condiciones normales. El aire exhalado contiene de 2.6 a 6.5 % de anhídrido carbónico, que juntamente con el oxígeno no usado y el nitrógeno, es eliminado de los pulmones por exhalación.

VELOCIDAD Y VOLUMEN APROXIMADOS DE RESPIRACION Y DE
OXIGENO CONSUMIDO POR EL HOMBRE. (2)

Grado de Actividad	Respiraciones por minuto	Aire inhalado en cada respiración.		Aire inhalado por minuto		Oxígeno consumido por minuto	
		pulg. ³	cm ³	pulg. ³	cm ³	pulg. ³	cm ³
En reposo	15	28	459	470	770	14	229
	17.1	37	606	634	10389	20	328
Ejercicio Moderado	14.7	78	1278	1135	18559	48	786
	19.5	252	4129	3715	60828	155	2440
Ejercicio muy vigoroso	27	140	2294	3780	61943	128	2133
	33	163	2671	4700	77019	195	3195

Es también interesante señalar que, un trabajo puede continuarse en una atmósfera que contenga menos del 16.25 % de oxígeno; pero, al exponerse a concentraciones entre 16.25 y 12.50 % de oxígeno, la sangre no puede absorberlo plenamente, y entonces se afectan los centros superiores del cerebro y se perturba el juicio.

(2) Y. Henderson - J. W. Paul; "Los Aparatos de oxígeno para Salvamento en las minas y sus efectos fisiológicos en quién los usa"

El hombre no pierde el conocimiento si no cuando el contenido del oxígeno queda muy por debajo del 13 %; por estas razones nadie deberá intentar entrar o permanecer en una atmósfera en la que no puede arder la llama de una vela o de una lámpara de seguridad, a menos que la persona lleve un aparato de respiración.

AIRE NORMAL DE MINA

Se considera como Aire Normal de Mina, el que no resulta dañino al respirarlo y que no contiene proporciones peligrosas de gases inflamables.

La composición del aire normal de mina que se ha encontrado en muestras representativas, tomadas en minas norteamericanas, no discrepa mucho del que está en atmósferas despejadas y su calidad no suele quedar por debajo de la que se indica en tabla que sigue:

COMPOSICION DEL AIRE NORMAL DE MINA (%)

Gases constitutivos.	Promedio de todas las muestras.	Hallado con mayor frecuencia.
Oxígeno	20.62	20.76
Nitrógeno	79.19	79.16
Anhidrido Carbónico	0.19	0.08

El primer análisis, es el promedio de numerosas muestras tomadas y analizadas por el Bureau of Mines. Se tomaron en el aire normal de minas metálicas. Las concentraciones "mediás" de cada uno de los constituyentes gaseosos, tal como se indica en la tabla

constituida por el análisis "promedio" no representa obligatoriamente el aire de mina existente en toda ella, ni la atmósfera que probablemente sea más normal en la mina.

Los porcentajes "más probables" que se indican, son los que se encuentran en el mayor número de muestras sacadas de minas representativas. Los análisis que se dan fueron determinados por el Bureau of Mines en un estudio de las atmósferas de distintos tipos de minas subterráneas.

El Bureau of Mines considera que el aire de cualquier mina deja de ser apropiado para el hombre cuando contiene menos del 10% de oxígeno, más del 1% de anhídrido carbónico o cualquier cantidad nociva de gas tóxico y recomienda que las minas estén ventiladas con aire que contenga no menos del 19.5% de oxígeno, ni más del 0.05% de anhídrido carbónico y sin ninguna cantidad dañina de gases nocivos o peligrosos.

C A P I T U L O I I

GASES EN LAS MINAS METALICAS Y NO METALICAS

OXIGENO

Fórmula química = O_2

Peso Molecular = 32.0000

Densidad = 1.10529

Temperatura Crítica = $-119^{\circ} C$

Peso de un litro de oxígeno = 1.429 gramos

El oxígeno, es un gas incoloro, inodoro, no venenoso. En el aire, es el gas que sustenta la vida y la combustión. Es el gas más importante de los contenidos por aquel, sin el cual sería imposible subsistir.

Es obvio indicar que el hombre respira y trabaja mejor cuando el contenido de oxígeno en el aire es alrededor del 21 %.

Es claro que puede vivir y trabajar, aunque no tan bien, donde haya menos oxígeno.

Coeficiente de absorción ($^{\circ}$) del oxígeno en agua según L. W. Winkler.

Temperatura	($^{\circ}$)
0 $^{\circ}$	0.04890
5 $^{\circ}$	0.04286
10 $^{\circ}$	0.03802
15 $^{\circ}$	0.03415
20 $^{\circ}$	0.03102
25 $^{\circ}$	0.02831
30 $^{\circ}$	0.02608
35 $^{\circ}$	0.02440
40 $^{\circ}$	0.02306
45 $^{\circ}$	0.02187
50 $^{\circ}$	0.02090
55 $^{\circ}$	0.02012

El oxígeno es absorbido por los globulos rojos y llevado por éstos a todas partes del cuerpo. Reacciona con el carbono de las sustancias grasas; producto de esta reacción es la combus -

ción, que mantiene la temperatura del cuerpo y con esto la vida misma. El anhídrido carbónico es el resultado de aquella combustión.

Deficiencia de oxígeno.- Se llama así, a cualquier disminución en el porcentaje de oxígeno dentro de la composición normal del aire atmosférico.

Entre las causas principales para la producción de esta deficiencia, se pueden citar:

- a.- Oxidación de los minerales,
- b.- Mezcla con otros gases. Esto, cuando se producen explosiones o incendios, disparos o emanaciones de gases de rocas,
- c.- Consumo de oxígeno por el hombre, animales, plantas y llamas;
- d.- Ventilación insuficiente.

Detección.- Cuando la ventilación es deficiente, el aire de la mina, puede estar falto de oxígeno y sobrado de anhídrido carbónico. En este sentido el Bureau of Mines recomienda que se considere que el aire de la mina es inapropiado para ser respirado cuando aquel contenga menos del 19 % de oxígeno.

El oxígeno, no puede ser determinado cuantitativamente más que por medio de un aparato para análisis de gases.

Un instrumento seguro para detectar deficiencias de oxígeno es la lámpara de seguridad, cuya llama, al igual que el de la vela, se extingue cuando el aire contiene como un 16.25 % de oxígeno. En el caso de que se sospeche la existencia de gases combustibles, deberá proscribirse el uso de todas las lámparas de llama abierta y usar únicamente una lámpara de seguridad bien ajustada.

La llama de una lámpara de carburo se apagará sólo cuando el aire contenga alrededor de 12.50 % de oxígeno.

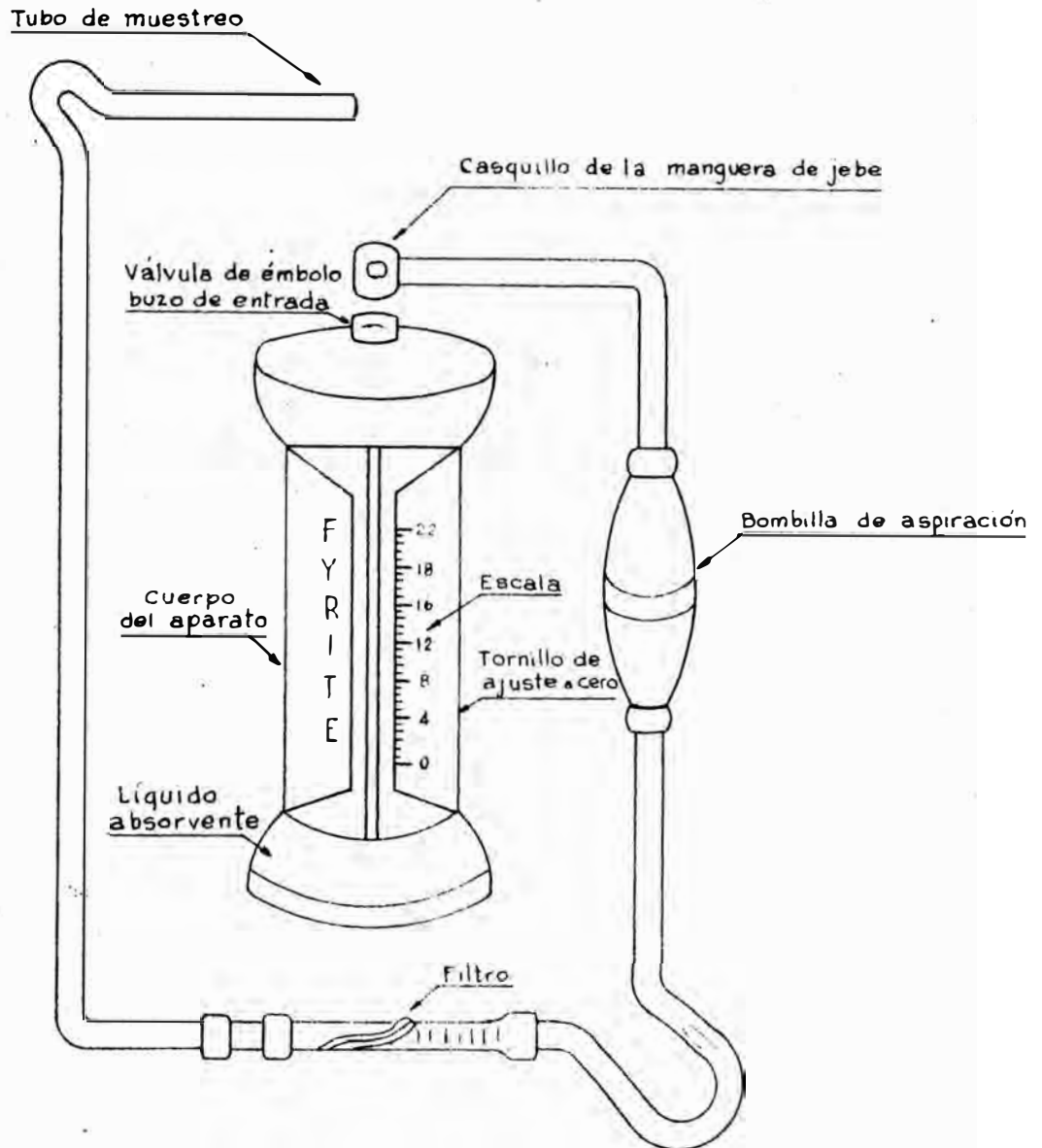
El instrumento más práctico usado con este fin es el Indicador Fyrite de Oxígeno, de manufactura norteamericana, fabricado por la Bacharach Industrial Instrument Co., Pittsburgh. Este detector debe ser usado a la temperatura ambiental, esperando unos minutos antes de efectuar la primera lectura. Esta operación se hace con el fin de evitar errores en la determinación de oxígeno.

Instrucciones para el uso del Indicador Fyrite de Oxígeno.- Antes de usar se este aparato se deben seguir las siguientes instrucciones: En primer lugar, se hará el ajuste del cero de la escala en la siguiente forma: invertir el aparato, a fin de que todo el líquido fluya a la cavidad superior. Luego volver a la posición normal, inclinándolo primeramente más o menos a 45°, para facilitar el retorno del líquido a la cavidad inferior. En estas condiciones se debe presionar, con un dedo, el émbolo-buzo hasta colocar el aparato en posición vertical, entonces quitar el dedo. Si el menisco del líquido no está exactamente en el cero, aflojar el tornillo que posee el aparato con tal fin y, colocarlo en dicha línea.

Sacar el filtro y humedecerlo con agua, ajustando luego las conexiones.

Colocar el tubo de muestreo al lugar donde se va a tomar la muestra.

Colocar el casquillo del tubo de jebe a la válvula de émbolo-buzo de entrada, presionándolo hacia abajo hasta el límite,



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 Facultad de Minería

INDICADOR FYRITE DE OXIGENO "B.I.Co."

Proyecto De Grado Presentado Por:
 Marino L. Villarreal Tinoco

siempre sosteniendo el instrumento vertical con el casquillo de la manguera ajustada. Ahora, comprimir y soltar la bombilla del aspirador 18 veces, en rápida sucesión. Antes de aflojar la bombilla en la última compresión, quitar el casquillo de la manguera permitiendo a la válvula de émbolo-buzo regresar a su posición original; entonces la muestra queda encerrada dentro del instrumento. Invertir el instrumento hasta que todo el líquido fluya hacia abajo; volver a su posición inicial para que regrese el líquido. Para asegurarse una completa absorción, debe realizarse esta operación por lo menos 4 veces. Inclinar más o menos 45° por cinco segundos para escurrir el exceso de líquido de las paredes.

En estas condiciones, sosteniendo el aparato en posición vertical, se debe leer en la escala la altura del menisco. Tal lectura es el porcentaje de oxígeno contenido en la muestra.

Después de haber efectuado la lectura, se debe presionar sobre la válvula de émbolo-buzo, permitiendo al menisco de la columna del líquido regresar a cero. Es así que el aparato está listo para usarse nuevamente.

Instrucciones útiles.- El líquido absorbente debe ser reemplazado después de 50 a 75 pruebas. El color de la solución no es una indicación de que su propiedad absorbente haya sido agotada. Cuando se sospeche que la solución, no esté en condiciones de usarse nuevamente, es decir esté agotada, ésta debe ser sometida a la prueba siguiente: luego de tomada una muestra, leer el porcentaje de oxígeno de aquella, invertir el aparato;

después de esto, si la lectura nueva es diferente de la obtenida con la primera, la solución debe ser cambiada y, nunca ser usada, nuevamente.

A veces, debido a la pérdida del líquido absorbente por evaporación, la altura del líquido no corresponde al cero de la escala. Entonces se debe agregar una pequeña cantidad de agua a través de la válvula de entrada, hasta obtener que la altura del menisco alcance el cero de la escala. Esta adición no afecta la precisión del instrumento.

El cero debe ser siempre ajustado después de cada lectura de la manera ya indicada. Debe tenerse cuidado de no invertir el aparato con la válvula de émbolo-buzo presionada, porque el líquido se escapa. La solución es dañina a la piel y la ropa.

El instrumento, luego de ser usado, debe ser limpiado con agua tibia jabonosa. No se debe usar ninguna otra solución para efectuar esta limpieza.

NITROGENO

Fórmula Química = N_2

Peso Molecular = 28.016

Densidad = 0.96727

Temperatura Crítica = $-149^{\circ} C$

Peso de un litro de nitrógeno = 1.2505 grms.

Es un gas incoloro, inodoro e insipido. No venenoso. No es combustible, ni mantiene la combustión. Tampoco la vida puede subsistir en atmósferas de nitrógeno puro. Cuando se le respira, asfixia al ser humano de manera muy parecida a como lo hace el agua.

Siempre los gases irrespirables más ligeros que el aire

están constituidos por nitrógeno y, debido a su gravedad específica pequeña, se les encuentra en las partes altas. El nitrógeno, mezclado con el oxígeno en proporción aproximada de 79 % de aquel con 21 % del segundo, como se le encuentra en el aire atmosférico común y corriente, la misión única y exclusiva del nitrógeno es diluir el oxígeno, para ser respirado con normalidad.

Se le encuentra por desprendimientos de los estratos de rocas en algunas minas y también por el consumo del oxígeno del aire o por alguna otra forma de combustión, especialmente por la de los explosivos.

Coeficiente de absorción ($^{\circ}$) del nitrógeno en
el agua según L. W. Winkler

Temperatura	($^{\circ}$)
0 $^{\circ}$	0.02348
5 $^{\circ}$	0.02081
10 $^{\circ}$	0.01857
15 $^{\circ}$	0.01682
20 $^{\circ}$	0.01542
25 $^{\circ}$	0.01432
30 $^{\circ}$	0.01340
35 $^{\circ}$	0.01254
40 $^{\circ}$	0.01183
45 $^{\circ}$	0.01129
50 $^{\circ}$	0.01087
55 $^{\circ}$	0.01051

El nitrógeno no se puede determinar por los métodos ordinarios de análisis de gases: absorción y combustión, queda siempre después de haber eliminado todos los otros gases y, por consiguiente se le determina por diferencia. (3)

(3) E. P. Treadwell - "Tratado de Química Analítica"

Detección.- El nitrógeno puro apaga inmediatamente la llama de las lámparas de diversos combustibles, incluyendo la de las velas y fósforos.

Es irrespirable cuando no está mezclado con el aire y, si es respirado produce la muerte por asfixia.

Tratamiento.- En primer lugar, deberá sacarse al paciente a un lugar fresco. Si cesó la respiración natural, debe suministrársele respiración artificial.

Si la víctima está inconciente, se le debe suministrar espíritu de amoníaco por inhalación. Es muy importante indicar que, no se produce ningún efecto posterior, en un individuo que se ha recuperado de la asfixia producida por deficiencia de nitrógeno.

ANHIDRIDO CARBONICO

Fórmula Química = CO_2

Peso Molecular = 44.011

Densidad = 1.52904

Temperatura Crítica = 31.5°C

Peso de un litro de CO_2 = 1.97674 grms.

Este gas, llamado también gas de ácido carbónico, es incoloro, inodoro y con ligero sabor ácido. A menudo, se le encuentra mezclado con nitrógeno en las excavaciones sin ventilación. No es combustible, ni sustenta la combustión. Es un estimulante de la respiración. Por consiguiente, es fisiológicamente activo y no se le puede clasificar entre los gases inertes, aunque no es altamente tóxico. Su propiedad de estimulante de la respiración es aprovechada en algunos aparatos para respiración artificial.

Es irrespirable, cuando no está mezclado con el aire y

si es respirado, produce la muerte por asfixia. Sus efectos en orden de sucesión son: dificultad respiratoria, angustia, sensación de asfixia y finalmente pérdida de conocimiento, según Wabner. (4)

Estos efectos fisiológicos son análogos a los que se experimentan en una atmósfera enrarecida en oxígeno.

El anhídrido carbónico es absorbido por el agua en cantidades considerables. Ejemplo 1 cm³ de agua disuelve:

a 0° C	1.7967	cm ³	de	CO ₂
a 15° C	1.0003	"	"	"
a 25° C	0.8843	"	"	"

Es un producto de la oxidación y combustión completa de compuestos orgánicos y de la respiración de hombres y animales. En algunas minas metálicas, ha sido encontrado en estratos de rocas, a menudo en calizas.

El efecto causado por el anhídrido carbónico sobre la llama, es similar al causado por el exceso de nitrógeno o deficiencia de oxígeno en el aire. La llama de la lámpara de carburo es menos susceptible a extinguirse con anhídrido carbónico que las llamas de las velas o de las sustancias grasas.

El anhídrido carbónico sólido (hielo seco) o líquido, se sublima a menos 78.50° C bajo cero (109.3° F). El anhídrido carbónico líquido se emplea con un cartucho especial autorizado para barrenos en carbón (nuevo dispositivo pegador autorizado) y el hielo seco se ha estado usando como fuente de gas inerte para apagar incendios de minas.

(4) G. J. Young "Elementos de Minería"

Hechos a cerca del Anhidrido Carbónico.- La presencia de 0.5 % de CO_2 en el aire normal, causa un ligero aumento en la ventilación de los pulmones; la persona expuesta a esta pequeña cantidad de CO_2 respirará un poco más profundamente y ligeramente más a prisa que estando en aire puro. Si el aire contiene 2 % de CO_2 , la ventilación de los pulmones aumentará en un 50 % aproximadamente. Si el contenido es del 5 %, la ventilación de los pulmones aumentará en 300 %, haciendo que la respiración sea fatigosa; y, un 10 % de CO_2 no puede resistirse más que unos pocos minutos. El CO_2 del aire surte los efectos ante dichos, si su contenido de oxígeno sigue siendo aproximadamente el normal y el sujeto está en reposo. Si va de un lado a otro, o si trabaja, los síntomas mencionados, serán más marcados y resultarán mucho más peligrosos que cuando el hombre está en reposo.

Un bajo contenido de oxígeno en el aire y las temperaturas por encima de 26.67°C (80°F) aumentan los efectos del CO_2 . De manera que, por estas causas, se pueden experimentar síntomas graves en concentraciones aún más bajas que las antes indicadas. Las concentraciones de más del 5 % de anhidrido carbónico suelen ir acompañadas de una apreciable disminución del oxígeno.

Detección.- Debido a su incomburencia, extingue las llamas. Entonces, la llama de la vela, fósforo o lámpara de seguridad son medios para detectar el anhidrido carbónico. Pero, en el caso de sospechar la existencia de gases combustibles, debe emplearse únicamente la lámpara de seguridad, para evitar la producción de explosiones.

Las acumulaciones peligrosas de este gas, pueden ser detectadas también por medio de la lámpara de seguridad, cuya llama se acorta e ilumina menos hasta apagarse, cuando el contenido de oxígeno desciende a 16.25 %. Estas observaciones, deben hacerse en las proximidades del piso y techo. Este ensayo, indica únicamente la falta de oxígeno, que puede ser debido a la presencia de anhídrido carbónico o bien, a la existencia de nitrógeno en cantidades anormales.

También es fácilmente detectable con el Indicador Fyrite de Anhídrido Carbónico, fabricado por Mine Safety Appliances Company, de Pittsburgh, USA. Este, es muy semejante en su construcción al correspondiente del oxígeno.

Tratamiento.- En caso de asfixia por el anhídrido carbónico, el paciente debe ser tratado de idéntica manera que en el caso de asfixia por nitrógeno. Tratarlo por Shock. No hay síntomas posteriores a la recuperación por esta asfixia, más que simplemente un fuerte dolor de cabeza o náuseas.

MONOXIDO DE CARBONO

Fórmula Química = CO	Peso Molecular = 28.011
Densidad = 0. 96702	Temperatura Crítica = -136°C
Peso de un litro de CO = 1.25016 grms.	

Este gas llamado también "tufo de los braseros", es incoloro, inodoro y no irritante.

Normalmente, no se halla presente en el aire; pero, es el producto de la combustión de cualquier materia carbonosa combustible tal como la madera, explosivos o productos de petróleo, en

especial si el fuego es latente o la combustión es incompleta. Se le encuentra en los gases de escape de los motores de combustión interna y en los generados por los explosivos. Se le encuentra sí, siempre durante los incendios en las minas, explosiones de gas y polvo.

Es extremadamente tóxico y venenoso. Es casi insoluble en el agua. Es 10 veces más soluble en el alcohol que en el agua. Es combustible y, el aire que contenga del 12.5 al 75 % de dicho gas, estallará si se inflama.

Su gravedad específica, muy semejante a la del aire, hace que sea muy difícil diferenciarlo de aquel.

Es uno de los gases más peligrosos que tenemos debido a su extrema toxicidad y venenosidad, aún en bajas concentraciones. Es causante del 90 % de los accidentes fatales en los incendios en las minas. En estos casos de incendios, el CO aún en bajas concentraciones, es un indicio de que el fuego continúa, o cuando menos, de que ha estado ardiendo hasta demasiado recientemente.

Como se acaba de decir, es un gas de acción extremadamente peligrosa sobre el organismo humano. Cuando el CO es inhalado, es tomado por la hemoglobina de la sangre, impidiendo que aquella lleve oxígeno a los tejidos. La hemoglobina tiene una afinidad 300 veces mayor por el CO, que por el oxígeno. Consecuencia de esto la absorción del gas venenoso, es bastante rápida. Como la hemoglobina se satura con el CO, el oxígeno en la sangre es reducido proporcionalmente. Si el aire contiene suficiente CO, la muerte sobreviene como resultado de la falta de oxígeno, pero mucho antes de que se alcance este punto, se presentan disturbios físicos muy pronun-

ciados.

Los efectos más comunes de la intoxicación ligera por CO, son: respiración entrecortada, jaqueca, vértigos, debilidad muscular y náuseas. Algunas veces, la exposición a este gas es causa de pérdidas de la memoria y de trastornos visuales, del habla y del oído, hasta de psicosis, de neuritis y parálisis. Sin embargo, estos efectos, no se producen más que con una grave exposición a los efectos del gas y, generalmente tras una pérdida prolongada del conocimiento.

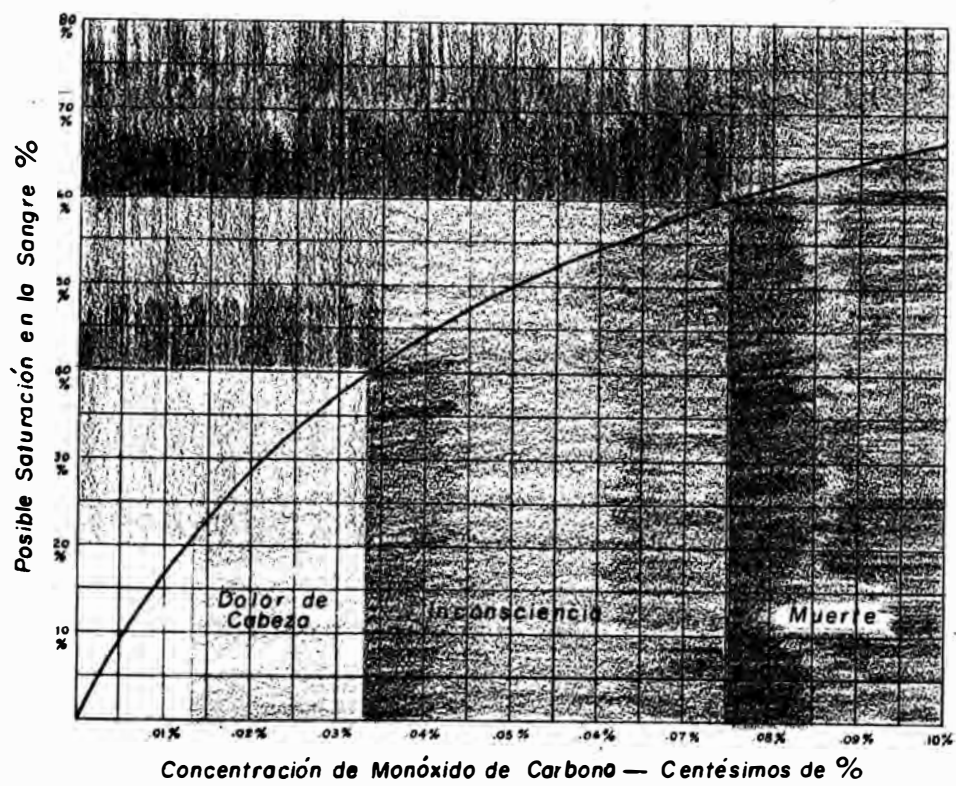
Hechos a cerca del Monóxido de Carbono.- El plano con este nombre muestra las saturaciones de la sangre obtenibles con varias concentraciones bajas de monóxido de carbono y los efectos resultantes en el individuo.

Note esencialmente que pequeñas cantidades de CO son peligrosas. Una concentración de 0.02 (sólo 2 partes en 10,000) puede producir los síntomas primarios característicos: dolores de cabeza, embotamiento mental y laxitud física en pocas horas de tiempo. Desafortunadamente, estos síntomas son muy comunes y frecuentemente no tomados en cuenta.

Una concentración de 0.06 % puede producir dolor de cabeza en menos de una hora y desvanecimientos en dos horas; mientras que, 0.10 % puede producir desvanecimientos en poco más de una hora y ser fatal en cuatro horas.

Concentraciones mayores pueden causar inconsciencia casi inmediata y la muerte en pocos minutos.

Es indudable que no se sientan todos los síntomas en un



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 Facultad de Minería

HECHOS ACERCA DEL MONOXIDO DE CARBONO

Proyecto De Grado Presentado Por:
 Marino L. Villarreal Tinoco

orden señalado, más bien se reduzcan con el incremento de saturación. Un individuo expuesto a concentraciones altas, puede experimentar pocos o ninguno de los síntomas y fallecer casi instantáneamente.

Medidas de resucitación son usadas con éxito con víctimas de envenenamiento con CO en los estados avanzados, si ellas no han estado expuestas muy largo tiempo al gas o a una concentración muy grande. No hay inmunidad natural o adquirida al gas.

Una exposición repetida produce el mismo efecto cada vez.

EFFECTOS FISIOLÓGICOS DEL MONOXIDO DE CARBONO (5)

Porcentaje por volumen de la concentración de CO.	Efectos fisiológicos
0.01	Ningún efecto apreciable tras varias horas de exposición.
0.02	Síntomas de intoxicación leve (jaqueca) tras 1-1/2 hora de exposición.
0.04-0.05	Síntomas de intoxicación a los 3/4 o 1 hora: jaqueca, náuseas y pérdida de conocimiento entre 1-1/2 y 2 horas; peligroso para la vida misma después de 2 horas.
0.08-0.10	Pérdida del conocimiento después de 1 a 1-1/2 horas de exposición; muerte después de dos horas.
0.15-0.20	Fuertes jaquecas, náuseas y pérdida del conocimiento entre 1/2 y 1 hora: fatal después de 1 hora.
0.40 o más	Fatal si se le respira durante un corto tiempo.

Estos son los efectos fisiológicos de las diversas concentraciones de CO y el significado del tiempo de exposición a dicho gas.

(5) Bureau of Mines y National Safety Council - "Circular para Mineros N° 55"

La concentración generalmente reconocida como máxima permisible (6) para una exposición de 8 horas en una atmósfera que contenga monóxido de carbono y la cantidad normal de oxígeno es del 0.01 % (100 partes de monóxido de carbono por un millón de partes de aire por volumen).

Detección.- No es posible detectar monóxido de carbono con la lám-para de carburo o de seguridad de llama, debido a que este gas es muy difusible y se mezcla fácilmente con el aire, no presentando la separación apreciable del nitrógeno y el anhídrido carbónico.

Como detectores de monóxido de carbono, aunque arcaicamen-te, pueden ser usados los canarios y ratones. Según señala el Bu-reau of Mines, los canarios son los más sensibles al CO que otros animales pequeños. Estos, son el mejor sustituto como detectores cuando no se disponen de aparatos para este fin. Aquella institu-ción norteamericana recomienda que en este caso, las brigadas explo-radoras lleven por lo menos tres de estos pájaros. La muerte de u-no sólo de estos animales debe ser considerado ya como índice de la existencia de cantidades apreciables de CO. Es muy interesante, advertir que estos animales no indican deficiencia de oxígeno. Los canarios pueden vivir en atmósferas deficientes de oxígeno, tan bajas como 5 %; pero, tienen muy poca tolerancia para muy ligeras concentraciones de CO, que tienen poco efecto sobre el organismo humano. Los canarios son de 10 a 20 veces más sensibles que el hom-bre, aunque algunos han presentado una ligera mayor tolerancia a este gas. En el caso de usarse estos animales, deben ser llevados

(6) H. F. Cowrad y G. W. Jones-"Límites de inflamabilidad de gases y vapores"

en jaulas para ser observados constantemente. En las primeras trazas de CO, el canario agitará sus alas perdiendo más tarde el equilibrio. Si en estas condiciones, es sacado inmediatamente al aire fresco, podrá esperarse de aquel una recuperación para servir más tarde en otras pruebas. (7).

Como se indicó líneas arriba, también son usados con este fin los ratones, que presentan síntomas de intoxicación con CO y muerte en concentraciones mucho más bajas para ser dañinas al hombre (8).

Como instrumento altamente sensible y capaz de indicar concentraciones tan bajas de CO en un rango de 0.001 a 0.1 % en el aire, tenemos el detector colorimétrico de monóxido de carbono, cuyas partes y manipuleo describiremos.

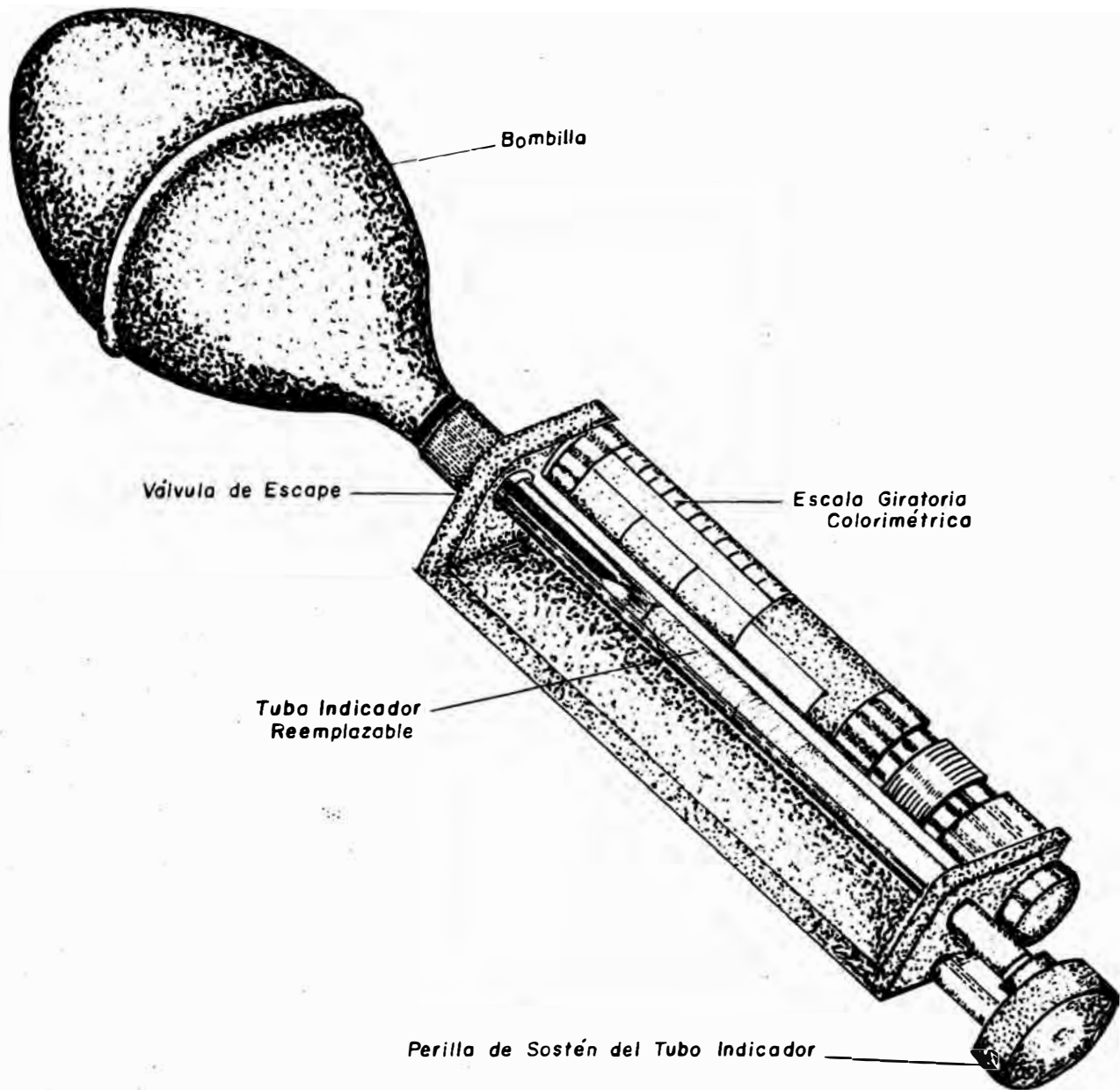
Detector Colorimétrico de Monóxido de Carbono.- Manufacturado por Mine Safety Appliances Company, de Pittsburgh de Estados Unidos.

Es simple y rápido en operación. Provee una indicación exacta de los peligros de CO en las áreas de la mina y puede ser usado sin entrenamiento especial. Es capaz de indicar la presencia de este gas en el aire entre los rangos de 0.001 a 0.1 % en volumen. Da lecturas correctas en presencia de agua y vapor de gasolina. Pesa menos de 1/2 libra.

Partes principales.- Son:

- a.- Tubo indicador,
- b.- Bombilla aspiradora
- c.- Escala de colores giratoria.

(7) (8) G. J. Young "Elementos de Minería"



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Minería

**DETECTOR COLORIMETRO DE MONOXIDO DE
CARBONO M.S.A.**

Proyecto De Grado Presentado Por:
Marino L. Villarreal Tinoco

El corazón de este detector, es el tubo indicador reemplazable, que contiene una sustancia química impregnada de sílice gel, que durante la operación de detección cambia a diferentes tonos verdes. El resto del tubo está ocupado por un protector químico que absorve el vapor de agua, vapor de gasolina y otras sustancias de interferencia en la determinación del CO.

Descripción de la operación.- En uso los extremos sellados del tubo indicador deben ser rotos. Luego, aquel debe ser colocado en el porta-tubo teniendo cuidado de presionarlo con la perilla de sostén. Presionar fuertemente la bombilla y soltarla para permitir que se infle nuevamente. El tiempo necesario para que aquella se infle es de 30 segundos.

Una muestra de aire controlado por un orificio de medida especialmente designado es entonces aspirado por el tubo. Cuando el aire contiene CO, el sílice gel amarillo se torna a diferentes tonos de verde, la intensidad de la cual indica la mayor o menor concentración de CO.

Montado al lado del tubo detector existe una escala de colores giratoria. Los varios tonos mostrados en la escala son fácilmente distinguidos y las concentraciones comparables de CO que ella indica están claramente marcados en porcentaje. Un movimiento con el dedo de la escala de colores giratoria lleva los tonos sucesivamente a posición para una rápida y fácil comparación con la descoloración de la sílice-gel en el tubo detector.

Una succión o bombillada del bulbo del detector de CO, es recomendada, para obtener una indicación aceptada de la concen-

tración de CO en la variación de 0.005 a 0.10 %.

Debe indicarse que, depende del número de bombilladas, la escala que se usará para la comparación, leyendo en la escala 1, 2 o 5 según que las bombilladas hayan sido una, dos o cinco.

Claro está que, si con una bombillada no ha ocurrido cambio de color en la sílice-gel amarilla del tubo indicador, para obtener mayor sensibilidad debe aumentarse el número de bombilladas de una a cuatro veces más y proceder para la lectura, como se indicó antes.

Cuando sea necesario bombillar más de una vez, se debe esperar que trascurren 10 segundos entre las dos bombilladas sucesivas.

Si la comparación del color se efectúa después de tres horas, el resultado debe ser multiplicado por 0.7. Cuando las lecturas son hechas a elevaciones superiores a 5,000 pies sobre el nivel del mar, los resultados deben ser corregidos. El factor de corrección para 14,000 pies o sea 4,200 metros es de 1.7. Esto quiere decir que, las lecturas deben ser multiplicadas por este factor para obtener el porcentaje de CO.

Precauciones generales.- Los tubos indicadores no deben ser expuestos a temperaturas frías antes o durante su uso, siendo así, la función del tubo indicador permanece en buenas condiciones, aún después de largos almacenamientos.

El instrumento en sí, y los tubos indicadores, deben ser protegidos contra la luz que, afecta tanto la escala de colores como los reactivos. El instrumento, especialmente las válvulas, deben

protegerse contra el polvo y los líquidos.

Los tubos indicadores pueden ser usados con éxito aún después de una hora de que los extremos hayan sido rotos, siempre y cuando se note que la sílice-gel no haya cambiado de color.

También es usado como detector el Detector Colorimétrico de CO. Saf-CO-Meter, fabricado por United States Safety Service Co.(9)

Tratamiento.- La víctima debe ser sacada al aire fresco, tan pronto como sea posible. Caso en que la respiración natural (haya cesado, sea débil o intermitente, debe iniciarse inmediatamente la respiración artificial, hasta que la normal sea restablecida

o hasta que se sepa definitivamente que la acción del corazón ha cesado completamente. En la medida de lo posible debe suministrársele oxígeno puro o carbógeno (mezcla de 5 % de anhídrido carbónico y 95 % de oxígeno). Esta mezcla, reduce la severidad y posibilidad de serios efectos posteriores. El oxígeno puede usarse, sino se dispusiera de inhaladores, directamente de botellas, dirigiendo un flujo constante a la cara de la víctima.

Si se encuentra inconsciente se le debe suministrar espíritu de amoníaco por inhalación.

También, es un tratamiento satisfactorio para el envenenamiento con CO, el uso del azul de metileno, que es inyectado en forma intravenosa, siendo administrada únicamente por un Médico.

En este capítulo debe forzosamente indicarse que, la víctima después de su recuperación debe mantenerse rigurosamente bajo observación de un Médico por lo menos 24 horas.

(9) Bureau of Mines "Incendios, gases y ventilación en minas metálicas y no metálicas"

HIDROGENO SULFURADO

Fórmula Química = H_2S

Peso Molecular = 34.082

Densidad = 1.1895

Temperatura Crítica = $100^{\circ}C$

Peso de un litro de H_2S = 1.5378 grms.

Este gas, llamado también "ácido sulfhídrico", "gas hediondo", por su olor característico a huevos podridos. Es un gas incoloro, más pesado que el aire; y, por regla general, es producto de la descomposición de compuestos de azufre (10). Puede también, producirse al quemar explosivos que contengan azufre y, desprenderse asimismo, al utilizar pólvora negra o dinamita en la voladura de sulfuros metálicos. Se le encuentra en muchas minas de yeso.

Este gas es extremadamente tóxico y bastan pequeñas cantidades del mismo para embotar rápidamente los nervios olfativos, pero por fortuna, se le puede descubrir por su olor característico a huevos podridos, antes de que alcance una concentración peligrosa. En todas partes donde exista representa una posibilidad de intoxicación. En ninguna mina, ha sido encontrado en cantidades explosivas, las cuales son entre 4.4 % y 85 % en el aire. También se le encuentra en charcos de agua. Este gas se libera fácilmente del agua que lo contiene. Numéricamente hablando, un pie cúbico de agua puede liberar tres pies cúbicos de hidrógeno sulfurado.

Es un gas muy irritante a los ojos y la garganta. Es más venenoso que el monóxido de carbono. Sin embargo, no es tan peligroso como aquel, debido a que su olor característico de putrefacción lo denuncia fácilmente.

(10) R. R. Sayers - C. W. Mitchell y W. P. Yant - "Los Acidos Sulhídricos como Veneno Industrial".

EFFECTOS FISIOLÓGICOS DEL ACIDO SULFHÍDRICO (11)

Porcentaje, por volúmen, de concentración del H ₂ S	Efectos fisiológicos
0.005 a 0.010	Intoxicación sub-aguda: síntomas ligeros, tales como conjuntivitis leve (irritación de los ojos) e irritación del conducto respiratorio después de una hora de exposición.
0.02 a 0.03	Intoxicación sub-aguda: fuerte conjuntivitis e irritación del conducto respiratorio después de una hora de exposición.
0.05 a 0.07	Intoxicación sub-aguda: peligrosa entre 1/2 y 1 hora.
0.07 a 0.10	Posible intoxicación aguda: pérdida rápida del conocimiento, cesación de la respiración y muerte.
0.10 a 0.20 o más	Intoxicación aguda: pérdida rápida del conocimiento, cesación de la respiración y muerte a los pocos minutos.

La concentración de ácido sulfhídrico generalmente reconocida como máxima permisible en lugares de trabajo es del 0.002 % por volúmen (20 partes de ácido sulfhídrico por un millón de partes de aire) para una exposición de 8 horas (12).

Cuando se detecta ácido sulfhídrico, hay que mejorar inmediatamente la ventilación.

Detección.- El H₂S es un gas extremadamente venenoso, como tal, los instrumentos para detectarlo, deben ser altamente sensibles, porque concentraciones tan pequeñas como 0.02 % pueden causar la muerte. Por su mal olor, el olfato es eficiente para detectarlo, hasta en pequeñas concentraciones. Pero, en caso de altas

(11) W. P. Yant- "Acido Sulfhídrico: Presencia, Efectos y Tratamiento"

(12) American Medical Association Archives of Industrial Hygiene and Occupational Medicine - "Threshold Limit Values for 1953"

concentraciones no debe confiarse del olfato, debido a que este gas tiende a destruir aquel sentido, lo que hace creer a la persona que el peligro ha terminado, cuando en realidad lo que pudo haber sucedido es que la concentración aumentó. En la mina, caso de detectar H_2S , se debe reportar y abandonar el lugar inmediatamente.

Mecánicamente es fácil detectarlo mediante el uso del Detector de Acido Sulfhídrico, fabricado por Mine Safety Appliances Company, de Pittsburgh de los Estados Unidos de Norte América.

Tratamiento.- Es el mismo que en el caso de envenenamiento por CO.

Se debe tener cuidado en cubrir los ojos con una compresa húmeda para prevenir el efecto de la luz por la fotobia, o sea temor a la luz; pues, como los ojos están con el efecto del H_2S , produce dolor intenso de cabeza con la exposición de aquellos a la luz. En todos los casos de intoxicación por este gas, el paciente debe mantenerse bajo observación médica por lo menos durante 24 horas.

ANHIDRIDO SULFUROSO

Fórmula Química = SO_2

Peso Molecular = 64.066

Densidad = 2.2639

Temperatura Crítica = $155^{\circ}C$

Es un gas incoloro, inflamable, asfixiante e irritante. Su gravedad específica, mucho mayor que la del aire, hace que en caso de encontrársele en la mina, tendrá que serlo en el piso de las labores. No es combustible, ni menos mantiene la combustión. Es de un fuerte y penetrante olor sulfuroso.

Se produce aveces por la combustión del azufre en el carbón, igualmente por oxidación de minerales sulfurados. También pue-

de formarse en algunos incendios de minerales sulfurosos. Análisis efectuados de estos lugares han indicado la presencia de 0.04 a 0.12 % de anhídrido sulfuroso. Igualmente, se le encuentra en zonas demasiado calientes como: fundiciones, refinerías y fabricación de ácido sulfúrico.

EFFECTOS FISIOLÓGICOS DEL ANHIDRIDO SULFUROSO (13)

Concentración del
anhídrido sulfuroso,
en parte del mismo,
por millón de partes
de aire.

Efectos fisiológicos

0.3 a 1	Detectable por la mayoría de personas, por el sentido del gusto, más que por el olor.
3 a 5	Olor detectable.
10	Concentración máxima permisible para exposición prolongada.
20	Cantidad mínima que produce tos e irritación inmediata de los ojos,
50	Pronunciada irritación de los ojos, garganta y pulmones, pero que puede soportarse por espacio de varios minutos.
50 a 100	Concentración máxima permisible para una corta exposición (1/2 a 1 hora)
150	Extremadamente desagradable, pero puede soportarse por varios minutos.
400 a 500 (0.04 a 0.05 % por volumen)	Peligrosa, incluso para una exposición corta; puede ser imposible de respirar.

El SO₂, aún en bajas concentraciones, es fuertemente irritante a los ojos, nariz y garganta y, puede causar, por esta propiedad, graves daños a los pulmones si se le inhala en altas concentraciones, a pesar de que éstas pueden ser causa de parálisis

(13) Y. Henderson y H. W. Haggard - "Noxious Gases and Principles of Respiration Influencing Their Action"

respiratoria y de incapacidad para respirar inmediatamente después de haberlo inhalado. Las concentraciones elevadas de este gas, 1 % o más, son irritantes para la mayor parte de superficies cutáneas.

El SO_2 puede constituir un riesgo grave en los disparos de sulfuros metálicos compactos. En este sentido, en estas operaciones, es probable que se produzcan otros gases dañinos, tales como: el ácido sulfhídrico y el monóxido de carbono. Se han registrado varios casos en que sus efectos combinados resultaron en una grave irritación de los conductos bronquiales y de los pulmones, con resultados fatales pocas horas después.

Detección.- La presencia de este gas se detecta práctica y fácilmente con el olfato. Esto es posible, debido a su característico olor. Es muy necesario indicar que este gas es intolerable de respirar, antes de alcanzar concentraciones que puedan hacer peligrar el organismo.

El aparato usado con este fin es el Detector de Anhídrido Sulfuroso, fabricado por Mine Safety Appliances Company, de Pittsburgh EE.UU. de Norte América.

Tratamiento.- Las personas con asfixia producida por el SO_2 , reciben un tratamiento similar al caso de la producida por el nitrógeno o anhídrido carbónico; pero, siempre se debe consultar a un Médico, en este caso peculiar del SO_2 .

ACETILENO

Fórmula Química = C_2H_2

Peso Molecular = 26.038

Densidad = 0.90874

Temperatura Crítica = 37°C

Peso de un litro de C_2H_2 = 1.1791 grms.

Es un gas incoloro, con olor característico a ajos. Es explosivo. No es común encontrarlo en minas, siendo posible, que se presente como producto de las lámparas de carburo apagadas; o bien como producto de la reacción del agua sobre el carburo de calcio, cuando éste es derramado en zonas húmedas.

Es un gas considerablemente soluble en el agua: 1 volumen de agua disuelve a la temperatura ordinaria otro volumen de gas. También es muy soluble en el alcohol amílico, cloroformo, benceno, ácido acético y acetona. En este último caso, un volumen de acetona disuelve 31 volúmenes de C_2H_2 .

Una libra de carburo de calcio, en contacto con el agua, produce aproximadamente 5 pies cúbicos de acetileno; y, para diluir esta cantidad de gas y hacer del conjunto una mezcla no explosiva, se necesitan más o menos 200 pies cúbicos de aire.

Cuando se le respira, produce un efecto anestésico y, en este caso, puede causar la muerte, si se le encuentra en cantidades considerables.

Con el aire, forma una mezcla inflamable explosiva en un amplio rango de 2.5 a 80 % por volumen de aire.

Cuando se mezcla con oxígeno, es capaz de producir temperaturas como 6,000° F.

En grandes cantidades puede causar una deficiencia respiratoria y dolor de cabeza. Los síntomas son vértigo, dolor de cabeza, trastornos gástricos, semi-asfixia, pérdida de conocimiento en periodos breves.

Como se ha dicho, el origen principal del acetileno, es

el uso de lámparas de carburo en las minas. Debiendo en estos casos, tomarse todas las precauciones necesarias para evitar la propagación de gases y producir incendios y explosiones. En el caso de incendio, nunca se debe emplear agua para sofocarlo, debido a que ésta incrementa la producción del acetileno. En estos casos específicos debe usarse tierra, arena o extinguidores de anhídrido carbónico y de polvos químicos secos.

Tratamiento.- Las personas atacadas por el acetileno lo son por asfixia. Como consecuencia, debe sacarse a la víctima inmediatamente al aire fresco. La respiración artificial debe iniciarse, en el caso de haber comprobado que la natural haya cesado, sea débil o intermitente. En muchos casos, es suficiente exponer a la víctima al aire fresco, para que los síntomas desaparezcan. Pero, tratándose de casos graves, debe ponerse en conocimiento inmediato de un Médico.

En las minas, la mayor parte de accidentes producidos por el acetileno; además de la asfixia, son también por quemaduras de distinto grado, originados por una explosión, al mezclarse carburo de calcio con el agua en una concentración pobre de oxígeno.

METANO

Fórmula Química = CH_4

Peso Molecular = 16.043

Densidad = 0.5545

Temperatura Crítica = 82°C

Es llamado también "gas de los pantanos", "gas grisú".

Es uno de los hidrocarburos más ligeros; y, justamente debido a su gravedad específica pequeña, es que se le encuentra siempre en la

parte alta de las labores.

Coeficiente de absorción (°) del metano en agua
según L. W. Winkler

Temperatura

0°	0.05563
5°	0.04805
10°	0.04177
15°	0.03690
20°	0.03308
25°	0.03006
30°	0.02762
35°	0.02546
40°	0.02369
45°	0.02238
50°	0.02134
55°	0.02038

Es 10 veces más soluble en el alcohol que en el agua. Es incoloro, inodoro, insípido, no venenoso e inflamable. Es combustible.

El metano es altamente explosivo, el aire que contiene del 5 al 15 % de metano y de 12.1 % o más de oxígeno, estallará si se inflama. Tales mezclas mientras, no sean removidas o diluidas por debajo de los límites de explosividad, constituyen un serio peligro, pues basta simplemente la ignición para provocar la explosión (14).

Para impedir las igniciones de metano, en los trabajos donde pueden encontrarse cantidades peligrosas de dicho gas, hay que observar con todo rigor: una prohibición estricta de fumar, proscribir de todas las llamas descubiertas, esto quiere decir que, no habrá de utilizarse ningún otro tipo de equipos eléctricos, que

(14) H. F. Coward y G. W. Jones - "Límites de Inflamabilidad de Gases y Vapores"

no sean los autorizados; y, habrá de controlarse con mucho cuidado todos los disparos.

El metano, se presenta generalmente en todas las minas de carbón. Claro está que ciertas calidades de éste, resultan más peligrosas que otras; pero, todos los polvos de carbón en suspensión, constituyen un serio peligro. En estos casos -y es importante decirlo- el metano aumenta la explosividad de estas mezclas de aire y polvo de carbón. Las experiencias realizadas por el Bureau of Mines de los Estados Unidos, demuestran la explosividad de las mezclas de densidad de sólo 32.4 gramos por metro cúbico; la máxima potencia explosiva la dan mezclas de densidad de 112 gramos por metro cúbico.

Es interesante anotar que, el metano se desprende constantemente de los frentes de carbón. Probablemente, este desprendimiento es más rápido en los frentes recientes, que en aquellos que llevan largo tiempo abiertos. Los desprendimientos concentrados o instantáneos, pueden tornar peligrosas por cierto tiempo determinadas zonas o labores de una mina; en tales casos, conviene suspender los trabajos hasta que se haya obtenido una dilución del exceso de gas, quedando así una proporción no peligrosa. Es práctica muy conveniente y muy necesaria, determinar periódicamente la cantidad de metano contenido en la corriente de retorno. (15)

También se le encuentra en forma natural. Se genera por la descomposición de la madera por acción del agua. Es posible, encontrar metano en algunas minas metálicas en las cuales se encuentra muy cerca esquistos carbonosos. Finalmente, también se le en-

(15) G. J. Young - "Elementos de Minería"

cuentra en minas no metálicas.

Es asfixiante, sólo en el caso de que se le encuentre en cantidad suficiente que pueda reducir el contenido del oxígeno del aire a un punto más bajo que el necesario para mantener la vida. No se le puede percibir, debido a que es un gas inodoro, incoloro e insaboro.

Efectos fisiológicos del metano.- Tales efectos del metano se parecen muchísimo a los que produce el nitrógeno. De allí que; no resulte dañino cuando se le inhala, a menos que, debido a su presencia, el contenido del oxígeno del aire haya descendido por debajo del porcentaje seguro.

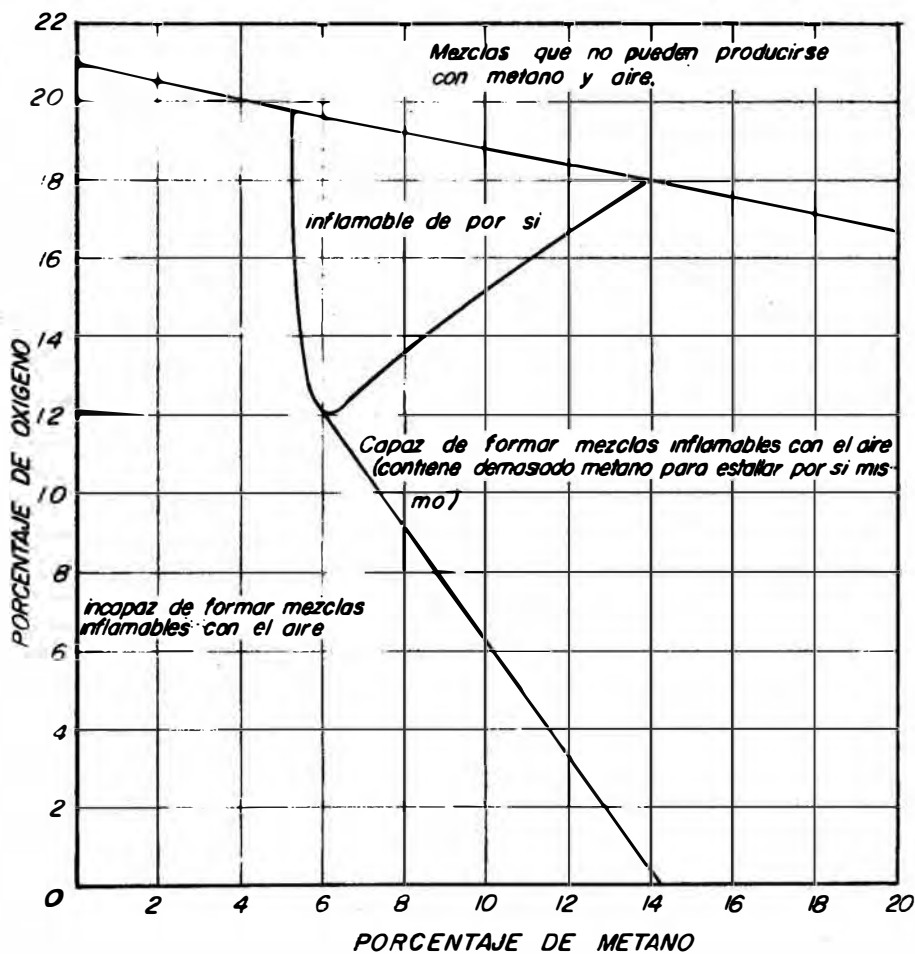
Explosiones por metano.- En la historia de la minería del mundo, se han registrado innumerables explosiones por gas grisú. Citaremos las principales: (16)

En 1952 en una mina metálica del Condado de Alpena (Michigan).- Causa posible: taladro eléctrico de mano que hacía funcionar un hombre para tomar muestras de roca.

De 1926 a 1953 en California hay un historial de 20 explosiones: Las causas fueron luces descubiertas (carburo) 13, cortocircuito 1, fumar 5; y, causa desconocida 1.

La Sección de Análisis de Accidentes del Bureau of Mines publica que, de 1890 a 1953, en minas de carbón vituminoso, el número de desastres capitales ocurridos en los Estados Unidos de Norte América son:

(16) Bureau of Mines - "Incendios, gases y ventilación en minas metálicas y no metálicas"



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Minería

EXPLOSIVIDAD DE MEZCLAS DE METANO
OXIGENO e HIDROGENO

Proyecto de Grado presentado por
Marino L. Villarreal Tinoco

Explosiones por gas o polvo	345
Explosiones por explosivos	15
Incendios	27

Aquí, se considera únicamente, los desastres capitales, que son aquellos en los que perdieron la vida cinco o más personas.

Y lo más reciente, es la explosión por metano producida en el mes de febrero del presente año en la mina de carbón Luisenthal de Alemania, en la que perecieron 287 mineros, enlutando así la minería mundial.

Detección.- El metano puede detectarse aproximadamente por medio de la lámpara de seguridad, en atmósferas cuyo contenido en oxígeno sea mayor del 19 %, ya que debajo de 16.25 % se apaga la llama de la lámpara. Con este fin, la lámpara de seguridad, debe ajustarse previamente la altura de la llama en atmósfera exenta de metano. Al introducirse la lámpara en un ambiente sospechoso, la presencia de metano y en cierta medida la proporción en que se encuentra, se reconocen por la aparición de una aureola azulada, cuya altura sobre la base de la llama es función del contenido de metano. La lámpara de seguridad, es solamente segura cuando está en manos de una persona experimentada. No obstante, en estas condiciones es difícil detectar cantidades menores de 1 % de metano.

Son permitidos para su uso -aprobados por el USA Bureau of Mines- las lámparas de llama de seguridad: Koehler y Wolf.

Con una lámpara de Koehler de mecha redonda: 1 % de metano, produce una aureola de 7.5 mms. de altura; con 2 %, la altura

de la aureola es de 11.5 mms.; con 3 %, de 20 mms.; con 3.5 %, de 30 mms.; y con 4 % (más la altura de la aureola) es de más de 43 mms. que es la altura del manguito del vidrio de la lámpara.

Para realizar el ensayo, la lámpara se levanta lentamente desde un punto próximo al suelo hasta el techo de la labor, en vista de que el metano, como se ha dicho, tiende a acumularse en las partes altas. Junto al piso el contenido de metano puede ser tan bajo que apenas dé aureola visible, pero al levantar la lámpara; la aureola, se hace visible y aumenta en altura, llegando a veces a llenar casi enteramente el interior de la lámpara.

También, tenemos indicadores e indicadores-detectores eléctricos de metano; pero, éstos resultan inexactos, cuando se les usa en atmósferas que contengan menos del 16 % de oxígeno. Con la ayuda de estos aparatos eléctricos es posible detectar, con considerable exactitud, porcentajes tan bajos como 0.1 %. El principio en que se fundan estos instrumentos es que, la resistencia eléctrica de un filamento de alambre aumenta, al aumentar la temperatura. Este aumento de temperatura, es el resultado de la combustión del gas combustible en torno a la superficie del filamento, que se calienta con una corriente eléctrica. El filamento de platino va conectado a resistencias fijas y variables, en un circuito eléctrico conocido con el nombre de puente de Wheatstone. Cualquier cambio en la resistencia del filamento, desequilibra el circuito del puente y hace que la corriente pase por un medidor; el movimiento de la aguja del medidor sobre una escala graduada indica directamente el porcentaje de gas combustible, en este caso el metano presente en

el aire. La corriente para el funcionamiento del instrumento se obtiene por medio de una lámpara de tipo Edison.

El ajuste del cero de la escala debe hacerse en atmósferas de aire puro.

Entre estos instrumentos eléctricos, altamente sensibles, se pueden citar los cuatro que están en mayor uso, previa autorización del Bureau of Mines: Detector Indicador W-8, Detector Indicador E-2, Detector Alarma, tipo lanza destellos. Todos estos fabricados por Mine Safety Appliances Company; el Detector Indicador, tipo 17, fabricado por el National Mine Service Co.

Tratamiento.- Las personas con síntomas de asfixia por metano, deben ser expuestas al aire fresco, tan pronto como sea posible. Si ha cesado la respiración natural, debe iniciarse la respiración artificial. Por lo general, las personas se recuperan sólo al ser sacados al aire fresco. En las personas recuperadas, no se nota ningún efecto posterior.

C A P I T U L O I I I

RESPIRADORES

Definición.- Respirador, es cualquier medio de protección personal, usado para evitar al portador, la inhalación de los constituyentes dañinos de la atmósfera que lo rodea.

Clasificación.- Usualmente se clasifican en:

- a.- Respiradores con abastecimiento de aire por línea,
- b.- Respiradores con abastecimiento propio de oxígeno; y,
- c.- Respiradores de filtro mecánico o químico.

Respiradores con abastecimiento de aire por línea.- Estos son, mejor dicho, con provisión de aire. Esencialmente, es una manguera a través de la cual se lleva aire respirable a una máscara portada por el usuario. Se le emplea en los casos de emergencia, en las instalaciones exteriores y puede tener un valor limitado para combatir incendios de minas, hasta una distancia de 150 pies de una base de aire fresco. El aire necesario, puede ser suplido desde cualquier línea de aire comprimido, siendo sin embargo, preferible su provisión desde un compresor especialmente diseñado, que pueda proporcionar aire, libre de impurezas desagradables o dañinas, como son: mal olor, aceite, nieblas de aceite o agua, partículas de sarro o suciedad provenientes de los recipientes o líneas de aire; y, en caso de operación impropia, formación de monóxido de carbono por combustión del lubricante. Todos estos, son constituyentes que pueden estar presentes en el aire producido por un compresor ordinario de tipo recíproco. Las precauciones que se pueden tomar para disminuir es-

te riesgo de contaminación del aire proveniente de un compresor del citado tipo, pueden ser: buen mantenimiento y cuidadoso control de la operación, control de temperatura y montaje de un equipo detector de monóxido de carbono o una alarma en el tubo de salida.

Respiradores con abastecimiento propio de oxígeno.- Son aquellos que, no necesitan aire de ninguna línea, sino que tienen su fuente propia de oxígeno. Es el grupo de aparatos de salvataje portátiles, que tienen su aplicación más amplia en minas subterráneas.

Respirador con filtro mecánico o químico.- El primero, es aquel que retiene por filtración mecánica las partículas suspendidas en el aire que pasan a través de él. Este grupo, incluye respiradores para polvo, humos y niebla. Protege al usuario sólo del material específico para el cual está manufacturado. El respirador de filtro químico, es aquel diseñado para eliminar ciertos constituyentes gaseosos del aire a respirar. El material filtrante de éstos, es generalmente una sustancia química granulada que reacciona con el compuesto dañino, reteniéndolo.

Estos aparatos para ser aprobados por el Bureau of Mines de los Estados Unidos de Norte América, son sometidos a cuatro pruebas de rendimiento (17), cuales son:

- La máscara debe ser hermética en su unión con la cara.
- Debe reducir la cantidad de polvo en el aire inhalado.
- Debe ofrecer menor resistencia a la respiración que aquella

(17) Consejo Interamericano de Seguridad -- "Noticias de Seguridad"
Enero 1961

que produzca incomodidad.

-Debe ofrecer un grado satisfactorio de conveniencia, servicio y durabilidad.

Las partículas de polvo utilizadas en el examen por el Bureau of Mines tienen en un 95 % tamaños inferiores a los 1.78 micrones; y, en un 50 % tamaños inferiores a 0.06 de micrón. Las características del tamaño de partículas, son muy similares a las encontradas en las atmósferas de minas.

Que rendimiento de filtración de polvo y resistencia debe tener un respirador de filtro mecánico para pasar el examen de aprobación del Bureau of Mines ? .- Aire conteniendo 50 mg. de polvo por metro cúbico (300 a 500 millones de partículas por pie cúbico) del tamaño especificado por el Bureau of Mines es forzado a pasar a través del respirador a razón de 32 litros por minuto o aproximadamente en la proporción según la cual un hombre promedio respira cuando está efectuando trabajo; la cantidad de polvo que pasa por el respirador en 90 minutos de examen, - periodo en el cual 2.88 metros cúbicos de aire (100 pies cúbicos) han pasado- no debe exceder los 3.0 mg. (0.0001 oz.). La resistencia a la inhalación comprobada con aire que pasa por el respirador a razón de 85 litros por minuto, no debe exceder en ningún momento las dos pulgadas de agua, siendo esta resistencia inferior a la que causa incomodidad en la respiración.

Cualidades de un respirador.- Las cualidades más importantes de un respirador son:

-Protección adecuada,

-Comodidad y conveniencia; y,

-Facilidad y bajo costo de mantenimiento.

Esterilización de un respirador.- Una solución de MSA Cleaner Sanitizer en agua caliente sirve para limpiar y esterilizar los respiradores. Mézclese con tal fin, un paquete (1 onza) con un galón de agua caliente (120° F), sumérgase el respirador sucio. Frótese repetidamente con un cepillo suave; enjuáguese en agua caliente y séquese al aire.

APARATOS DE RESPIRACION DE OXIGENO

Las operaciones de salvataje y rescate mineros, para cumplir eficientemente con su cometido, exigen utilizar aparatos de respiración de oxígeno, que permiten a las cuadrillas de salvataje trabajar cómodamente en atmósferas irrespirables o tóxicas.

El Bureau of Mines, recomienda que las brigadas de salvataje se compongan, como mínimo de 5 hombres, y de preferencia como máximo de 6 hombres. En el último punto en que la ventilación es efectiva, deberá haber una brigada de reserva provista de aparatos respiratorios preparada para cualquier emergencia. En las minas grandes, debe haber por lo menos cuatro brigadas, compuesta de 6 hombres cada una. Dos brigadas, para el interior y 2 para el exterior, las cuales deben efectuar prácticas en forma muy regular (18).

Finalidad de un aparato de respiración de oxígeno completo.- Es reemplazar
plazar
tanto como sea necesario el oxígeno consumido por los pulmones du-

(18) G. J. Young - "Elementos de Minería"

durante la respiración y, absorber o eliminar los productos residuales del aire exhalado como son el anhídrido carbónico, nitrógeno y vapor de agua.

El organismo humano consume de 2.1 % a 7.3 % del volumen del aire inhalado, el resto se exhala conjuntamente con el anhídrido carbónico (2.6 % a 6.5 % de aire exhalado), el nitrógeno y el oxígeno no usado.

Estos aparatos usan oxígeno puro. El respirar oxígeno casi puro, a presión normal o ligeramente mayor que la del aire atmosférico no será dañino para el que usa el aparato durante 2 o 3 periodos consecutivos, siempre y cuando esa persona tenga muy buena salud (19).

El oxígeno puro, tal como se le utiliza en los aparatos respiradores de oxígeno, a la presión atmosférica (15 lbs/pulg.² - 1.054 kg/cm.² al nivel del mar) puede inhalarse entre 7 y 40 horas sin que surta efectos perjudiciales (20).

Aunque los efectos de concentraciones cada vez más altas de oxígeno, a la presión atmosférica, se caracterizan principalmente por irritación de los pulmones y otras molestias en los mismos, la inhalación de oxígeno a presiones más elevadas produce síntomas en el sistema nervioso central. Los síntomas de intoxicación por oxígeno, producidos por presiones parcialmente elevadas del mismo son: ataques de convulsiones en la cabeza, cuello y extremidades;

(19) Julio Flores C. y W. G. Wood, Ingenieros -"Curso de Salvataje Minero"

(20) L. B. Berger y S. J. Davenport - "Efectos de la Inhalación de Oxígeno"

respiración irregular y fatigosa; náuseas y, en algunos casos apnea o cesación momentánea total de la respiración.

El riesgo que representa llevar aparatos de respiración de oxígeno, es algo que hay que tomar en cuenta, en las operaciones de excavación de túneles, en esclusas de aire comprimido o bajo el agua. La tabulación que se da líneas abajo indica la duración de los aparatos de respiración de oxígeno bajo presiones que el hombre puede tolerar.

Presión de oxígeno en atmósferas.	Tiempo límite de exposición sin efectos nocivos (1)
1	7 - 40 horas
2	0.75 - 3 "
3	0.5 - 2 "
4	0.2 - 0.7 "
7	0.1 "
9	0.05 "

(1) La mayor parte de la autoridades convienen en que una exposición de 24 horas no surte efectos nocivos.

APARATO McCaa

Fué diseñado por el Ing^o G. S. McCaa, Ingeniero de Seguridad de Minas y Distrital del Bureau of Mines. Esta, después de muchas pruebas experimentales dió su aprobación.

Opera sobre el principio del control del pulmón y; provee a quién lo usa de oxígeno en la cantidad exacta que sus necesidades así lo requieran. Esta suministración de oxígeno para la respiración es durante un periodo de tiempo de dos horas. Es usado

esencialmente para operaciones de salvataje y rescate en forma eficiente y segura en ambientes saturados de gases.

Partes principales del Aparato McCaa.- Consta esencialmente de 5 partes:

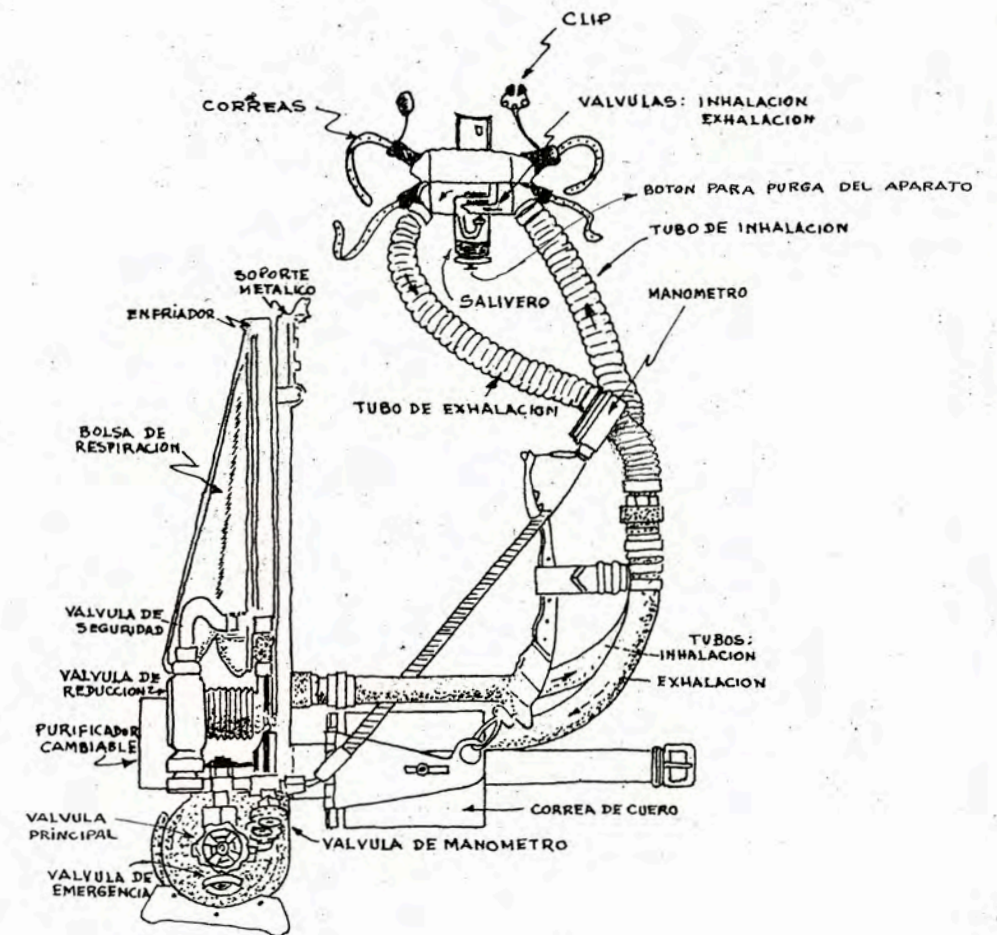
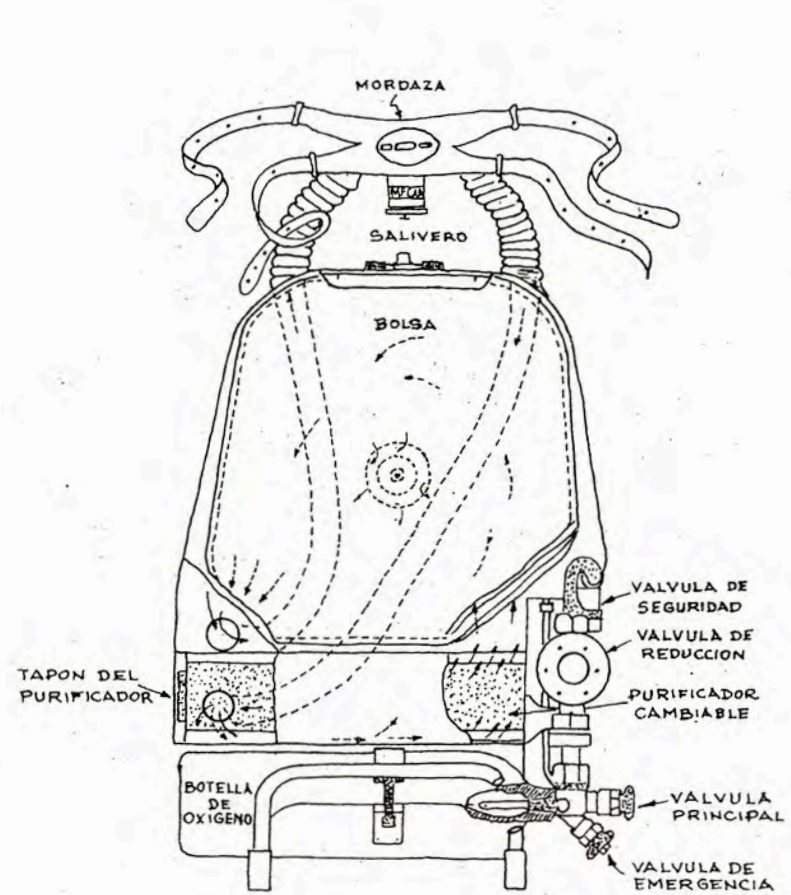
- Una botella con oxígeno a alta presión, con sus válvulas principal y de emergencia.
- Una válvula de reducción.
- Una bolsa de respiración,
- Una mordaza y;
- Una caja de purificación.

Todas las partes del sistema circulatorio, a excepción del espacio entre las válvulas de inhalación y exhalación tienen presión positiva, de manera que cualquier pérdida será hacia afuera, eliminando así la posibilidad de entrada de la atmósfera dentro del aparato.

Botella de oxígeno.- Está construida de un acero de alto grado de carbón. Cuando está vacía tiene una capacidad de más o menos 1.8 a 1.9 litros y; cuando está cargada de oxígeno a 135 atmósferas o sea 139.7 kg/cm^2 , contiene más o menos 243 litros de oxígeno, cantidad suficiente para abastecer a un hombre por un tiempo mínimo de dos horas, durante un trabajo fuerte.

Cuando la botella está totalmente cargada, incluyendo las válvulas principal y de emergencia pesa más o menos 4 kilos.

La válvula principal debe ser abierta en dos vueltas completas cuando está siendo usado el aparato. La de emergencia debe ser abierta, por un corto tiempo, únicamente en caso de que su uso



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 Facultad de Minería

MASCARA McCaa.

Proyecto De Grado Presentado Por
 Marino L. Villarreal Tinoco

sea necesario con tal fin y, solamente hasta llenar la bolsa de oxígeno.

También en la botella de oxígeno se encuentra un tapón de seguridad, relleno con metal Rose que funde a 94° C. Aquel permite el escape del oxígeno sin ruptura de la botella si es expuesta al calor o a presiones más elevadas.

Válvula reductora.- Es la que reduce la presión original alta, a otra, cual es ligeramente mayor que la normal para la respiración. Se cierra a una presión de más o menos 2.5 lbs/pulg².

Cuando la válvula reductora falla al proporcionar la presión adecuada, hará funcionar la válvula de seguridad y el pito. En esta situación debe cerrarse inmediatamente la válvula principal para usar la de emergencia y abastecerse de oxígeno para evacuar la zona. Abierta la válvula de emergencia, el oxígeno pasa por el tubo metálico al enfriador, de aquí a la bolsa de respiración, de donde es tomado por el usuario. La válvula de seguridad opera a una presión de 7 lbs/pulg².

Cuando se respira contra una resistencia indebida, puede sentirse un dolor en el pecho o en la espalda por muchos días.

Bolsa de respiración.- Es el depósito del aire, del cual y al cual se respira. Es llevada a la espalda. Cuando se encuentra inflada, tiene un compartimento de más o menos ocho litros.

Está moldeada en una sola pieza, sin costuras, de un jebe durable y fuerte. Es impermeable a la acción de todos los gases

y humos por un periodo mínimo de dos horas.

Durante la inhalación o exhalación, la presión en la bolsa de respiración es aproximadamente 1/4" de agua, y de 1-1/2" de agua cuando la exhalación es forzada. Cuando se respira profundamente con la válvula de admisión correcta, la presión es de 1/4" de agua, la cual no es alta para afectar notablemente a un hombre de buena salud, aún después de varios periodos de dos horas de trabajo fuerte.

La parte superior de la bolsa es fijada a la parte superior del enfriador.

El enfriador tiene un compartimento y una placa de desviación que se extiende en diagonal desde el purificador al centro del enfriador. Lo divide de tal manera que el aire exhalado que sale del regenerador, hace una completa circulación en el enfriador antes de salir por el tubo de inhalación.

En el centro del enfriador está fijada la válvula de admisión que ocupa la abertura de la bolsa de respiración-enfriador y se proyecta dentro de la bolsa de respiración. Esta válvula es una de las partes más importantes del McCaa y forma parte del sistema de abertura de la válvula reductora.

Mordaza.- El individuo que usa un aparato de respiración McCaa, respira enteramente por la boca, teniendo las fosas nasales cerradas con un clip metálico.

Los tubos de jebe de inhalación y exhalación, son flexibles y corrugados, pasan por debajo del brazo izquierdo dejando los

hombros libres para cargar materiales. Se encuentran fijados a la parte metálica de la mordaza, y se conectan a otros tubos no flexibles más largos que van al enfriador y regenerador.

Durante el uso del aparato, la parte de jebe de la mordaza, se fija fuertemente entre los labios y dientes y, se ajustan a la cabeza las correas de la mordaza.

Cuando se inhala, la válvula de inhalación se abre y la exhalación, se cierra y cuando se exhala, la válvula de inhalación se cierra, obligando al aire a circular a través de la mordaza, por los tubos de respiración, regeneración, enfriador y bolsa de respiración, siguiendo una dirección.

El salivero y la válvula de escape son adaptados de una manera que se puedan eliminar el exceso de presión, el nitrógeno y la saliva acumulada.

Durante las operaciones de la válvula de escape al exterior, siempre se debe presionar el tubo de exhalación para cerrarlo y evitar que el aire exhalado vuelva al aparato y más bien salga al exterior.

Caja de purificación, purificador O regenerador.- Su misión es absorber el anhídrido carbónico del aire exhalado. Esta absorción y purificación es posible mediante el uso del Cardoxide. Esta sustancia es reemplazable. Su capacidad es para 4 libras de Cardoxide. Es una caja rectangular metálica, que tiene dos cedazos horizontales. No es desarmable y, está construida en combinación con el enfriador, en una sola pieza, eliminando así las conexiones y las posibilidades

de pérdida.

El calor del oxígeno purificado, es disipado en el gran enfriador, que reduce y conserva la temperatura a un nivel confortable de respiración, evitando así la incomodidad o dificultad en la respiración como resultados del exceso de calor. Sin embargo a veces, esto es difícil de conseguir cuando la temperatura de la mina es alta o el trabajo es fuerte.

La purificación está convenientemente adaptada para un trabajo muy fuerte y continuo por un periodo mínimo de 4 horas, lo cual, debido al peso del aparato y al cansancio físico, resulta imposible. El cardoxide aún, cuando dura un poco más que una botella de oxígeno, su acción química de absorción de anhídrido carbónico, cesa de golpe. No es posible notar ningún cambio aparente en el cardoxide, debido al uso. El efecto producido por tal cese de absorción es la inconsciencia inmediata.

Otras partes.- La máscara McCaa posee también un tubo de emergencia, un manómetro y una coraza metálica de aleación de aluminio.

El tubo de emergencia suministra oxígeno independientemente de la válvula principal, de reducción, de seguridad y de admisión. Uno de sus extremos está fijado a la salida de la válvula de emergencia de la botella de oxígeno y el otro extremo a la parte inferior del enfriador. Cuando fallan una o todas las válvulas anteriormente señaladas, debe abrirse momentáneamente la válvula de emergencia para suministrarse de oxígeno. Si esta falla ocurriese trabajando en atmósferas peligrosas, se debe continuar operando

la válvula de emergencia hasta regresar al aire fresco para ajustar o reparar el aparato.

El manómetro está graduado en atmósferas. Indica la presión de la botella de oxígeno y es llevado en una bolsa de cuero al frente del hombro derecho.

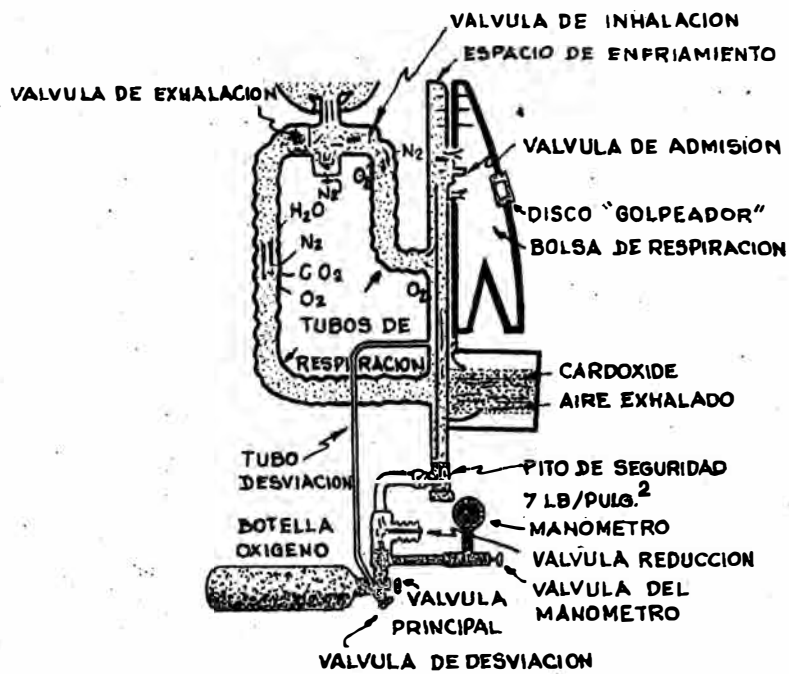
La coraza metálica de aleación de aluminio, protege contra golpes directos y caídas de materiales, a la bolsa de respiración, enfriador, válvula de admisión y otras partes vitales del aparato, cuya falla por tales causas, puede traer consecuencias fatales.

Finalmente, debo decir que el aparato se ajusta al cuerpo de quién lo usa, por medio de un sistema de correas, de cuero acolchado y ajustable a voluntad.

El aparato completamente cargado pesa cerca de 17.7 kilos.

Descripción de operación de la máscara McCaa.- La circulación del oxígeno en un aparato McCaa es como sigue (21): el oxígeno que se halla en la botella, cargada a una presión de 135 atmósferas, pasa por la válvula principal a la válvula de reducción, tipo fuelle donde la presión es reducida aproximadamente a 5 lbs/pulg², de donde por un tubo de jebe pasa a un tubo metálico y a través del espacio de la válvula de admisión, el oxígeno es admitido conjuntamente a la bolsa de respiración y al enfriador, de donde es llevado por el tubo y

(21) Mine Safety Appliances Co. - "Catalog of Safety Equipement for the Mining Industries"



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 Facultad de Minería

DESCRIPCION DE OPERACION DE LA MASCARA Mc Caa.

Proyecto De Grado Presentado Por:
 Marino L. Villarreal Tinoco

válvula de inhalación a la careta; de aquí es tomado por el usuario. La careta está equipada con válvulas de inhalación y exhalación de manera que, el pasaje del oxígeno debe continuar en una dirección. También, está equipada con una combinación de salivero y válvula de salida que permite la descarga de acumulaciones de saliva al exterior sin peligro de introducción del aire exterior al aparato.

El aire exhalado atraviesa la válvula y el tubo de exhalación. Entra por el fondo del purificador, en donde el cardoxide absorbe el anhídrido carbónico. De aquí, el oxígeno purificado, es devuelto al refrigerador o enfriador para continuar el circuito.

Este es el ciclo continuo, que se repite, mientras se usa el aparato.

Un manómetro indica continuamente la cantidad de oxígeno que queda en la botella.

Cuando por razones indicadas anteriormente, se abre la válvula de emergencia, el oxígeno pasa por el tubo metálico al enfriador, luego a la bolsa de respiración, de donde es tomado por el usuario.

Mientras la válvula principal de oxígeno es abierta, el oxígeno entra al manómetro por un tubo metálico en espiral. Es en aquel, donde se indica la presión del oxígeno.

Consumo de oxígeno.- El aparato McCaa podrá ser usado cerca de 15 horas en reposo y dos horas o más, durante un trabajo lo más fuerte posible.

Acumulación y eliminación del nitrógeno.- Los aparatos de respiración que usan oxígeno poseen generalmente 98 % de éste. El resto, o sea el 2 %, es nitrógeno. Este, entra juntamente con el oxígeno a la bolsa de respiración y como se ha dicho el nitrógeno es un elemento no absorbido por los pulmones; por tal motivo se acumulará en la bolsa, siempre y cuando no se le elimine por la válvula de escape.

Prueba de eliminación de nitrógeno.- Vuelvo a insistir que el nitrógeno en exceso debe ser eliminado. Para esto debe hacerse la siguiente operación: Colocar el jebe de la mordaza en la boca. Inhalar profundamente del aparato y exhalar por la nariz al exterior por lo menos 3 veces para vaciar completamente el aire del ambiente. Después, abrir la válvula principal; inhalar del aparato y exhalar por la nariz al exterior, por lo menos 3 veces; y, luego, colocarse el clip en la nariz. Abrir la válvula de emergencia por un momento, con el único y exclusivo fin de asegurarse si trabaja bien. Finalmente, presione fuertemente el tubo de exhalación y abra la válvula de escape de la mordaza y exhale al exterior por la válvula abierta para asegurarse que su funcionamiento sea correcto. Este proceso de presión del tubo de exhalación, apertura de la válvula de escape y exhalación al exterior debe ser repetido 3 o 4 veces cada 15 minutos para eliminar el nitrógeno y la saliva acumulados.

Eliminación del anhídrido carbónico.- El anhídrido carbónico es eliminado del aire exhalado por el cardoxide, absorbente altamente eficiente que lleva a

cabo esta función con un mínimo de generación de calor.

El cardoxide, es de forma granular y no se funde, ni bloquea por esta causa el pasaje del oxígeno. Puede ser usado libremente, ya que no es corrosivo a la piel, ni ropa.

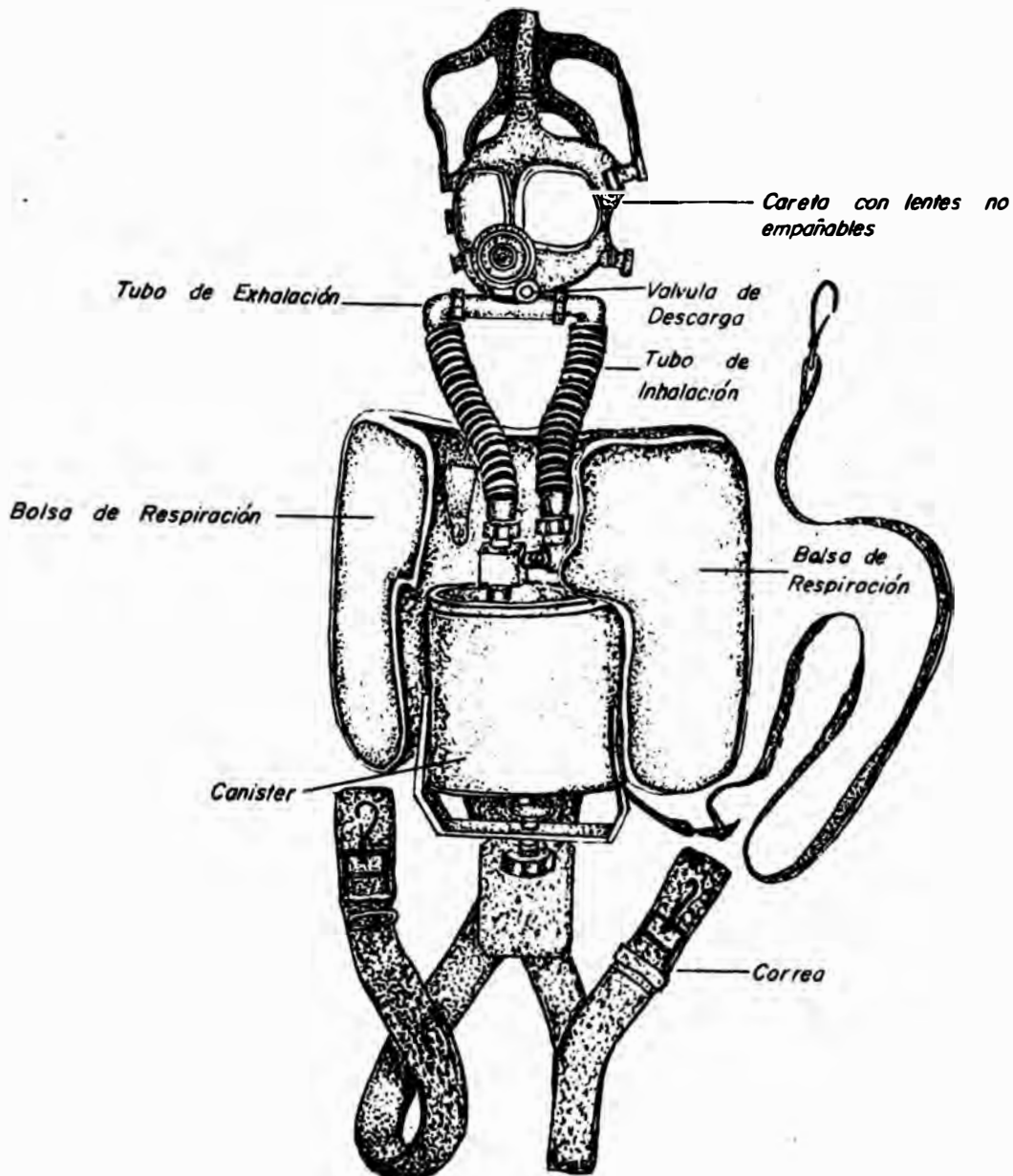
Prueba de presión alta e intermedia.- Se efectúa así: Cerrar la válvula de admisión, levantando la bolsa de respiración y, abrir la válvula principal. Se abre la válvula del manómetro, se lee la presión; y, se cierra la válvula principal. Si en estas condiciones la aguja del manómetro permanece fija, demuestra que las partes de presión alta e intermedia: válvula de admisión, de seguridad, de reducción y todas las conexiones de la válvula de admisión a la botella están ajustadas (22).

Prueba de baja presión.- Tapando la abertura de la mordaza y abriendo la válvula de emergencia momentáneamente, inflar la bolsa de respiración. Ahora, presiónese lentamente la bolsa de respiración, lo que desarrolla presión a las partes bajo prueba. Si la bolsa de respiración, permanece inflada demuestra que las partes con baja presión, como son: la mordaza, tubos de respiración, enfriador, bolsa de respiración, purificador, tubo de emergencia y sus conexiones, están bien ajustadas (23).

APARATO "CHEMOX" (AUTOGENERADOR)

Fabricado por Mine Safety Appliances Company de Estados Unidos. Es muy similar al McCaa. Pertenece al grupo de "Respirado-

(22) (23) Julio Flores C. y W.G. Wood, Ingenieros -"Curso de Salvataje Minero"



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Minería

MASCARA CHEMOX M.S.A.

Proyecto De Grado Presentado Por:
Marino L. Villarreal Tinoco

res con Abastecimiento propio de Oxígeno", y es el único en su tipo que genera su propio oxígeno, es decir trabaja independientemente del aire exterior.

El aparato en estudio, es un circuito respiratorio completo, que opera como se vuelve a decir, independientemente del aire exterior, mediante el empleo de un canister reemplazable que contiene una sustancia química, que en contacto con el aliento del aire exhalado, genera el oxígeno usado durante la operación, en cantidad suficiente y de acuerdo a las necesidades de la persona que usa la máscara.

Proporciona protección respiratoria completa durante 45 minutos en atmósferas altamente tóxicas y con deficiencia de oxígeno.

Partes principales.- Consta de:

- a.-Una careta tipo antigas, con lentes extragrandes de amplia superficie "All vision", no empañable, mediante una corriente de oxígeno seco en su parte interior, asegurando de esa manera una visión completamente clara. Los últimos modelos tienen una careta con el nuevo diafragma Cleartone para la transmisión clara de la voz, lo que facilita la comunicación entre los miembros de la cuadrilla.
- b.-Tubos de inhalación y exhalación conectados al canister.
- c.-Canister reemplazable; el que suministra al individuo suficiente oxígeno, haciendo que la inhalación sea libre y sin esfuerzo, aún bajo las condiciones más severas.
- d.-Bolsa de respiración de neopreno.

e.-Un instrumento regulador de tiempo, el cual acciona una alarma al terminarse un lapso previamente establecido, lo cual indica que el individuo debe regresar a la zona de aire fresco; y,

f.-Un cómodo arnés que proporciona facilidad de uso.

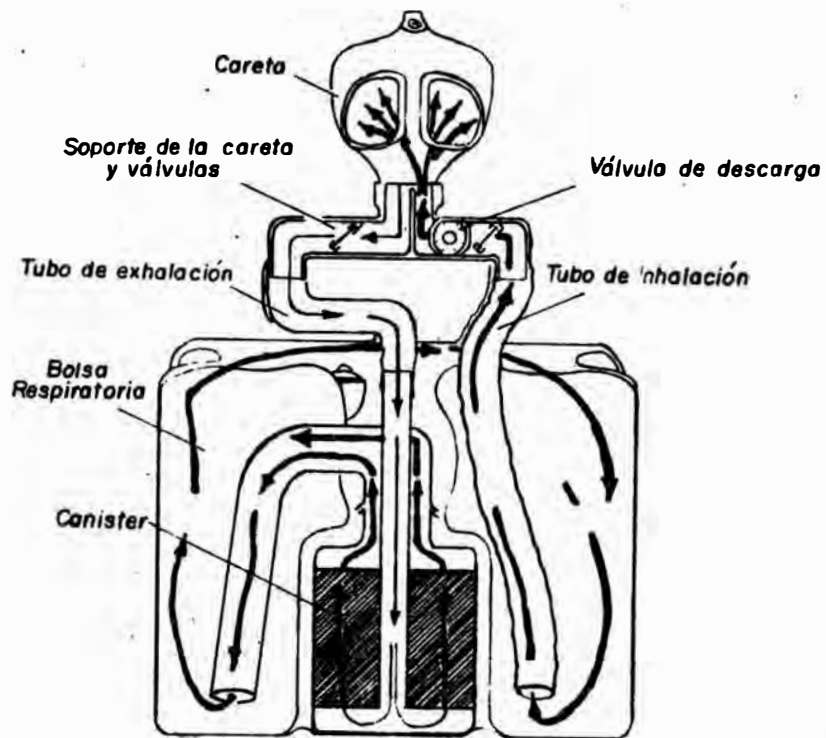
Principio de operación.- El sistema de funcionamiento es el siguiente: (24) el aire exhalado pasa de la careta a través de la válvula y tubo de exhalación hasta el canister, donde es absorbido el dióxido de carbono, reaccionando el contenido de humedad del aire exhalado con las sustancias químicas del canister. Producto de esta reacción es el oxígeno, el mismo que fluye hacia arriba a través del canister y después pasa a la bolsa de respiración donde se enfría, y de aquí, a través del tubo de inhalación a la careta.

La generación de oxígeno continúa de acuerdo con el ritmo respiratorio, hasta cuando el canister cese de producir aquel elemento. Es aquí, donde se escuchará una alarma, lo que indica que se debe abandonar inmediatamente la zona ocupada.

Uso y mantenimiento.- Se le usa principalmente para operar en zonas cercanas al aire fresco, por la desventaja del poco oxígeno que abastece.

En los Chemox, no es necesario purgar manualmente el nitrógeno, desde que se produce más oxígeno del que se consume. Este exceso de oxígeno puede resultar en una sobrepresión y alta resis-

(24) Mine Safety Appliances Company -"Catalog of Safety Equipment
for the Mining Industries"



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Minería

**PRINCIPIO DE OPERACION DE LA MASCARA
CHEMOX M.S.A**

Proyecto De Grado Presentado Por:

Marino L. Villarreal Tinoco

tencia, cuando se exhala. Si el exceso de presión no escapa automáticamente por los costados de la careta, aquella debe reducirse, presionando la válvula de escape situada al pie de la careta. Al reducir la presión debe ponerse especial cuidado de no eliminar gran cantidad de aire, porque sucedería que al inhalar se puede encontrar con deficiencia de oxígeno para la respiración.

En caso de que el canister se va consumiendo, además del regulador de tiempo que tiene hay dos indicaciones, las cuales son: ennublamiento de los lentes al inhalar y resistencia a la exhalación. Estas indicaciones, son posibles de notarse normalmente después de los 45 minutos de uso, aunque el canister está construido para una duración de 50 a 60 minutos.

Debe tenerse en cuenta, no confundir el exceso de presión de la bolsa de respiración con la resistencia del canister. Si hay exceso de presión de la bolsa de respiración, aquella es eliminada usando la válvula de escape y si después de esto, la resistencia a la inhalación o resistencia del canister está aún presente, indica que éste está casi agotado. Si quién lo usa nota cualquiera de estos detalles, debe retornar inmediatamente a la base de aire fresco.

El costo de mantenimiento es muy bajo, debido a la ausencia de partes móviles, líneas de alta presión, válvulas y uniones. El poco peso del aparato 6 kilos, contribuye enormemente a facilitar su uso durante intervalos prolongados y lo cómodo del arnés proporciona gran libertad de movimientos y un ajuste perfecto al cuerpo del usuario.

Precauciones.- Nunca debe volverse a usar un mismo canister. Este una vez usado debe destruirse únicamente en la superficie y de la siguiente manera: Hágase agujeros al frente, atrás y al fondo del canister. Colóquese éste, en agua limpia, en un recipiente cualquiera, de tal manera que por lo menos se le pueda cubrir en 3 pulgadas. En estas condiciones y, cuando el canister cesa de burbujear, quiere decir que el oxígeno residual ha sido eliminado y de esta manera el canister gastado. El agua así obtenida es cáustica; por consiguiente, debe vaciarse en un desagüe o algún lugar apropiado. Está demás indicarse que, el canister despues de esta operación debe botarse (25).

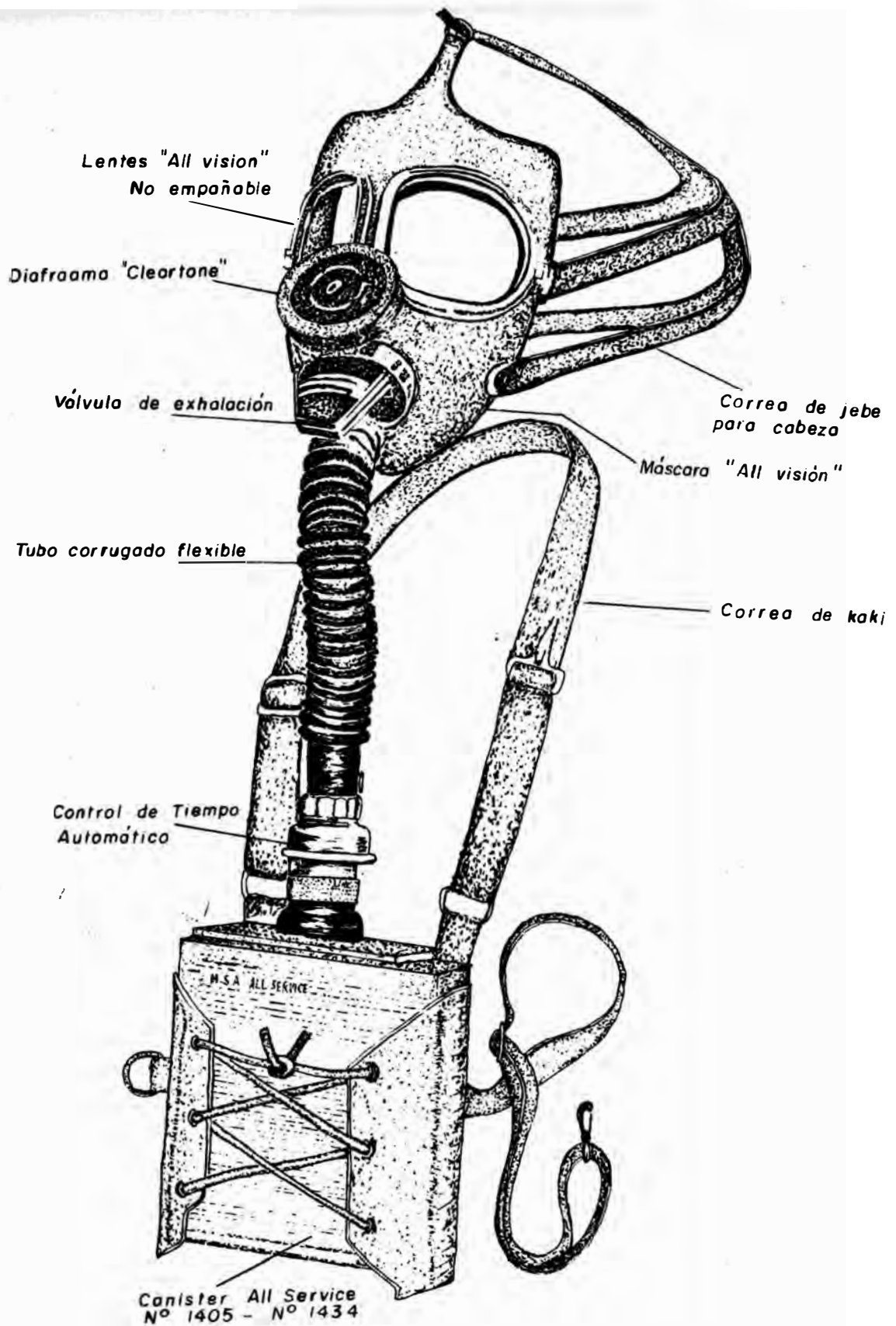
La careta y los tubos de respiración desconectados del aparato, deben ser eliminados y desinfectados despues de cada uso. En caso de no usarse el aparato, debe guardarse en su caja; y, los canisters, deben ser almacenados en un lugar seco.

MASCARA "ALL SERVICE" NUEVO MODELO "S"

Fabricado tambien por Mine Safety Appliances Company. Es un respirador del tipo de "filtro químico".

La máscara "All Service" Nuevo Modelo "S" completo, con canister indicador de ventana, válvula de control exterior y diafragma Cleartone, es el último modelo desarrollado por la MSA. Provee una protección extra en contra del humo, gases venenosos, incluyendo al monóxido de carbono.

(25) Julio Flores C. y W.G. Wood -"Curso de Salvataje Minero"



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 Facultad de Minería

MASCARA ALL SERVICE M. S. A

Proyecto de Grado presentado por:
 Marino L. Villarreal Tinoco

Como todos los modelos previos de ésta máscara, el Nuevo Modelo "S" tiene lentes extragrandes, asegurando de esta manera una máxima visión. Tiene el diafragma Cleartone MSA. para hablar, construido de tal manera que permite a los usuarios la comunicación en tonos naturales con trabajadores cercanos, e inclusive el uso del teléfono. Este diafragma aprobado también por el USA. Bureau of Mines, era un exclusivo de la Máscara "All Service". También, tiene bandas de jebe para la cabeza, las que son ajustadas fácilmente a cualquier tamaño, asegurando al usuario confort sin puntos de presión.

El Modelo "S" posee una nueva válvula de control exterior roscada en ambos extremos, para permitir su positiva y fácil conexión entre el canister y el tubo de respiración. Protege al usuario contra la entrada al canister del aire exhalado, proveyendo al mismo tiempo un cierre efectivo en contra de la entrada de la humedad a la parte superior del canister, ya sea durante el uso o cuando está guardada. Se cierra automáticamente después de la inhalación sin consideración de la posición del canister. Guarda al canister contra la penetración de la humedad cuando la careta y el tubo están siendo limpiados. Esta válvula está aprobada por el Bureau of Mines para uso exclusivo con el Nuevo Modelo "S" All Service con canister indicador de ventana en la forma manufactura por MSA.(26).

Durante la operación, el lente no se empaña, debido a que el aire pasa seco del canister a la careta. Este aparato no usa

(26) Mine Safety Appliances Company-"Catalog of Safety Equipment for the Mining Industries"

ganchos ni para la nariz ni la boca.

Principio de operación.- No sucede como en el caso de la Máscara Chemox, en que la sustancia química del canister, genera el oxígeno usado en la operación y, absorbe el anhídrido carbónico producido por el aire exhalado. En el presente caso el oxígeno necesario es tomado del medio ambiente o del medio en que se opera.

El aire inhalado pasa a través del canister, que contiene sustancias químicas que absorben o neutralizan los contaminantes. De aquel, es llevado por el tubo corrugado de jebes a la careta, llegando hasta el lente que cubre la cara, en estas condiciones, el aire está listo para ser tomado por los pulmones. El aire exhalado es eliminado de la careta por la válvula de exhalación (27).

Uso y sus limitaciones.- Esta Máscara al igual que las otras que usan canisters, tienen sus limitaciones en el uso, debido a que no abastece el oxígeno necesario para la vida. También solo puede eliminar una cantidad relativamente pequeña de gases nocivos del aire y haciendo de este lo suficientemente sano para ser respirado.

No está demás indicar que jamás se debe usar Máscaras "All Service" en atmósferas deficientes de oxígeno, que se usen en atmósferas que contengan como mínimo 15% o más de oxígeno. En los casos de deficiencia de este elemento, se puede ingresar a estas zonas, únicamente con aparatos de respiración de oxígeno completo.

(27) Mine Safety Appliances Company -"Catalog of Safety Equipment for the Mining Industries"

Tampoco, las Máscaras "All Service", ofrecen protección en tanques cubiertos o en zonas cerradas, galerías, frontones y chimeneas sin ventilación (donde existe gran cantidad de gases venenosos o asfixiantes). Debido a estas razones, la Máscara "All Service" tiene limitado su uso a minas de carbón, en zonas donde arde la lámpara de seguridad y en minas metálicas donde arde una vela y, cuando los gases ácidos, vapores orgánicos y monóxido de carbono, no exceden del 2% por volumen. En atmósferas que contienen amoníaco no más del 3%. En humos, polvos, o atmósferas cuyo total de gases tóxicos no excedan del 2%.(28).

En el canister a usarse, se tiene una lista de gases que pueden ser eliminados. Los canisters antes de ser usados deben ser preparados. Con este fin, deben sacarse los sellos que posee arriba y abajo.

Tiempo de servicio de los canisters.- Es lógico esperar que, los canisters tienen un tiempo determinado de uso; en el caso presente únicamente dos horas. Con este fin de control del tiempo de uso, la Máscara "All Service", tiene en el canister un indicador de ventana que da al usuario una medida extra de seguridad. Los dos paneles de colores visibles a través de la pequeña ventana indican al que usa, en cualquier momento la efectividad del canister en contra del monóxido de carbono.

El panel de la izquierda es el Indicador "I" y es de un color obscuro. El panel de la derecha, marcada con "R", es el de

(28) Julio Flores C. y W.G. Wood, Ingenieros -"Curso de Salvataje Minero"

Referencia y, es de un color azul más claro.

Los canisters deben ser reemplazados, cuando el color de cualquier porción de la sección Indicadora se asemeja al color de la porción de la sección de Referencia.

Nunca use un canister cuando la sección Indicadora se ponga de un color rosado o menos azul que la sección de Referencia. Esta comparación de colores, se debe efectuar bajo la luz del día; pero, durante el uso es casi imposible haciéndose tal comparación bajo la luz de las lámparas de batería. Esta luz acentúa el color azul de la sección Indicadora, por lo que los canisters observados en estas condiciones, deben ser eliminados del servicio, cuando la sección Indicadora es todavía más azul que la sección de Referencia.

Pruebas de ajuste.- Se debe tener especial cuidado en chequear cualquier escape y si se encuentra alguno debe ser reparado inmediatamente. También, se debe chequear el ajuste de la máscara. Esta operación se hace de la siguiente manera: manténgase la mano en la base del canister o presiónese el tubo corrugado. En estas condiciones inhale. Si la careta se pega o comprime a la cara y no se siente la presencia de aire en el interior, es prueba de que el ajuste está bien hecho. (29).

Si durante la operación, el individuo siente irritación a los ojos, nariz o garganta, debe regresar inmediatamente al aire fresco y usar un nuevo canister. Si la máscara es usada en ambiente de vapores o gases que no tienen propiedades preventivas, debe ser

ajustada muy cuidadosamente, manteniendo al mismo tiempo un record del tiempo de uso y de la concentración aproximada del gas o vapor. Varios.-La careta y la unión del tubo de respiración (sin canister)

debe ser limpiada y desinfectada despues de cada uso con el MSA. Cleaner Sanitizer, de igual manera como se hace con los aparatos Chemox.

Modernización de máscaras del tipo antiguo.- Las máscaras "All Service" del viejo tipo, pueden ser fácilmente convertidas al Nuevo Modelo "S" descrito, usando un juego de conversión y el nuevo canister indicador de ventana, aprobados por el Bureau of Mines.

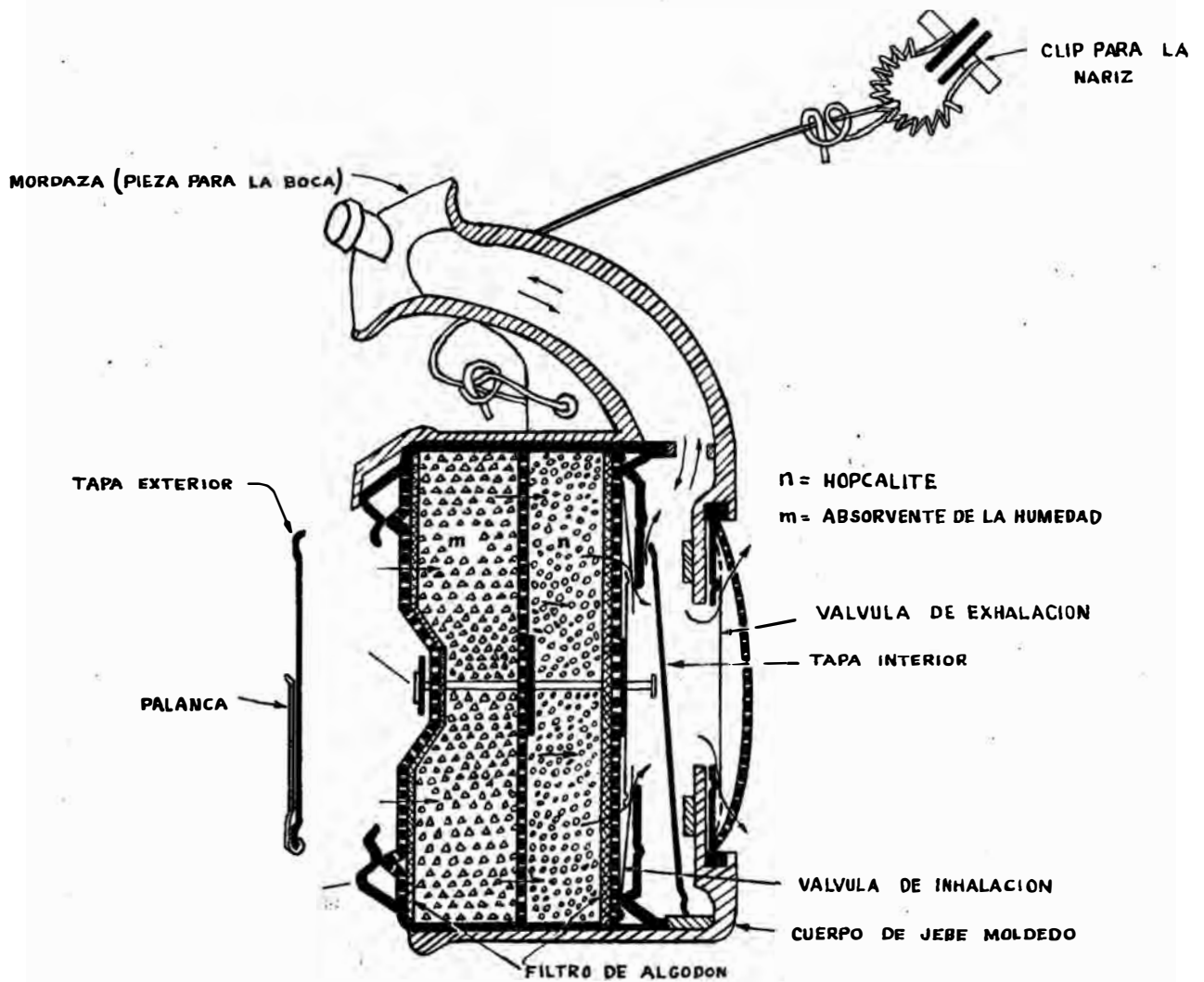
El indicador de tiempo no debe ser usado .

SELF RESCUER (AUTO RESCATE)

Es un respirador portátil de tipo de filtro químico, manufacturado por Mine Safety Appliances Co. Da protección exclusiva contra el monóxido de carbono por un tiempo aproximado de 30 minutos. No ofrece protección alguna en atmósferas deficientes de oxígeno para mantener la vida, ni contra los gases calientes que generalmente se encuentran en zonas cercanas al incendio o explosión.

Nunca debe usarse estos aparatos, en reemplazo de los de respiración de oxígeno completo, en zonas en las que el oxígeno es deficiente y, su uso, debe limitarse en casos de emergencia, para operaciones de rescate.

Dado a su pequeño tamaño y pocopeso, puede ser llevado en el bolsillo o en la cintura sujeta a la correa; o en caso contrario, ser almacenado en un lugar lo más accesible posible. De



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Minería

DESCRIPCION DE OPERACION - SECCION TRANSVERSAL DE
SELF RESCUER 1447 M.S.A.
(AUTO RESCATE)

Proyecto De Grado Presentado Por:
Marino L. Villarreal Tinoco

tal manera que, en casos de emergencia puede ser usado inmediatamente.

Hay dos tipos de este respirador: el 1447 y el 1402. Ambos son respiradores portátiles de tipo de filtro químico. Describiremos solamente el primero.

SELF RESCUER TIPO 1447

Para ser puesto en uso, deben efectuarse las siguientes operaciones: sacarlo de la caja de cartón o bolsa plástica que lo contiene. Romper el sello del canister, levantando la palanca. Presionar el émbolo en el centro del canister. En estas condiciones, ya está listo para ser usado. Colocarse la mordaza en la boca y el clip en la nariz. Ajustar el cordón al cuello, si es necesario.

Descripción de operación.- La circulación del aire es la siguiente

(30): El aire inhalado entra por los agujeros que posee el canister con este fin, el mismo que pasa al filtro de algodón, donde es eliminado el humo. Luego, pasa por una capa de cloruro de calcio, el que absorbe el vapor de agua que siempre se encuentra presente en el aire. Esta absorción del agua es muy necesaria, porque sino se reduciría la eficiencia del hopcalite. Esta sustancia (mezcla especialmente preparada de óxidos de manganeso y cobre) actúa como catalizador. Favorece la reacción del monóxido de carbono y el oxígeno del aire para producir anhídrido carbónico. Finalmente, de aquí, pasa a otra capa de cloruro de calcio y, entra

(30) Julio Flores C. y W.G. Wood, Ingenieros -"Curso de Salvataje Minero"



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Minería

**SELF RESCUER M.S.A
(AUTO RESCATE)**

Proyecto De Grado Presentado Por:
Marino L. Villarreal Tinoco

por la mordaza a la boca de quién lo usa. El aire exhalado sale al exterior por la válvula de exhalación.

Precauciones.-El Self Rescuer (Auto Rescate) debe ser revisado para comprobar si el sello no ha sido roto. Este examen se hace (31): en el caso del tipo 1402, sumergiéndolo en el agua. Si se producen burbujas, quiere decir que no está en condiciones de ser usado. En caso del tipo 1447 este examen se hace por simple inspección visual, viendo si las tapas están flojas. Si así fuera, se llegará a la conclusión de que el canister no es hermético, lo cual va en contra de su principio esencial de construcción.

Sin antes llegar al aire fresco, jamás se debe quitar este respirador, todo debido a que el término de uso es gradual. No debe ser usado por segunda vez, a menos que los dos periodos de uso ocurran dentro de los 30 minutos despues de romper el sello.

Las Cuadrillas de Rescate, deben llevar estos aparatos como equipo auxiliar, porque les servirá, bajo algunas condiciones, para rescatar mineros afectados por el monóxido de carbono.

Limitaciones en el uso de los aparatos de respiración de oxígeno.-

Pueden citarse las siguientes:

-Los aparatos de oxígeno no proporcionan protección en atmósferas que contengan gases que pueden ser absorvidos por la piel, tampoco en el caso de la existencia de polvos, vapores y nieblas que pueden ser absorvidos por el cuerpo a través de la piel, a menos que se tomen precauciones adicionales, como son,

(31) Julio Flores C. y W.G. Wood, Ingenieros -"Curso de Salvataje Minero"

el uso de ropaje especial.

- No ofrecen protección, en el caso de existencia de vapores de amoníaco y gasolina, más que por unos 10 o 15 minutos.
- No pueden ser usados bajo grandes profundidades de agua, ya que cuando la presión de aquella iguala, o supera a la presión interior del aparato, impedirá que el oxígeno llegue a los pulmones.
- No se debe usar estos aparatos en ambientes donde el aire tiene una presión mayor que la atmosférica.
- Tampoco pueden usarse, cuando el porcentaje de anhídrido carbónico presente es mayor que 2.5% (límite máximo).

C A P I T U L O I V

ASFIXIA

Definición.- Es un estado, en el cual, hay deficiente oxigenación y mayor saturación del bióxido de carbono en la sangre y en los tejidos.

Por otra definición se afirma que "Es la pérdida o paralización temporal de la respiración".

Anoxia.- Término general que denota deficiente oxigenación aguda o crónica en los tejidos, debida a cualquier causa. Por esta razón, la asfixia es un estado de anoxia o falta de oxigenación.

Como la anoxia es de varias clases, solo nos concretaremos a mencionarlas, tales son: la anóxica, la anémica, la estática, y la histotóxica, pero la que nos interesa es la anoxia anóxica, por razones obvias y porque concitan al interés de nuestro proyecto.

Anoxia anóxica.- Se llama así, cuando la capacidad de la sangre para transportar oxígeno es normal, pero hay insuficiente oxigenación de la sangre arterial; este hecho puede deberse por ejemplo, a las grandes alturas -el clásico soroche, es un ejemplo de ella- y por viciación de la atmósfera por gases como el metano o nitrógeno. Lo mismo, cuando hay oclusión bronquial o traqueal, por ejemplo como los que ocurre en los casos de derrumbes, en los que el sujeto queda enterrado o semienterrado.

Tratamiento.- Cuando un sujeto presenta anoxia anóxica, la inhalación de oxígeno resulta beneficiosa; con esta, se llega a acrecentar la saturación del oxígeno en la sangre arterial, a

lo normal o casi normal (96%).

Si un accidentado deja de respirar, debe iniciarse en el acto la respiración artificial. La adición de 5 a 10% de anhídrido carbónico al oxígeno no está indicada en la anoxia, excepto en los casos debidos a envenenamiento por monóxido de carbono, en los que es de utilidad bien definida.

Junto con la inhalación de oxígeno se deben usar los estimulantes respiratorios, tipo lobelina, cafeína, etc. Por regla general, debe evitarse el uso de la morfina y otros sedantes que deprimen la respiración, cuando existe anoxia, limitando el uso de aquellos al tratamiento del shock traumático y a su administración juiciosa en casos de enfermedad cardíaca.

Otras causas de asfixia.- Podríamos enumerar las siguientes:

- a.-Envenenamiento por gases,
- b.-insuficiencia de oxígeno,
- c.-descargas eléctricas,
- d.-ahogamiento y enterramiento en un derrumbe y, otros en los que se compruebe que se ha interrumpido la respiración.

No se debe confundir la asfixia con los desmayos y otros estados de inconsciencia, en los que el accidentado respira normalmente.

Tratamiento.- Cuando acaece un caso de asfixia, debe seguirse las siguientes indicaciones: Retirar al accidentado de la zona en que se encuentra. Si esta, fuera peligrosa, antes debemos protegernos, según las circunstancias del momento.

Iniciar inmediatamente la respiración artificial. Mien-

tras tanto, otra persona, si la hubiera, debe aflojarle toda la ropa, buscarle y extraerle cualquier materia extraña que tuviera en la boca (dentaduras postizas, coca, chiclets, etc.) o nariz (secreciones mucosas o flema). Se tirará la lengua hacia afuera en caso de que ésta, esté dificultando la respiración.

Si no se dispusiera de un ayudante que haga estas operaciones, la misma persona que aplica la respiración artificial, debe hacerlo.

Mantener a la víctima bien abrigada todo el tiempo. Esto es muy necesario e imprescindible en tales circunstancias.

SHOCK

Definición.- Es un estado de colapso o postración nerviosa que impide el funcionamiento normal del corazón, la circulación y respiración. Esta condición, probablemente, se debe a un desarreglo o falta de equilibrio del sistema nervioso simpático que controla estas funciones vitales.

Causas.- Entre éstas se mencionan las siguientes:

- a.-Dolor agudo,
- b.-pérdida de sangre,
- c.-quemaduras graves,
- d.-accidentes debidos a electricidad o gases,
- e.-operaciones quirúrgicas,
- f.-envenenamiento,
- g.-exposición extrema al calor o frío,
- h.-lesiones graves o extensas; o vista de tales lesiones,

i.-emociones: miedo, ira, enojo, vergüenza, aflicción y júbilo.

Signos exteriores.-

A.-Apariencia del paciente:

- Cara pálida con expresión de angustia o embotamiento,
- los labios, uñas y oídos toman un color azulado (cianótica),
- los ojos cansados y brillosos, semicubiertos por los párpados, toman un aspecto vidrioso y vacío,
- sudor frío, parcial o total.

B.-Examen del paciente:

- Puede estar parcial o totalmente inconsciente,
- la piel está fría o cubierta de sudor pegajoso, particularmente la palma de las manos y la frente,
- el paciente tiene frío y puede tener escalofríos. La temperatura del cuerpo es sub-normal,
- el pulso es débil y rápido y, no es raro que sea tan débil, que no pueda sentirse los latidos de la arteria radial en la muñeca,
- la respiración es débil (superficial) y puede ser irregular,
- el paciente está embotado y presta poco interés a lo que pasa en su alrededor. A veces, permanece inquieto, sobre todo si tiene hemorragia interna, producida por anemia cerebral.

Si está consciente, se queja de visión nublada, vértigo y sed.

- cuando se le pregunta algo, responde lentamente o aparentemente no entiende,
- a menudo tiene náuseas y vómitos. Diarrea en algunos casos.

Tratamiento.- El shock es una condición peligrosa, razón por la cual debe darse al paciente pronta atención, obteniendo igualmente ayuda médica, tan pronto como sea posible.

Hay tres cosas muy importantes para dar los primeros auxilios en casos de shock, los mismos que a continuación se citan, en orden de importancia:

a.-Calor,

b.-posición del paciente; y,

c.-uso de estimulantes, convenientes en casos leves y, muy necesario en casos graves.

a.-Calor.- Debe colocarse debajo del paciente como también sobre él, frazadas u otros materiales semejantes, cubriendo todo el cuerpo, a excepción de la cabeza. Esto es muy importante, por dos razones: dar abrigo al paciente y evitar pérdida de calor.

Aplíquese calor exterior, si es posible, usando bolsas o botellas de agua caliente, bolsas de arena, ladrillos, piedras, etc. éstas últimas a temperaturas convenientes y protegidos para evitar quemaduras en el paciente. Estos materiales deben colocarse entre las piernas, sobre el abdomen y debajo de las axilas.

b.-Posición del paciente.- Colóquese al paciente en posición confortable, acostándolo de espaldas con la cabeza hacia abajo; esto se puede conseguir levantando los pies de la cama, camilla o banca en que se encuentre acostado el paciente por lo menos 6 pulgadas más alto que su cabeza.

Quítese todos los cuerpos extraños que pudieran encontrarse en la boca, tales como dentaduras postizas, tabaco, coca,

chiclets, etc. Tambien, debe limpiarse la boca y nariz de secreciones mucuosa y flema. Debe cuidarse que la lengua esté hacia afuera y no hacia atrás, posición en la que interrumpe o dificulta la respiración.

Aflojar la ropa ajustada, especialmente la que se halla alrededor del cuello, pecho y cintura.

Si tiene náuseas o vómitos, hágasele voltear la cara a un lado para evitar que las materias expelidas le ahoguen.

c.-Uso de estimulantes.- Estos, deben suministrarse al paciente, por la boca si está consciente; o por inhalación, si está inconsciente.

Sin embargo, no debe suministrarse estimulantes en casos de hemorragias interna o externa, sino hasta que éstas sean contenidas. Tampoco en caso de fractura del cráneo, insolación o apoplejía (derrame cerebral), causado por la trombosis o embolia que trae como consecuencia la destrucción de la sustancia cerebral.

Los estimulantes recomendados para estos usos son: espíritu aromático de amoniaco (una cucharadita en medio vaso de agua), café, té o agua caliente.

Cuando la persona está en estado consciente éstas bebidas deben suministrársele lo más caliente que pueda resistir, a pequeños sorbos; y, de modo que, se de una taza en media hora.

Hay una estrecha relación entre la temperatura del cuerpo y la presión sanguínea, funcionamiento del corazón y respiración. Es por esta razón que, tan pronto como retornara la temperatura normal al cuerpo, el sistema nervioso simpático retoma su

control sobre las funciones vitales, restaurando la circulación y mejorando el funcionamiento del corazón por disminución de la velocidad de circulación y aumento de volumen de sangre en el corazón; la respiración se torna más profunda y más regular.

Tan pronto como se presente la evidencia de shock, el tratamiento debe ser aplicado. Los pacientes con shock tienden a recaer; y, por eso, las recaídas deben ser más controladas y combatidas de inmediato.

Los pacientes que presenten shock de diferente origen requieren cuidados distintos, especialmente con respecto a la aplicación de calor, posición de la cabeza y uso de estimulantes.

Tratamiento del shock cuando la cara está amoratada (cianótica) o roja y el pulso es fuerte y rápido.-(Insolación, apoplejía, fractura del cráneo).- La cabeza debe ser elevada y no dársele estimulantes.

Si el cuerpo está caliente y seco, debe sacarse al paciente a un lugar frío, quitarle el vestido; y, hacerle aplicaciones frías en el cuerpo, para reducir la temperatura.

Tratamiento del shock cuando la cara está azul (cianótica) y el pulso es generalmente débil y rápido.- La apariencia azul u obscura de la cara del paciente es debida a la falta de oxígeno en la sangre.

Este tipo de shock puede ser originado por envenenamiento debido a gases, shock eléctrico, ciertos venenos ingeridos, asfixia, estrangulación, y ciertas enfermedades que presentan dificultad o ausencia de respiración.

En estos casos, antes del tratamiento usual del shock, es necesario suministrarle respiración artificial.

C A P I T U L O V .

METODOS DE PRIMEROS AUXILIOS

La interrupción o parálisis de respiración espontánea, puede reconocer varias causas. Por constituir esto, un peligro para la vida, la situación exige medidas inmediatas destinadas a conseguir la oxigenación adecuada de la sangre.

En los casos de parálisis respiratoria, en que el corazón continúa latiendo, está indicada la respiración artificial.

RESPIRACION ARTIFICIAL.

Definición.- Es un método, mediante el cual, con ayuda de movimientos manuales, se imita la respiración natural con el objeto de revivir a personas que la han perdido. La respiración artificial puede salvar la vida de una persona en trances del género de la sumersión, estrangulación, shock eléctrico, la excesiva inhalación de humo o de otros gases tóxicos o el envenenamiento medicamentoso.

Cuando cesa la respiración natural, o es irregular y débil, es imprescindible aplicar respiración artificial, antes de 3 minutos después de ocurrido el accidente.

El análisis siguiente nos indica la importancia de la aplicación de la respiración artificial inmediata después de ocurrido el accidente, ya que después de 3 minutos transcurridos sin aplicarle la respiración artificial nos da un porcentaje de resucitados de cero.

ANALISIS DE RESPIRACION ARTIFICIAL (32)

Minutos	Casos	Exitos	% Resucitados
(2,000 a 3,000 Voltios)			
1/2	17	1	41
1	6	1	17
2	2	1	50
3	6	0	0
(6,000 a 8,000 Voltios)			
1/2	11	6	55
1	2	1	50
2	2	1	50
3	6	0	0

Casos en que se usa.- Las condiciones más frecuentes en que se requiere respiración artificial son:

A.-Deficiencias atmosféricas causadas por:

- Falta de oxígeno,
- presencia de gases tóxicos.

B.-Obstrucción de pasajes respiratorios producido por:

- Estrangulación,
- ahogamiento por inmersión,
- enterramiento en un derrumbe.

C.-Mal funcionamiento del organismo respiratorio:

- Shock eléctrico,
- drogas
- ciertas enfermedades; y,
- exposición prolongada al frío.

(32) Consejo Interamericano de Seguridad -"El Supervisor de Seguridad.

El tratamiento con respiración artificial debe ser iniciado de inmediato y, continuado hasta que se restablezca definitivamente la respiración normal o existe seguridad de que haya ocurrido la muerte. Pero aún, cuando retorna la respiración espontánea, hay que seguir observando de cerca a la víctima, por si se repitiera la parálisis respiratoria. Han habido casos de restablecimiento hasta después de 8 horas de suministrar respiración artificial.

La técnica está destinada a acrecentar y decrecer la capacidad de la cavidad torácica, rítmica y continuamente por medios manuales o mecánicos. Hay que dar al tórax tiempo suficiente para expandirse. La respiración artificial a veces se vuelve inútil por ser ejecutada con demasiada velocidad.

Preparación de la víctima.- Mientras Al paciente se le administra respiración artificial, un ayudante debe eliminar de la boca y nariz de aquel, cualquier cuerpo extraño que en ellas se encuentren, como son: dentaduras postizas, líquidos y desechos. Tal vez sea necesario agarrar la lengua con un pañuelo y sostenerla afuera. Debe aflojarse la ropa del paciente con doble fin: el de proporcionar una vía libre para el aire y asegurar la máxima expansión del tórax y abdomen durante la aplicación de la respiración artificial.

Hay que resguardar al doliente contra el enfriamiento. El calor es lo más importante en estos casos, para evitar el enfriamiento del paciente y para estimular la circulación, ayudando así al corazón para que pase felizmente esta terrible experiencia. Con tal fin abríguese al paciente y aplíquese calor, especialmente en

las extremidades (pies y manos). Si hace frío o si el piso está húmedo, es bueno abrigoarlos por debajo y por encima con toallas gruesas, bolsas o botellas con agua caliente, teniendo cuidado de no quemar al paciente. Cuando no se puede hacer lo anterior por no tener medios a mano, es muy conveniente darle fricciones fuertes en las manos y en los pies.

Mientras esté inconsciente, no le de líquidos. Cuando recupere el conocimiento puede dársele un poquito de café o té o medio vaso de agua con un estimulante, en cucharaditas. Nunca se debe administrar, aún en pequeñas proporciones, bebidas alcohólicas.

Es conveniente considerar que, cuando vuelve la respiración normal, se mantendrá al paciente descansando tranquilamente, hasta que esté restablecida la curación, a fin de que no se imponga esfuerzo excesivo al corazón.

Al recobrar la respiración natural, el operador, debe sincronizar sus movimientos a la respiración del doliente.

Tratamiento durante la recuperación.- El paciente podrá no dar muestras de recuperación por algún tiempo y luego empezar a recobrar el color, lo que indica que la sangre está absorbiendo más oxígeno y que la circulación, está mejorando. Luego, quizás manifieste pequeños esfuerzos musculares, ligeros estremecimientos de la piel, intentos de arañarse o apretarse los dedos. El primer intento de respiración puede ser como un débil suspiro. El operador cuidará de no ejercer presión en el momento en que el paciente intente ejecutar su primera respiración espontánea.

La respiración artificial debe suspenderse cuando la respiración natural se haya restablecido; pero necesitará reanudarse, si aquella no continúa o cesa nuevamente.

La respiración al principio, puede ser muy lenta, de 4 a 6 veces por minuto. En este punto, es particularmente valioso el uso del inhalador de oxígeno, ya que entonces el paciente respira más profundo y recobra más pronto el ritmo, sobre todo si se le dan mezclas de oxígeno con dióxido de carbono.

Al recobrar la respiración, el paciente querrá levantarse y quizás dará señales de violencia en sus esfuerzos por ayudarse a sí mismo. En ambos casos, se le impedirá cualquier movimiento y deberá mantenerse en posición horizontal, ya que su corazón ha sufrido fatiga y la regulación del ritmo y volumen de la acción cardiaca pueden no haber vuelto a lo normal.

No debe permitírsele levantarse y andar, porque todo este esfuerzo puede ocasionar una falla repentina del corazón y consiguientemente la muerte.

El tratamiento para shock deberá prolongarse mucho tiempo después que el paciente empiece a respirar. Deberá someterse a una observación cuidadosa, porque algunos que en apariencia respiran normalmente, de pronto cesan de hacerlo y requieren desde luego más respiración artificial. Nunca debe dejarse solo a un paciente de éstos, hasta estar completamente seguros de que se encuentra normal.

Métodos de respiración artificial.- Los más conocidos son:

a.-El de Holger Nielsen

b.- El de Schafer; y,

c.-el de Silvester.

Método de Holger Nielsen.- Muchas experiencias y en diversos puntos del globo, han demostrado que el método en referencia es superior a los de Schafer y Silvester, porque introduce más aire en los pulmones (el doble que el sistema Schafer); además, es fácil de enseñar y generalmente puede darse con eficacia despues de un breve periodo de enseñanza.

Pueden realizarlo con facilidad, personas de baja estatura y aún, niños que tengan la edad suficiente para comprender el sistema y su aplicación durante periodos prolongados sin fatiga para el operador. En caso de lesiones en los brazos, puede solamente hacerse presión en la espalda; y, aún así, da mayor ventilación a los pulmones que el sistema Schafer.

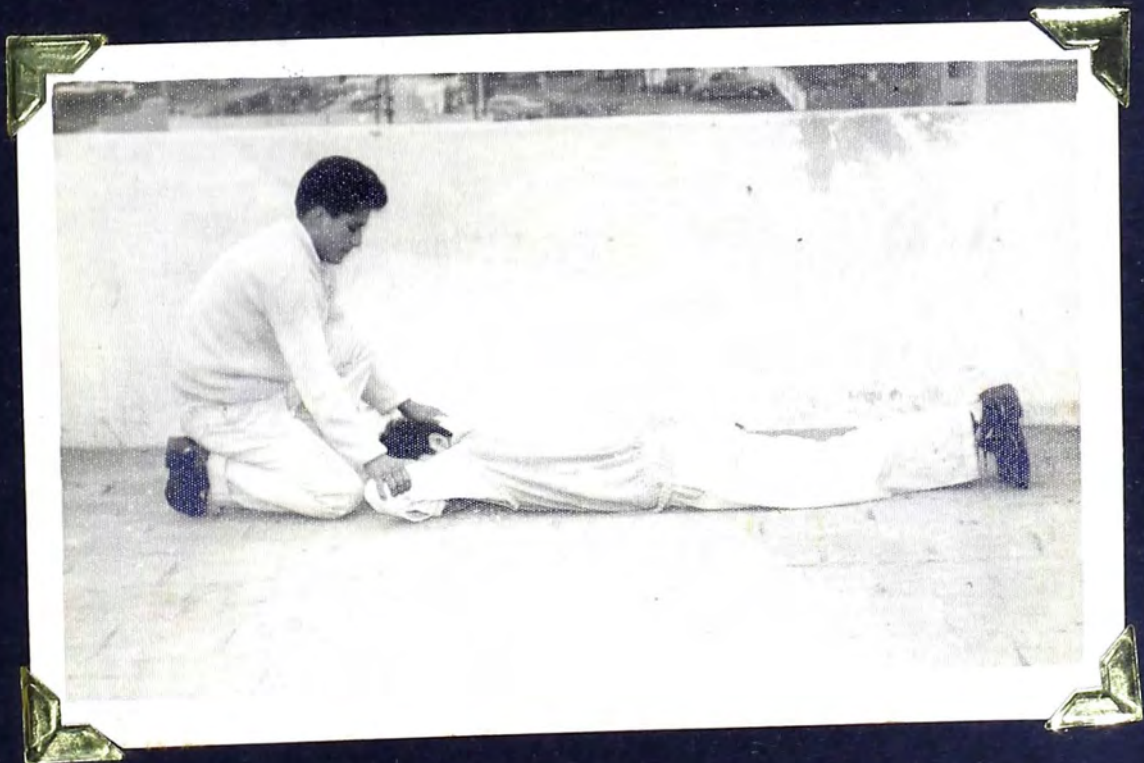
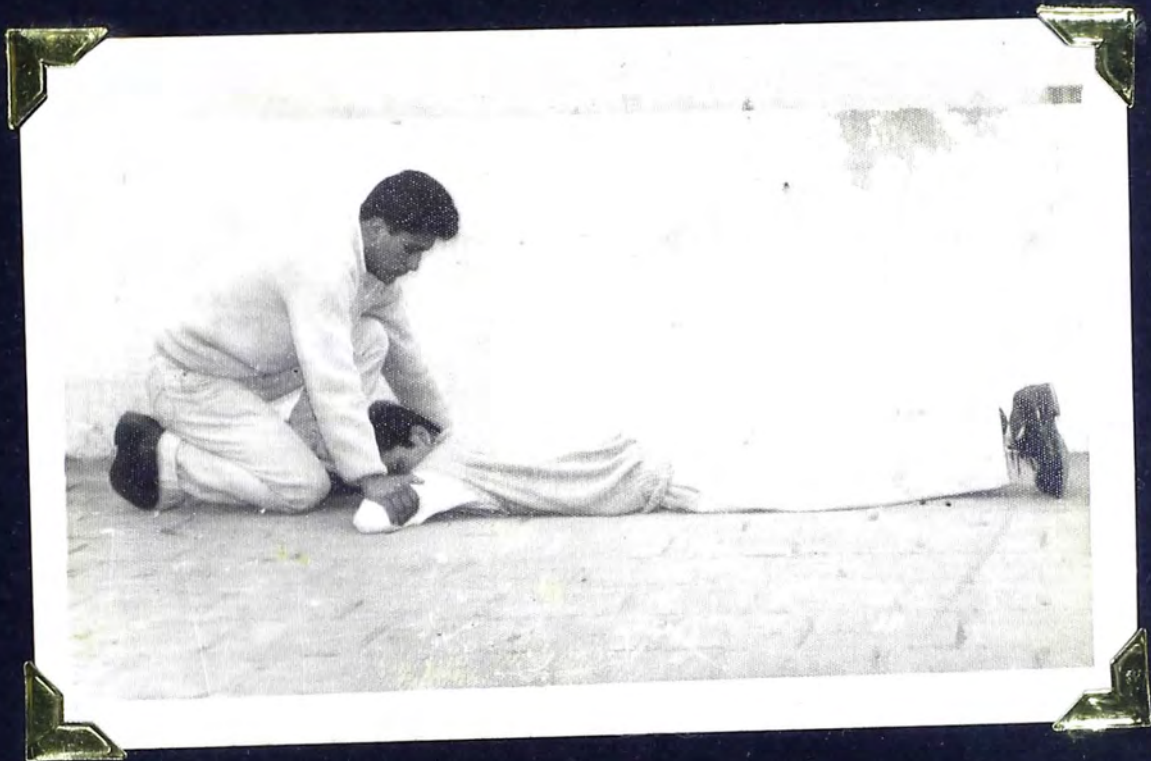
Aplicación.-

A.-Posición de la víctima.- Coloque a la víctima boca abajo, doble sus codos y coloque sus manos (una sobre otra) debajo de la cabeza, para alejar la boca del polco del suelo. Voltee su cara a un lado, colocando sus mejillas sobre las manos del doliente.

B.-Posición del operador.- Arrodillarse con la rodilla derecha, o izquierda o con ambas, cerca de la cabeza de la víctima con la rodilla pegada a su antebrazo; y, el otro pie, cerca al codo del otro brazo de la víctima. Coloque sus manos estiradas sobre la espalda, donde terminan los omoplatos. Las palmas de las manos deben colocarse un poco más abajo de una línea

RESPIRACION ARTIFICIAL
Método de "Holger-Nielsen"





que pasa por las axilas del doliente, topándose con la punta de los pulgares, y los dedos extendidos hacia abajo y a un costado.

-Fase de compresión.- Inclínese hacia adelante hasta que sus brazos estén aproximadamente verticales, permitiendo que el peso de la parte superior del cuerpo del operador realice la presión hacia abajo -sobre el pecho- para vaciar de esta manera el aire de los pulmones del doliente. La presión en mención debe ser suave.

-Fase de expansión.- Retire la presión rápidamente sin presionar en forma innecesaria al momento de soltar. Vaya hacia atrás, deslizando sus manos por la espalda del paciente hasta colocarlos sobre los brazos del mismo, exactamente sobre los codos. El operador debe continuar hacia sí mismo el movimiento hacia atrás, elevando los codos y los brazos del paciente hacia su cuerpo hasta sentir resistencia y tensión de los brazos de aquel. Esto expande el tórax a su mayor capacidad, lo que permite la entrada del aire a los pulmones. Coloque con suavidad los codos del paciente en el suelo y vaya de nuevo hacia adelante, llevando sus manos hacia la posición adecuada sobre la espalda. Repita este ciclo (compresión-expansión) continua y uniformemente, a razón de 12 a 15 veces por minuto (33).

Observación.- Durante el proceso la posición arrodillada puede cambiarse -como se ha dicho- a la otra o ambas rodillas, debiendo realizarse sin alterar el ritmo de la respiración.

(33) Bureau of Mines -"Protection against Mine Gases"

La operación puede también ser relevada a otra persona, pero teniendo cuidado de no perder el ritmo de aquella.

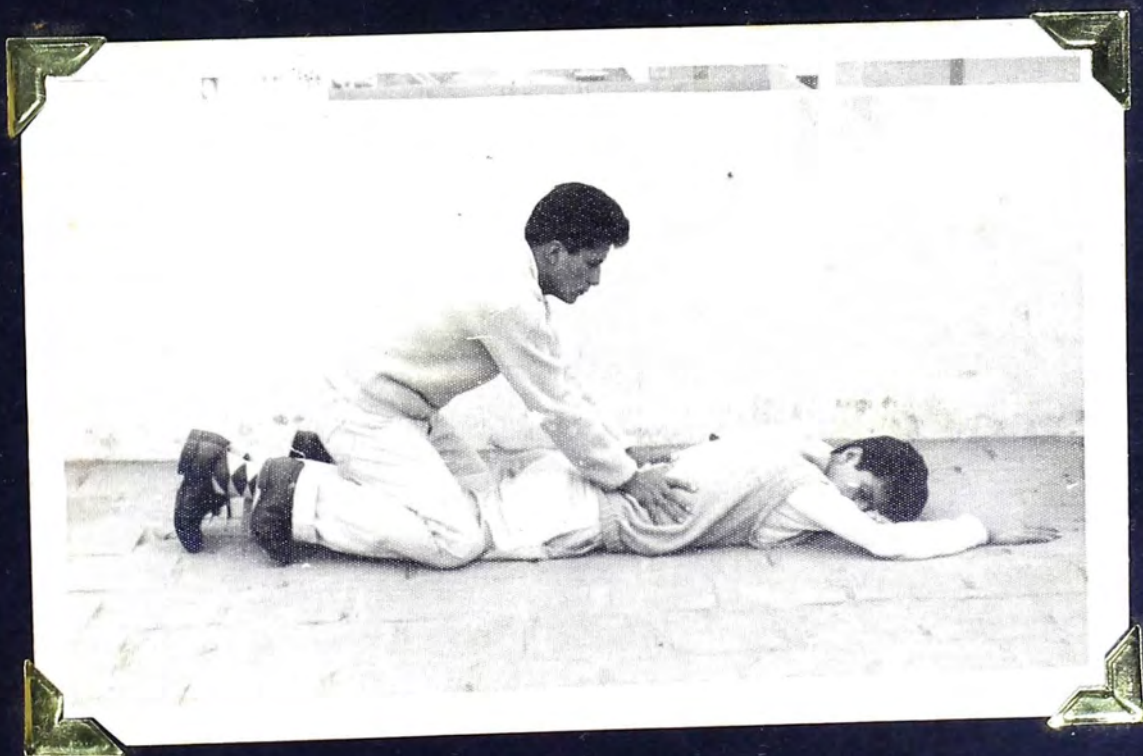
Método de Schafer.-(Presión prona).- Esta maniobra tampoco requiere instrumental y por consiguiente podrá aplicarse inmediatamente y en cualquier parte.

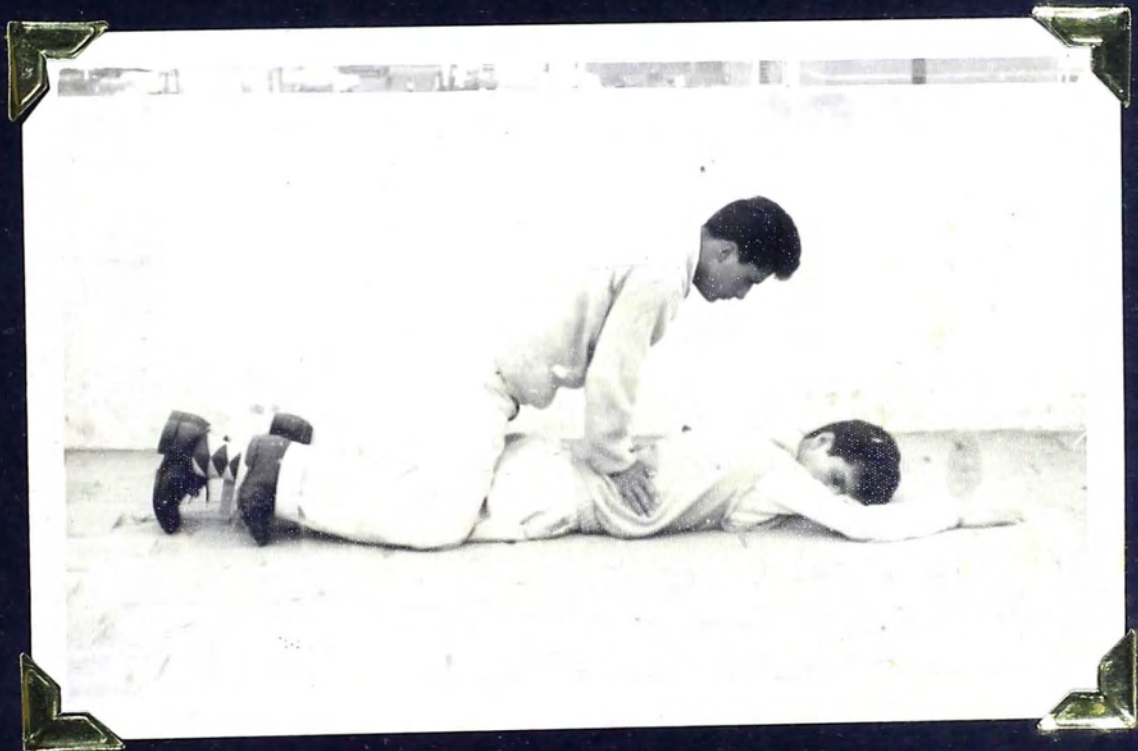
Se coloca al enfermo o accidentado sobre el vientre, con la cabeza preferiblemente más baja que los pies en unos 15 cms. El operador mantiene entre sus rodillas los músculos de la víctima; apoya las palmas de las manos de plano en el dorso, sobre las costillas inferiores; y, luego alternativamente, en cadencia a razón de 12 a 15 veces por minuto, lanza gradualmente el peso de su cuerpo sobre sus manos, comprimiendo las costillas inferiores para producir el movimiento espiratorio. Luego, pasa rápidamente a la posición erecta, soltando así las costillas para permitir la inspiración. Como un operador se cansa pronto, pueden tomar su puesto otros, a medida que se necesiten, pero sin perder nunca la regularidad del ritmo (34).

Método de Silvester.- Está indicado únicamente cuando no se puede virar a la víctima boca abajo. La lengua de la víctima en esta posición, tiende a retroceder y no pueden extraerse por este motivo las secreciones.

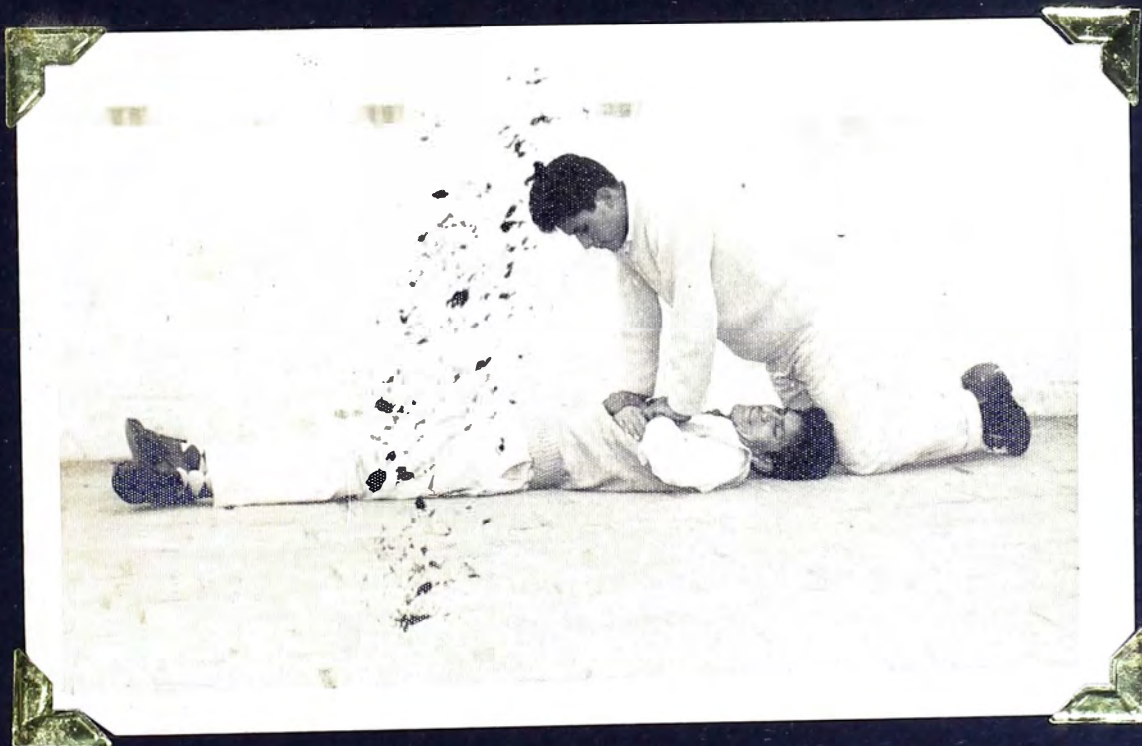
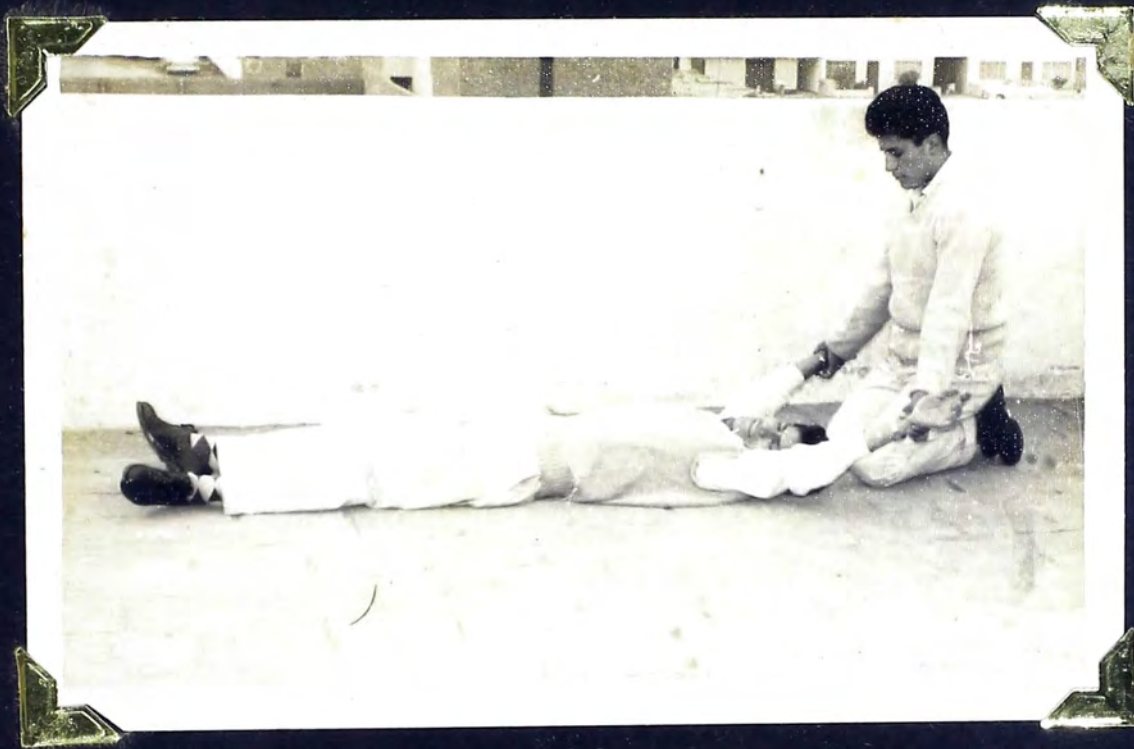
Se usa en circunstancias, tales como: el embarazo, o lesiones en el pecho, abdomen, o bien cuando la víctima ha sido atrapada en esta posición.

RESPIRACION ARTIFICIAL
Método de "Schafer"





RESPIRACION ARTIFICIAL
Método de "SILVESTER"



Cansa más que el método de Schafer.

Aplicación.-Coloque a la víctima de espaldas. Debido a esta posición, no pueda sacarse hacia afuera la lengua de aquella, pues tiene la tendencia de caer hacia atrás y cubrir la traquea, lo cual restringe la entrada del aire a los pulmones.

Debajo de los hombros, a la altura de los omoplatos, se coloca un cojín sólido de 7.5 cms. de grueso a fin de elevar el tórax y extender el cuello.

El operador se arrodilla cerca a la cabeza de la víctima, agarra los antebrazos y luego, tira los brazos hacia arriba, hacia afuera y hacia sí propio, comprimiendo los codos de la víctima firmemente contra el suelo o piso. Este movimiento, demora alrededor de 2 minutos y con esto, se consigue la expansión del tórax.

Ahora, doble los brazos del paciente en el codo; cruce los antebrazos y con ellos haga presión sobre su pecho. La presión debe ser hecha sobre las costillas a los lados del tórax, más no sobre el estómago. Con esto, se consigue la contracción del tórax y la expulsión del aire de los pulmones (expiración). El ciclo se repite 12 veces por minuto.

El operador una vez fatigado, puede ser relevado por otra u otras personas sucesivamente. Ambos métodos -el de Schafer y Silvester- pueden combinarse pero con la participación de dos operadores, mientras uno comprime las costillas, el otro tira los brazos hacia arriba, afuera y hacia sí mismo.

Estos dos últimos métodos son muy importantes para salvar la vida a víctimas con asfixia por accidente o por enfermedad.

C A P I T U L O VI

VENTILACION

En los capítulos anteriores se ha enfocado todo lo referente a gases de mina, sus generalidades, manera de detectarlos, tratamiento en caso de ataque al estar expuesto en atmósfera contaminada con gases; y, finalmente, -como es lógico- la respiración artificial, tan necesaria en los casos de asfixia y shock que sobrevienen por causa de exposición a gases.

En el presente capítulo se resolverá el problema de ventilación de un túnel que en su etapa final tendrá 4,000 metros de longitud total, considerando únicamente los gases provenientes de los disparos y el consumo por el personal en trabajo, haciendo mención especial y mis agradecimientos a la firma BAHCO PRIMUS S.A., en especial a su SECCION VENTILACION, por la ayuda brindada en esta parte de mi tesis.

Cálculo de ventiladores.- Se calculará el ventilador a usarse para resolver el problema de ventilación del Túnel "Victoria", de la mina Carahuacra, de propiedad de VOLCAN MINES COMPANY, de las características siguientes:

Longitud = 4,000 metros

Sección = 8'x9' = 72 pulg.² = 6.7 mts.²

Altitud = 4,400 msnm.

En cuanto a la longitud, debe indicarse, que se considera la final que será de 4,000 metros, una vez concluido aquel.

Cantidad de aire.- En un túnel de la longitud que tenemos en el

presente caso, es normal que se presenten problemas con los gases provenientes de los disparos diarios. Con el fin de diluir y extraer estos gases, es necesario, como en nuestro caso, el uso de ventiladores, los que una vez en uso proporcionarán al personal condiciones normales de trabajo.

Este volúmen de aire necesario para diluir y extraer los gases y ventilar el frente, depende y varía mucho de acuerdo a los siguientes factores:

- a.-Longitud del túnel,
- b.-sección del túnel
- c.-cantidad y calidad de los explosivos usados
- d.-sistema de transporte a usarse: trolley, batería o diesel
- e.-temperatura y humedad de la zona de trabajo.

Son los factores más comunes y dignos de ser tomados en cuenta para resolver con buen criterio técnico el cálculo de un equipo de ventilación.

En referencia a los ventiladores, cabe indicar que existen de dos clases: los impelentes o sopladores; y, los aspirantes o extractores o de succión; los mismos que se eligen de acuerdo a ciertas peculiaridades y conveniencias en cada caso. Además, si por algunas circunstancias, conviene la combinación: succión-soplado, realmente esto no presenta ningún problema de difícil solución, puesto que se consigue solamente con la inversión en la operación del ventilador, en el momento que se creyera conveniente. En algunos casos, es necesario este sistema combinado, porque permite, una rápida extracción de los gases provenientes de los disparos;

y luego, una suficiente y constante ventilación para el trabajo normal.

Conviene considerar, las ventajas y desventajas de ambos sistemas de ventilación usados, las mismas que deben ser estudiadas minuciosamente y tomadas en cuenta para escoger y preferir cualquiera de estos sistemas en la labor minera.

Los ventiladores aspirantes, tienen entre sus ventajas: mantienen la labor libre de gases y atmósferas insanas y al mismo tiempo, tienen una mayor velocidad de limpiado. Junto a estas ventajas, sus desventajas son: que en tiempo de invierno, hay congelamientos de aire y que por esa razón crean condiciones adversas de trabajo; y, además con este sistema, el polvo del socavón puede ser arrastrado al frente.

Los ventiladores impelentes traen las ventajas siguientes: abastecen al frente de aire fresco, el polvo será llevado fuera del frente y no habrá posibilidad de ser arrastrado hasta aquel. Además en tiempo de invierno, el socavón se mantendrá libre de congelamientos, pudiendo los obreros trabajar cómodamente. Su mayor inconveniente es que la velocidad de salida de los gases y aire viciado, es pequeña.

Considerando todos los factores que se ha indicado inicialmente, creo conveniente señalar que, los gases a limpiarse son los que provienen solamente de los disparos a efectuarse, no teniendo ningún problema adicional de ventilación por razones de temperatura o humedad en el socavón. En cuanto a gases producidos por el sistema de transporte a usarse, tampoco tenemos problema,

puesto que el escogido no es con locomotoras diesel, sino trolley.

La cantidad de aire que se necesita para ventilar o limpiar de gases (producto de los disparos) una labor cualquiera, está dada por la fórmula:

$$q = \frac{A \times 60}{t} \times a$$

Donde: q= Cantidad de aire necesario, en mts³/seg.

A= Area de la sección, en mts².

t= Tiempo deseado para la salida de gases, en segundos.

a= Factor de seguridad, que puede ser 2 o 3, dependiendo de la efectividad del equipo de ventilación.

Yo considero, para mis cálculos un tiempo de 30 minutos como suficiente para la ventilación del frente, despues de cada disparo, pudiendo el personal pasado este tiempo volver a trabajar en atmósferas respirables. Igualmente, considero un valor de 2 para el factor de seguridad.

Los valores de que dispongo, reemplazados en la fórmula me dará:

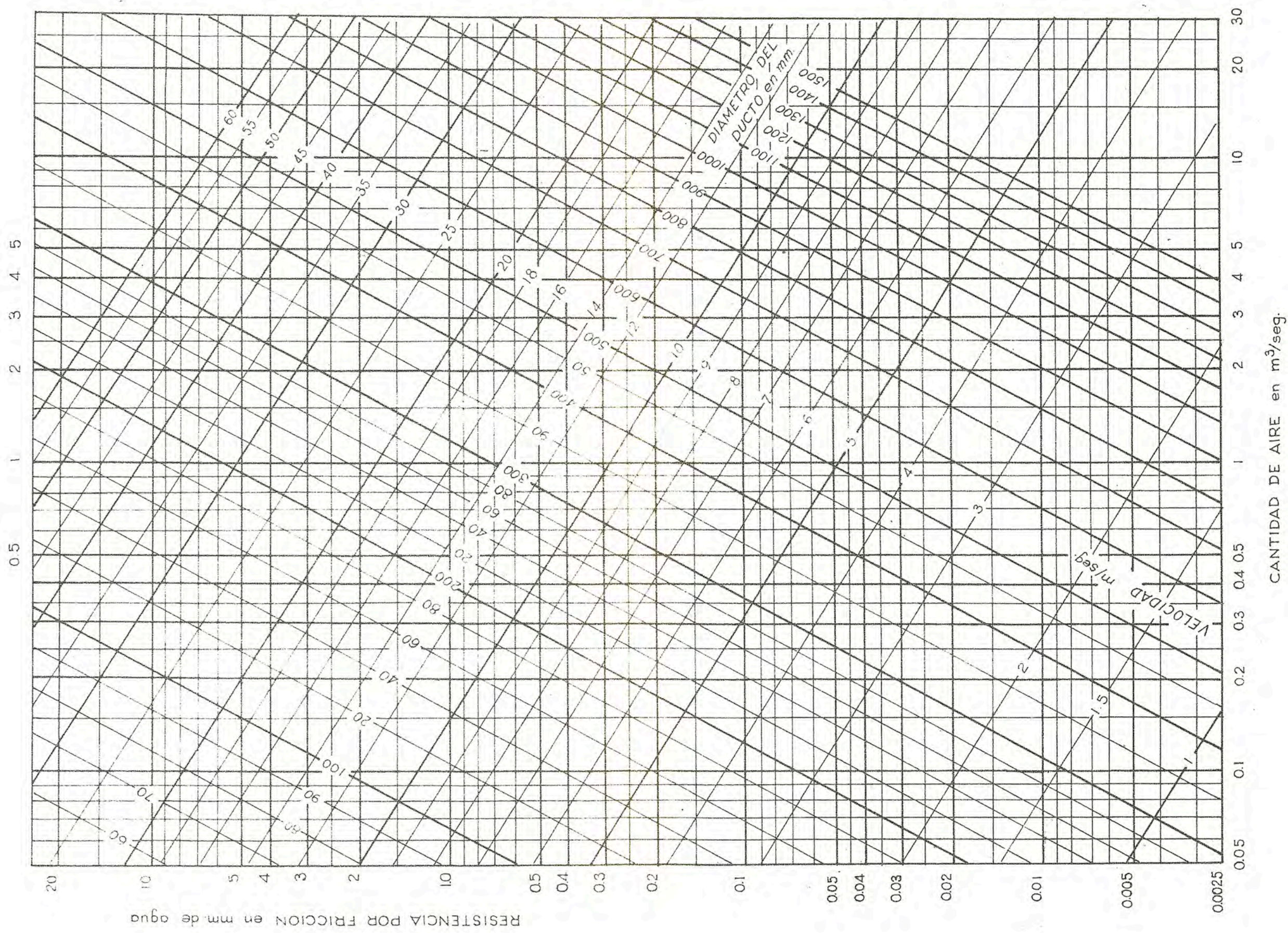
$$q = \frac{6.7 \times 60}{30 \times 60} \times 2 = 0.44 \text{ mts}^3/\text{seg.}$$

$$q = 0.44 \text{ mts}^3/\text{seg.} \dots\dots\dots (A)$$

Teniendo en cuenta otras consideraciones, la cantidad de aire que se necesita para mantener una buena ventilación en el frente, trabajando 13 hombres, se puede calcular partiendo de la consideración siguiente: un consumo de 9 mts³/min. y por hombre, lo que es mucho en el peor de los casos: tratándose de un

NOMOGRAMA PARA CALCULOS DE PERDIDA DE PRESION POR FRICCION EN DUCTOS

PARA AIRE a 20°C y 760 mm. de Hg.



trabajo duro. Este valor, nos dará para la capacidad del ventilador la siguiente:

$$13 \text{ hombres} \times 9 \text{ mts}^3/\text{min}/\text{hombre} \times 60' = 7,000 \text{ mts}^3/\text{hora} = \\ = 1.944 \text{ mts}^3/\text{seg.} \dots\dots\dots (B)$$

Por simple observación de los valores obtenidos en (A) y (B), notamos que el ventilador está sobrado para nuestras necesidades, las cuales llegan solamente al 25% de la capacidad de aquel.

Cálculo del espesor del ducto a usarse.- Consideremos los 2 casos:

A.-Caso de Ventiladores Impelentes:

La fórmula a usarse en este caso es:

$$e = \frac{p \times D}{2 \times w}$$

Donde: e= Espesor de la plancha

p= presión interior, en lbs/pulg²

D= diámetro del ducto, en pulgadas; y,

w= esfuerzo de tracción, en libras/pulg²

Se ha escogido para los ductos, planchas de fierro galvanizado, en las que se tiene un w=12,000 lbs/pulg². Los valores que disponemos nos dan para el espesor:

$$e = \frac{305 \times 1.422 \times 10^{-3} \times 24''}{2 \times 12,000} = 0.000434''$$

Resultado que nos indica que cualquier dimensión para el espesor es suficiente para las características que tenemos.

B.-Caso de Ventiladores Aspirantes.- Aquí consideramos la fórmula:

$$p = \frac{E}{4} \left(\frac{e}{R} \right)^3$$

Donde: p = Presión exterior límite que puede soportar el ducto
 E = módulo de elasticidad, en nuestro caso es 2.1×10^6
 e = espesor de la plancha; y,
 R = radio del ducto.

De aquella fórmula obtenemos para el espesor máximo:

$$e = R \sqrt[3]{\frac{4p}{E}} = 0.0124 R \sqrt[3]{p}$$
$$e = 0.0124 \times 12'' \times 2.54 \times \sqrt[3]{0.0305}$$
$$e = 0.12 \text{ cms} = 1/21''$$

Este resultado era de esperarse. En conclusión, se considerará como espesor de la plancha, este valor, más un coeficiente de seguridad por posibles deterioros, por causa de la corrosión.

Cálculo del diámetro del ducto.- Si supongo que el ducto a usarse tenga un diametro de $18'' = 45.72 \text{ cms}$.

Para este diámetro la tabla de la página 84 nos da para la resistencia por fricción (R) un valor de $0.33 \text{ mms. de agua/metro}$, lo cual en (L) $4,000$ metros nos dará para la presión estática (P_e); lo siguiente:

$$P_e = R \times L = 0.33 \times 4,000 = 1320 \text{ mms. de agua.}$$

Tal pérdida es demasiada y en tal sentido, no conviene porque por manufactura y razones económicas es aconsejable como máximo una presión estática de $1,000 \text{ mms. de agua}$.

Usando un ducto de $24'' = 60.96 \text{ cms.}$, resulta por el mismo nomograma una resistencia por fricción de $0.07 \text{ mms. de agua/metro}$. Para los $4,000$ metros nos da, una presión estática de

$$P_e = 0.07 \times 4,000 = 280 \text{ mms. de agua.}$$

Estudiando los gráficos de varios ventiladores "BAHCO" como posibles a usarse, en nuestro caso, se ha llegado a la conclusión de que satisface nuestras exigencias, el VENTILADOR CENTRIFUGO BAHCO MDB 35. Este ventilador nos da una presión dinámica (presión de velocidad) de 25 mms. de agua.

Cálculo de la potencia del motor. - La fórmula siguiente nos da la potencia teórica, esta es:

$$HP_t = \frac{q \times P_t}{75 \times 3600}$$

Donde: HP_t = Potencia teórica

q = cantidad de aire necesario en mts³/hora

P_t = presión total = ($P_e + P_d$), en mms. de agua.

$P_t = 280 + 25 = 305$ mms. de agua

$q = 7,000$ mts³/hora

Valores que reemplazados en la fórmula anterior nos da:

$$HP_t = \frac{7,000 \times 305}{75 \times 3600} = 7.90 \approx 8$$

Pero como en la altura, el rendimiento o eficiencia, tanto eléctrica como mecánica, no es del 100%; y, considerando una eficiencia solo del 60%, tendremos una potencia práctica de:

$$HP_p = \frac{8}{0.60} = 13.33$$

$$\underline{HP_p = 14}$$

----- ° -----

CONCLUSIONES

- 1.-El aire de la mina debe tener como mínimo 19.5% de oxígeno, no más de 0.5% de anhídrido carbónico ;y, ninguna cantidad de gases nocivos o tóxicos.
- 2.-Toda mina debe tener buena ventilación, sea ésta natural o forzada (mecánica). De tal manera que debe proporcionar a los trabajadores,aire puro o sano para la respiración y, obtenerse así de aquellos, en cambio un buen rendimiento.
- 3.-En toda mina, debe usarse equipos adecuados para evitar así, los incendios y explosiones.
- 4.-El personal entrenado (Cuadrillas de Salvataje y Rescate Mineros) debe tener un conocimiento amplio de los gases de mina, manera de detectarlos y tratamiento de personas que han estado expuestas a un determinado gas.
- 5.-Toda mina, según su tamaño, debe tener una o varias Cuadrillas de Salvataje y Rescate Mineros, equipadas con todos los aparatos necesarios para cumplir satisfactoriamente su delicada misión. Tales Cuadrillas, deben efectuar prácticas en forma continua, de tal modo, que les permita estar en condiciones de actuar en cualquier momento de ser requerida su intervención en el cumplimiento de su delicada labor.
- 6.-Las corrientes de "aire de entrada" y de "aire de retorno" deben circular por labores distintas.
- 7.-Los niveles usados con fines de ventilación, deben estar siempre libres, a fin de permitir el paso o circulación del aire.

- 8.-En los casos de ventilación mecánica, las corrientes de ventilación deben ser regulables, sobre todo en aquellos lugares en que haya posibilidad de incendio.
- 9.-En el caso de usarse ventiladores, éstos deben ser reversibles, porque las circunstancias a veces, así lo exigen; han habido casos de que por simple inversión de la corriente de ventilación, se han combatido fácilmente incendios en las minas. La orden de inversión de la corriente de aire de ventilación debe ser dada únicamente por la autoridad de mayor jerarquía en la mina.
- 10.-Después de los disparos se debe tener suficiente cantidad de aire para diluir o extraer en el menor tiempo posible, los gases producidos por aquellos.
- 11.-En casos de necesidad y según las circunstancias, se podrá colocar en el interior de la mina, ventiladores auxiliares o de apoyo que impidan la recirculación del aire.
- 12.-No debe permitirse que los mineros acudan a precauciones por ellos escogidas, sino a aquellas establecidas por el Cuerpo de Ingenieros.

B I B L I O G R A F I A

- Bureau of Mines "Explosiones e Incendios en Minas de Carbón Vituminoso"
- Bureau of Mines "Incendios, Gases y Ventilación en Minas Metálicas y no Metálicas"
- J.J. Forbes y G.W. Grove "Protection Against Mine Gases"
- J.J. Forbes y G.W. Grove .. "Mine Gases and Methods for Detecting Them"
- Julio Flores C. y W.G. Wood "Curso de Salvataje Minero"
- George J. Young "Elementos de Minería"
- Robert Peele "Mining Engineers' Handbook"
- E.P. Treadwell "Tratado de Química Analítica"
- Manuel Llosa P. "Curso de Explotación de Minas"
- Mine Safety Appliances Co.. "Catalog of Safety Equipment for the Mining Industries"
- Consejo Interamericano de Seguridad "El Supervisor de Seguridad"