

Termodinámica elemental de los gases anestésicos

PRIMERA PARTE:

La Materia: Al espacio que ocupa un cuerpo se le denomina volumen, los cuerpos se pueden presentar en tres estados a saber: sólidos líquidos y gaseosos. Los sólidos tienen forma fija. Los líquidos se pueden verter de unos recipientes a otros conservándose su volumen constante y adoptando la forma del recipiente que los contenga. Los gases no se pueden retener sino en recipientes cerrados, y en cuanto éstos se abren se difunde el gas, a este fenómeno se le llama expansión.

Hay cuerpos que son conocidos en los tres estados, el agua en forma de hielo, sólido, o en forma de vapor, gas; otros cuerpos se conocen únicamente en dos estados y algunos solamente en uno.

La materia es impenetrable. El espacio ocupado por una partícula material no puede estar al mismo tiempo ocupado por otra.

La materia es divisible. Se puede cortar, desprender, etc., en sus tres estados.

Las moléculas. Las partículas más pequeñas de un cuerpo que conservan las mismas características de éste o su sustancia y que son iguales entre sí se llaman moléculas.

Las moléculas no se hallan en contacto ni

en reposo, sino alejadas unas de otras y en movimiento.

Los Átomos. Las moléculas se pueden aún dividir pero al hacerlo dejan de ser partículas de la sustancia primitiva; convirtiéndose entonces en átomos, químicamente invisibles. Las moléculas son grupos de átomos estrechamente enlazados.

Los átomos en general no permanecen libres, cuando se separan de una molécula se enlazan con otros átomos para constituir nuevas moléculas, esta tendencia lleva el nombre de afinidad química, ya que el átomo muestra preferencias con respecto a otros átomos, uniéndose con mayor facilidad con los de determinadas sustancias que con los de otras.

La fórmula química de un cuerpo expresa el número y la clase de los átomos que forman las moléculas.

Leyes de los Gases.

Los gases se distinguen por su falta de cohesión y la gran movilidad de sus moléculas, se distinguen también por su *fuerza expansiva* o sea por su tendencia a ocupar siempre mayor espacio.

Dado lo anterior el volumen no sirve para indicar *directamente* la cantidad de gas sino que hay que saber su peso.

Presión de los gases. Si se impide la expansión de un gas encerrado en un recipiente, la tendencia al aumento de volumen se exterioriza por la presión que el gas ejerce sobre las paredes del mismo y perpendicularmente a ellas.

Debe distinguirse la presión que ejerce un gas que es igual en toda la superficie de su propio peso que actúa en forma vertical y dirigido hacia abajo. La presión de los gases se mide con los manómetros.

Peso de los gases. El volumen de un gas varía con la presión y la temperatura, es necesario suponer el volumen de un gas en condiciones normales.

Se ha convenido en tomar la temperatura

de 0°C y la presión de 760 mm de Hg, a estas condiciones corresponde el *peso específico normal* que con frecuencia se refiere al aire.

Ley general del estado gaseoso. Unidades de presión.

1 At = una atmósfera física equivalente a 760 mm Hg.

1 at = una atmósfera técnica equivalente a 1 Kg/cm².

1 at = 1 Kg/cm² · 0.968 AT = 10 mt de volumen de agua a 4°C, 73.55 cm. de mercurio a 0°C.

at = 1.033 Kg/cm² = 760 mm Hg.

TABLA I

Gas	Fórmula química	Peso específico	Densidad comparada con el aire	Estado físico en el cilindro
Aire	Mezcla de N ₂ -78.03 O ₂ -20.99, A ₂ -0.94, CO ₂ -0.03	0.001215	1	Gas
Oxígeno	O ₂	0.0013305	1.108	Gas
Anhidrido carbónico	CO ₂	0.001829	1.53	Gas licuado a menos de 31.1°C. Gas a 31.1°C o más.
Ciclopropano	C ₃ H ₆	0.00193	1.481	Gas licuado
Etileno	C ₂ H ₄	0.00119925	0.967	Gas licuado a menos de 10°C. Gas no licuado a 10°C o más.
Helio	He	0.0001664	0.138	Gas no licuado.
Monóxido de carbono	CO	0.001164	0.965	Gas
Oxido nitroso	H ₂ O	0.00183	1.518	Gas licuado a 36.7° C. Gas no licuado a 36.70°C o más.
Nitrógeno	N ₂	0.001165	0.966	Gas

Presión absoluta = altura barométrica + lectura del manómetro.

Lo que los manómetros indican es la sobrepresión o sea lo que la presión que se mide excede a la atmosférica, lo mismo ocurre en los vacuómetros que son los aparatos que miden la presión inferior a la atmosférica las cuales generalmente se gradúan en cm de Hg.

Ley de Boyle Mariotte.

Esta ley se refiere a la relación entre la presión y el volumen de los gases.

La presión P es inversamente proporcional al volumen V

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1} \therefore V_1 \times P_1 = V_2 \times P_2$$

Mientras no varíe la temperatura el producto del volumen por la presión es una cantidad constante, por consiguiente:

La presión y el peso específico son directamente proporcionales.

$$\frac{P}{P_2} = \frac{C_1}{2}$$

SEGUNDA PARTE

Ley de Gay Lussac.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

El volumen de los gases está en razón directa con sus temperaturas absolutas.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2}{P_1} \frac{T_1}{T_2} \text{ Ley de Gay Lussac y Boyle Mariotte combinada.}$$

$$\frac{PV}{T} = \text{constante como } e^o = \frac{1}{V^a}$$

peso específico de 1 kg. de gas reducido a su volumen normal V^o

$$\frac{PV}{T} = \frac{P^o V^o}{T^o} = \frac{P^o}{T^o e^o} = \frac{10332}{273 e^o} = R$$

R se llama constante del gas y sólo depende del peso específico como éste.

Si en lugar de 1 kg de gas se supone un peso W se tiene la Ley general del estado gaseoso.

$$PV = WRT \text{ y como } e = \frac{W}{V}$$

$$\frac{W}{V} = \frac{P}{RT} \text{ o sea } e = \frac{P}{RT}$$

Ejemplo: contenido de un cilindro de oxígeno tipo AO-40 a 50 Kg/cm² y a 100 Kg/cm².

Gay Lussac dedujo de sus experimentos que todos los gases tienen el mismo coeficiente de dilatación.

$$Cd = \frac{1}{273} = 0.00367$$

O sea que por cada grado de aumento de temperatura el volumen aumenta 1/273.

Al enfriar un gas el volumen se reduce por cada grado 1/273 lo que quiere decir que si la temperatura desciende a -273°C el gas carecería de volumen, a esta temperatura de -273°C se le ha llamado 0 absoluto.

Todos los gases tienen el mismo coeficiente de dilatación. Coeficiente de dilatación de los gases = 1/273 = 0.00367.

$$\text{Cero absoluto} = -273^{\circ}\text{C.}$$

Temperatura absoluta = $t + 273^{\circ}\text{C}$.

Cálculo de la constante de un gas en fusión de su peso específico.

$$R = \frac{10332}{273 \times e_0}$$

Ley de Avogadro.—El peso específico de los gases es proporcional al peso molecular M.

$$\frac{e^0}{1.293} = \frac{M}{28.9} \text{ por lo que } e^0 = \frac{1.293 M}{28.9}$$

substituyendo.

$$R = \frac{10332 \times 28.9}{273 \times 1.293 \times M} = \frac{848}{M}$$

Luego la constante de un gas en fusión de su peso molecular es:

$$R = \frac{848}{M}$$

TERCERA PARTE

Grados centígrados, grados Farenheit.

La apreciación de la temperatura es siempre relativa y depende de cuál sea la comparación que tomemos para medirla, sin embargo podemos medir una temperatura observando los efectos que ésta causa sobre los cuerpos y así tenemos que, *cuando un cuerpo se caliente éste se dilata y cuando se enfría se contrae.*

Como base de este fenómeno se escoge un cuerpo cuyo grado de dilatación o contracción se pueda observar fácilmente, y usamos este cuerpo para medir la cantidad

de calor, esta es la base del termómetro que es un aparato para medir temperaturas.

Para establecer una escala termométrica se parte comúnmente de dos puntos fundamentales, el correspondiente a la fusión del hielo y el de ebullición del agua.

Se mide en un termómetro la temperatura de fusión del hielo y después la temperatura de ebullición del agua (que varía con la presión atmosférica); la distancia entre dichos puntos se divide en un número determinado de partes llamadas grados.

Tres son los sistemas más comunes de división.

1. *El centígrado.*—Al punto de fusión del hielo se le designa 0° y al punto de ebullición del agua el 100 (100°C a una presión de una atmósfera).

2. *El reamur.*—En el que se designa con 0 la temperatura de fusión del hielo y por 80° la ebullición del agua, escala que ha caído por completo en desuso.

3. *Farenheit.*—En esta escala se designa en 32° el punto de fusión del hielo y con 212° el punto de ebullición del agua, esta escala es la usada en los países de lengua inglesa.

En todas las escalas pueden prolongarse en la misma forma las mediciones superiores al punto de ebullición del agua o inferiores al punto de fusión de hielo, los inferiores al punto marcado con 0° se les antepone el signo de — y se lee bajo cero.

Conversión de temperaturas.

$$F = \frac{9}{5} C + 32 \quad C = \frac{5}{9} (F - 32)$$

El termómetro de mercurio sólo es útil entre -29°C y $+200^{\circ}\text{C}$ ya que se congela a -39°C y hierve a $+357^{\circ}\text{C}$.

Para bajas temperaturas se suele usar el termómetro de alcohol que se congela a -130°C y hierve a $+60^{\circ}\text{C}$.

Para temperaturas elevadas se usan los termopares.

Cantidad de calor.

Todo cuerpo tiene una cierta cantidad de calor, a la cantidad de calor que desprende o recibe un Kg de agua para que su temperatura aumente o disminuya 1°C exactamente de 14.5° a 15° se le llama gran caloría o

Kilo caloría = 1 k cal.

Si se trata de un gramo de gas se denomina pequeña caloría

caloría gramo = 1 cal.

1 kg de agua de 14.5 a 15.5°C = 1 k cal.
= 1000 cal. o calorías gramo.

Calor específico de una sustancia, es la cantidad de calor que esa sustancia debe absorber para aumentar su temperatura en 1°C .

1BTU es la cantidad de calor necesario para aumentar la temperatura de 1 lb. de agua 1°F .

1 k cal. = 3.968 BTU.

El calor específico de los fluidos a volumen constante se denomina con CV y a presión constante como CP.

Para los gases manotómicos el calor específico no varía con la temperatura por CP
lo que la relación $\frac{\text{CP}}{\text{CV}}$ es constante e igual a 1.66.

Para gases diatómicos como el oxígeno y nitrógeno puede considerarse el valor de $K = 1.40$ aunque sí hay una pequeña variación con la temperatura. Para gases más complejos el valor de K varía según lo complejo de la molécula aumentado el calor específico a volumen constante y decreciendo por lo tanto el valor de K .

CUARTA PARTE

Energía térmica de una molécula gramo.

Las propiedades de los gases generalmente se toman en relación a la llamada molécula gramo de ese gas.

TABLA II

TABLA DE PESOS ATOMICOS Y MOLECULARES

Gas	Fórmula	Pesos atómicos	Peso molec.
Oxígeno	O_2	16	32
Anhidrido carbónico	CO_2	$12+2 \times 16$	44
Ciclopropano	C_3H_6	$3 \times 12 + 6 \times 1$	42
Etileno	C_2H_4	$2 \times 12 + 4 \times 1$	28
Helio	He	4	4
Monóxido de carbono	CO	$12+16$	28
Oxido nitroso	N_2O	$2 \times 14 + 16$	40
Nitrógeno	N_2	2×14	28

Molécula gramo de un gas es el peso en gramos del gas de que se trate igual numéricamente al peso molecular o sea el peso molecular del oxígeno = 32.

Molécula gramo de oxígeno es 32 gramos de este gas.

En el sistema inglés esta unidad se denomina pound-mol y es el peso en libras igual numéricamente al peso molecular o sea para el oxígeno 32 libras.

De donde el valor numérico de la molécula gramo es el mismo para el sistema métrico e inglés.

A la misma presión y temperatura el volumen de una molécula gramo es el mismo para todos los gases perfectos.

borboteo, se dice entonces que un líquido hierve.

El punto de ebullición varía con la presión, para un mismo líquido, cuando la presión aumenta, es necesario calentar más el líquido para que hierva y, entre menor es la presión más bajo es el punto de ebullición.

Se toma como punto de ebullición normal el correspondiente a la presión de 760 mm Hg.

Un líquido al calentarse aumenta su temperatura hasta llegar al punto de ebullición, al llegar a este punto la temperatura permanece constante mientras dure la vaporización, a la cantidad de calor que hay que

TABLA III

TABLA DE FORMULAS EMPIRICAS PARA CALCULAR EL CALOR ESPECIFICO DE UNA MOLECULA LIBRE A PRESION CONSTANTE

Gas	Símbolo	Ecuación Cp en BTU por mol.	Temperatura R.
Oxígeno	O ₂	11.515 — $\frac{(172)}{VT}$ + $\frac{(1530)}{T}$	540 5000
Nitrógeno	N ₂	9.47 — $\frac{(3.47 \times 10^3)}{T}$ + $\frac{(1.16 \times 10^6)}{T^2}$	540 5000
Monóxido de carbono	CO	9.46 — $\frac{(3.29 \times 10^3)}{T}$ + $\frac{(1.07 \times 10^6)}{T^2}$	540 5000
Bióxido de carbono	CO ₂	16.2 — $\frac{(6.53 \times 10^3)}{T}$ + $\frac{(1.4 \times 10^6)}{T^2}$	540 6300
Etileno	C ₂ H ₄	6.0 + 8.33 x 10 ³ T	

Fórmulas obtenidas empíricamente a partir de la ecuación del calor específico con auxilio de datos obtenidos con espectroscopio.

Vaporización.

La vaporización de un líquido se efectúa a una determinada temperatura denominada *punto de ebullición*, la temperatura de ebullición se alcanza primero en determinados sitios, en donde se forman burbujas de gas que al salir a la superficie ocasionan un

suministrar a un kg de dicho líquido durante el tiempo que dure la evaporación se le llama *calor específico de vaporización*.

El calor de vaporización puede medirse, midiendo el calor de condensación de cualquier vapor, haciendo pasar el vapor desde el recipiente en donde se produce la ebullición

ción a condensarse dentro del calorímetro.

Ordinariamente la condensación tiene lugar en un serpentín sumergido en el calorímetro de modo que la cantidad de vapor condensado puede determinarse pesando el serpentín antes y después del experimento.

El calor perdido por el vapor es igual al calor ganado por el agua.

$$M_s (100 - t_2) = M_w (T_2 - t_1)$$

Calor cedido por el vapor que se condensa = $M_s L$

Calor cedido por el vapor condensado (agua a 100°C) al enfriarse hasta $t_2 = M_s (100^\circ - t_2)$.

Calor absorbido por el calorímetro = $M_w (t_2 - t_1)$.

Volumen de un fluido al evaporarse.

Si queremos conocer el aumento de volumen de un fluido al evaporarse o sea de los puntos 2 a 3 de la gráfica tenemos.

$$T = P (V_2 - V_1) \quad \frac{T}{P} = V_2 - V_1$$

$$V_2 = \frac{T}{P} + V_1 \quad \text{y en función del calor}$$

$$V_2 = \frac{T = 427 \times Q}{Q \times 427} + V_1$$

Si queremos conocer la concentración de un vapor en un volumen de aire determinado al evaporar un volumen X de su forma líquido tenemos:

Ejemplo:

Qué concentración de vapor de agua saturado tendremos al evaporar 10 cm³ de agua en un volumen de 10000 cm³ de aire a presión constante de 1 kg/cm² absoluta.

$V_2 = \frac{427 \times Q}{P} + V_1$ El calor específico de vaporización para el agua es 539.3 cal/kg.

$$10 \text{ cm}^3 = 10 \text{ gramos} = 0.010 \text{ kg.}$$

$$Q = W \times C_v$$

$$Q = 539.3 \times 0.010 = 5.393 \text{ calorías.}$$

$$V_2 = \frac{427 \times 5.393}{1} + 10 = 2310 + 10 = 2320 \text{ cm}^3.$$

La concentración es

$$= \frac{2320}{10000} \times 100 = 23.20\%$$

TABLA IV

CALORES LATENTES DE VAPORIZACION (CALORES ESPECÍFICOS DE VAP.) DE ALGUNOS LIQUIDOS

Líquido	Calor latente de vaporización
Alcohol etílico	367
Cloroformo	110
Eter	162
Oxígeno	92
Nitrógeno	86
Hidrógeno	194

QUINTA PARTE

Los gases medicinales se preparan bajo un control muy riguroso para que cumplan con las especificaciones de pureza que prescribe la *Pharmacopeia of the United States*. Normalmente se transportan envasados en cilindros metálicos que deben cumplir las normas reglamentarias que en los Estados Unidos se fijan por la *Interstate Commerce Commission (ICC)*.

En los cilindros que contienen gas comprimido *licuado* y vapor en equilibrio, la presión dentro del envase resulta determinada exclusivamente por la presión del vapor del líquido contenido a la temperatura existente en el interior y no guarda relación con la cantidad de líquido que haya en el cilindro. En consecuencia, para una temperatura determinada, la presión en un cilindro que contenga gas comprimido *licuado* tal como el óxido nitroso, el anhídrido carbónico o el ciclopropano, permanecerá aproximadamente constante según se va vaciando lentamente el cilindro hasta que el líquido se agote por completo en cuyo caso la presión irá disminuyendo en proporción a la velocidad con que se vacíe el gas. La presión en un cilindro cargado con gas *licuado* no da, por tanto, una indicación de la cantidad de gas que queda en el cilindro. Para saber el verdadero contenido de un cilindro en este caso, es preciso pesarlo.

Mezclas de helio y oxígeno.

Las mezclas de helio y oxígeno se suministran en diferentes proporciones, siendo la más corriente la mezcla de 80% de helio con un 20% de oxígeno. Estas mezclas existen en los cilindros como gases no *licuados* de composición homogénea. Los cilindros se cargan normalmente a presiones manométricas de 115 a 140 kg/cm² ,1,650-2,000 lbs/sq. in.) para 21°C (70°F) de temperatura según los tipos. A cualquier temperatura dada la presión disminuye proporcionalmente a la disminución del contenido del cilindro.

Una onza de una mezcla de 80% de helio con 20% de oxígeno, equivale a temperatura y presión normales a unos 19 galones. Un kilogramo de la mezcla citada en

las mismas condiciones de presión y temperatura, equivale a 2,600 metros cúbicos.

Los gases descritos en las páginas anteriores, han sido clasificados por la ICC como gases comprimidos y por tanto, su transporte está sujeto a los reglamentos que rigen para éstos. Las especificaciones exigen entre otras cosas, que el acero usado para fabricar los cilindros reúna determinadas condiciones físicas y químicas, así como que los cilindros sean sometidos a una revisión periódica.

Revisión de cilindros.

Los reglamentos de la ICC prescriben que, salvo contadas excepciones, los cilindros deben someterse a una prueba por presión hidrostática interna, por lo menos una vez cada cinco años, estas pruebas deben hacerse a las presiones mínimas indicadas en los citados reglamentos para cada tipo de cilindros; por ejemplo, los cilindros ICC-3A deben probarse a una presión mínima igual a los 5/3 de la presión de servicio. Los cilindros que hayan sido expuestos a fuego deben retirarse del servicio hasta ser sometidos a un tratamiento térmico adecuado, después del cual se probarán en la forma indicada.

Todo cilindro que tenga escapes, muestre señales de golpes o abolladuras que puedan haberlo debilitado considerablemente o en la prueba presente una expansión permanente superior al 10% de la expansión total, debe ser rechazado. Los cilindros rechazados por tener una expansión permanente excesiva, pueden ser sometidos a un tratamiento térmico, después del cual, volverán a probarse antes de ponerse de nuevo en servicio.

Deben archivar-se los datos y resultados

de las pruebas periódicas a que son sometidos los cilindros y en cada uno de éstos, después de probado, se estampará en números el mes y año de la prueba, sin borrar las fechas de las pruebas anteriores (por ejemplo, Abril, 1949-4-49).

TABLA V

COLORES PRESCRITOS PARA LOS ENVASES POR EL DEPARTAMENTO DE COMERCIO EN U.S.A.

<i>Clase de Gas</i>	<i>Color</i>
Oxígeno	Verde
Anhidrido carbónico	Gris
Oxido nitroso	Azul claro
Ciclopropano	Naranja
Helio	Café
Etileno	Rojo
Oxígeno y anhidrido carbónico	Verde y gris
Helio y oxígeno	Café y verde

Precauciones de seguridad para el manejo de gases medicinales.

Reglas generales.

1. No se permite nunca que aceites, grasas u otras sustancias, fácilmente combustibles se pongan en contacto con los cilindros, válvulas, reguladores, manómetros, mangueras ni conexiones. El aceite y ciertos gases tales como el oxígeno o el óxido nitroso, pueden formar combinaciones de gran potencia explosiva.

2. No deben lubricarse nunca las válvulas, reguladores, manómetros ni conexiones con aceites ni otras sustancias combustibles.

3. No deben manejarse los cilindros con manos o guantes sucios de aceite o grasas.

4. Las conexiones a las tuberías, reguladores, etc., deben conservarse perfecta-

mente apretadas para impedir los escapes de gas. Cuando se usen mangueras, debe tenerse cuidado de que estén en buenas condiciones.

5. Nunca debe usarse una llama abierta para detectar las fugas de gas. Empléese el agua jabonosa.

6. Evítese que las chispas o llamas de cualquier clase puedan entrar en contacto con los cilindros o el resto del equipo.

7. Los reguladores y otros aparatos que se usen con un determinado gas, no deben emplearse nunca para otro gas distinto.

8. Abrase completamente la válvula del cilindro mientras se esté usando el gas.

9. No se intente nunca mezclar gases dentro de los cilindros (las mezclas deben obtenerse ya preparadas, de fabricantes autorizados).

10. Antes de colocar los cilindros en uso, deben retirarse todas las envolturas de papel para que queden bien visibles las etiquetas y marcas.

11. No se borre ni arranque ninguna de las etiquetas usadas para identificar el contenido de un cilindro. Esto se aplica a todos los rótulos, calcomanías y etiquetas. Al rellenar los cilindros no deben volverse a usar las etiquetas anteriores.

12. No deben tocarse para nada los tapones o artefactos de seguridad de las válvulas o cilindros.

13. No debe intentarse nunca hacer reparaciones ni modificaciones en los cilindros.

14. Los cilindros no deben usarse para

ningún otro objeto que no sea el almacenamiento de gas.

15. Las válvulas de los cilindros deben mantenerse siempre cerradas, excepto cuando se está usando el gas.

16. Notifíquese al abastecedor del gas si circunstancias fortuitas han hecho posible que haya entrado alguna sustancia extraña al interior del cilindro, dando todos los detalles así como el número del mismo.

17. No se coloquen los cilindros donde puedan entrar a formar parte de un circuito eléctrico.

18. El repintado de los cilindros sólo debe ser hecho por el abastecedor.

19. Los gases comprimidos sólo deben ser manejados por personas experimentadas y debidamente instruidas.

20. Ninguna de las partes de un cilindro que contenga un gas comprimido debe someterse nunca a una temperatura superior a 52°C (125°F). Una llama directa nunca debe permitirse que entre en contacto con ninguna parte de un cilindro con gas comprimido.

Manejo de los cilindros.

1. Cuando se usen caperuzas para protección de las válvulas de los cilindros, éstos no deben moverse sin haberla atornillado debidamente.

2. Nunca se dejen caer los cilindros ni se permita que choquen uno con otro con violencia.

3. Evítese arrastrar o rodar los cilindros. Es más seguro mover los cilindros de tamaño grande, incluso para distancias

cortas, usando una carretilla apropiada, en cuyo caso hay que asegurarse de que la cadena o banda de sujeción, esté colocada en forma conveniente.

Almacenaje de los cilindros.

Bien sea que los cilindros de gases medicinales se tengan en existencia por hospitales, doctores o distribuidores, la cuestión de su almacenaje es de la mayor importancia. Muchas poblaciones tienen ordenanzas municipales que reglamentan el almacenaje de gases medicinales. Las personas que tengan depósitos de estos gases, deben estar familiarizadas con dichas ordenanzas y cumplirlas al pie de la letra. En el almacenaje de cilindros de gases medicinales, se recomienda que sigan también las reglas siguientes.

1. Debe existir un lugar especial para el almacenaje de los cilindros.

2. Los cilindros llenos y vacíos deben almacenarse por separado, planeando el almacén en tal forma, que los cilindros que lleven más tiempo en el depósito se puedan sacar primero, con un mínimo de movimiento de los cilindros restantes.

3. Los almacenes deben ser secos, fríos y bien ventilados. Donde sea posible, los locales deben ser a prueba de incendios. El almacenamiento en sótanos debe evitarse y los locales reunirán las condiciones que determinen las ordenanzas municipales y estatales aplicables.

4. Los cilindros deben ser protegidos contra temperaturas demasiado elevadas. No se almacenarán los cilindros en las proximidades de estufas, radiadores ni otras fuentes de calor, ni cerca de sustancias inflama-

bles como gasolina, aceites, estopa o desperdicios. Consérvense los cilindros lejos de chispas y llamas.

5. Los cilindros que contengan gases inflamables, no deben almacenarse en el mismo local que los que contengan oxígeno u óxido nítrico. (En cambio se recomienda guardar cilindros con anhídrido carbónico en el mismo local que los gases inflamables, ya que esto constituye un excelente extinguidor del fuego).

6. Nunca se almacenarán los cilindros en la sala de operaciones.

7. Los cilindros pequeños, se almacenarán mejor en cajones, agrupados los de un mismo gas o mezcla de gases.

8. Los cilindros grandes, deberán colocarse contra una pared para evitar que se caigan. No deben colocarse en pasillos que se usen para el paso de carretillas. Lo mejor es sujetarles a una pared por medio de cadenas.

9. Deben protegerse cuidadosamente los cilindros de cualquier objeto que pudiera producir cortes o raspaduras en la superficie del metal. No se almacenarán en lugares donde estén expuestos a que caigan sobre ellos objetos pesados. Cuando lleven caperuzas para protección de las válvulas, las tendrán puestas todo el tiempo que estén almacenados.

10. Pueden almacenarse los cilindros al aire libre, protegiéndoles contra las inclemencias del tiempo y aislándolos del suelo para evitar la oxidación. Durante el invierno, se protegerán contra acumulaciones de nieve o hielo y en verano hay que evitar que les lleguen directamente los rayos del sol.

11. No se deben dejar los cilindros expuestos a la humedad continua, ni se almacenarán cerca de sustancias químicas corrosivas o humos. La oxidación puede ocasionar daños irreparables a los cilindros y puede ocasionar daños irreparables a los cilindros y puede hacer que las caperuzas de protección queden pegadas al cuerpo del cilindro dificultando su remoción.

12. Nunca se almacenarán cilindros donde aceites, grasas ni otros combustibles puedan llegar a ponerse en contacto con ellos. El aceite con los gases oxígeno y óxido nítrico se combina con gran violencia explosiva.

13. Los cilindros deben ser protegidos para evitar que sean manejados por personas no familiarizadas con su uso.

14. Las válvulas se mantendrán cerradas siempre, después de vaciados los cilindros.

SEXTA PARTE

Vaciado de los cilindros.

1. No intente nunca usar el contenido de un cilindro sin utilizar un aparato apropiado para regular la presión. Los reguladores de presión son los mejores para reducir la presión del gas que sale del cilindro. Si se usan válvulas de aguja, es preciso tener cuidado de que no se desarrollen presiones excesivas en los aparatos o tuberías situados después del paso del gas por la válvula.

2. No se deben quitar las caperuzas hasta que se esté preparado para usar el

gas o conectar el cilindro a un sistema de distribución.

3. Cuando los cilindros se conectan a una central de gas, ésta debe estar diseñada especialmente para el caso y provista del número de reguladores de presión que sea necesario, o un regulador apropiado.

4. Después de quitar la caperuza, ábrase por un momento la válvula para dejar que el gas arrastre el polvo o suciedad que pueda encontrarse en la abertura.

5. Al abrir la válvula dirijase el chorro de gas lejos del operador. Nunca deben usarse para abrir las válvulas, otras herramientas que las proporcionadas por el abastecedor de gas. No debe martillarse el volante de la válvula al intentar abrirla o cerrarla.

6. Los reguladores, manómetros o centrales de gas dispuestos para uso con un gas determinado, no deben usarse con cilindros que contengan otros gases.

7. Es importante asegurarse de que las roscas de los reguladores y demás equipo auxiliar, sean las mismas que las de la salida de la válvula del cilindro. Nunca deben forzarse las conexiones para lograr que se ajusten.

8. Después de conectar el regulador y antes de abrir la válvula del cilindro compruébese que el regulador tiene cerrado el paso del gas. En el caso de reguladores provistos de un tornillo de ajuste de presión, esto se consigue girando el tornillo en dirección contraria a las agujas de un reloj, hasta que quede libre.

9. No debe permitirse que el gas entre repentinamente al dispositivo de regulación

y por esto debe abrirse despacio la válvula del cilindro.

10. Antes de quitar el regulador, debe cerrarse la válvula del cilindro y quitar toda presión del aparato.

11. Manténgase los cilindros vacíos con las válvulas cerradas.

Trasvase de cilindros.

Existen peligros serios en la operación de trasvasar gas comprimido de un cilindro grande a otro pequeño. Por esto, la *Compressed Gas Association, Inc.*, en sus comunicaciones a directores de hospitales y anestesistas profesionales, hace siempre hincapié en la necesidad de abandonar la práctica del trasvase de cilindros en los propios hospitales o dispensarios y de que se envíen siempre los cilindros que deban rellenarse a las plantas de llenado, teniendo en cuenta las siguientes razones:

1. Siempre existe el peligro de llenar con exceso los cilindros pequeños cuando la operación se hace por personas sin experiencia y a las que falta un conocimiento adecuado de las presiones de llenado correctas, así como de las propiedades del gas que se está manejando. Las presiones y densidades de llenado varían para cilindros de distintos fabricantes y propietarios, incluso aunque su tamaño parezca ser el mismo. El llenar con exceso un cilindro puede ocasionar su rotura y destrucción. Los operarios dedicados al trasvase de gases a la alta presión, precisan de una dirección técnica experimentada y de un equipo en perfectas condiciones para evitar desgracias personales o daños en los aparatos.

2. A menos de tomar las debidas pre-

cauciones, puede ocasionarse una mezcla peligrosa de gases al trasvasar el gas de un cilindro a otros. Los fabricantes hacen notar que anualmente reciben muchos cilindros devueltos que están aparentemente vacíos y sin embargo contienen éter o gases inflamables o que están parcialmente llenos con gases distintos al del embarque original. La mezcla de gases inflamables con gases que contienen oxígeno, puede causar una explosión muy grave. Para evitar esto, los fabricantes han establecido normas y previsto un equipo especial para hacer una perfecta limpieza y preparación de todos los cilindros de gases medicinales, antes de proceder a rellenarlos.

3. Los cilindros que se han usado para un tipo de gas, pueden inadvertida o intencionalmente rellenarse por operarios sin experiencia o mal enseñados, con un gas distinto del que originalmente o últimamente contenía el cilindro. Esta práctica ocasiona desde luego, una contaminación del gas y al mismo tiempo puede originar explosiones peligrosas.

4. Los artefactos de seguridad, válvulas y demás piezas, deben inspeccionarse con frecuencia para asegurar una operación sin riesgos y es preciso hacer reparaciones o sustituciones cuando se encuentre algún defecto. Los fabricantes dedicados a la producción de gases, son los que están mejor equipados para poder hacer este trabajo tan esencial de mantenimiento.

Uso del éter con los gases medicinales.

Aunque el éter no es un producto de la industria de los gases medicinales, se usa tanto en combinación con gases medicinales, que es muy importante conocer los ries-

gos que acompañan a su uso. El éter es un líquido muy volátil y produce, incluso a bajas temperaturas, vapores que forman con el aire o con el oxígeno, mezclas inflamables y explosivas. Estos vapores aunque son más pesados que el aire pueden trasladarse hasta distancias considerables, llegando hasta una fuente de ignición, produciendo una inflamación o explosiones que se propagan rápidamente. Una continua exposición de las botellas o frascos que contengan éter a la luz del sol, puede dar lugar a la formación de peróxidos que se inflaman espontáneamente. Para evitar que estos peróxidos se formen en el aparato de anestesiarse, las mechas en que se vaporiza el éter, deben enjuagarse y secarse bien después del uso diario y debe vaciarse el éter que quede en el frasco del vaporizador, limpiando bien éste antes de volver a colocarlo en el aparato. Los recipientes que contengan éter deben almacenarse en sitios donde estén resguardados de golpes y roturas y conservarse en locales sin calefacción donde no les llegue la luz solar directa y lejos de cualquier fuente de ignición. Cuando se use el éter en conexión óxido nítrico u oxígeno para anestesia, se debe evitar cuidadosamente el agotar por completo el contenido de los cilindros de gas, pues dejando una presión residual, se evitará que los vapores de éter puedan entrar en los cilindros, con los riesgos de explosión indicados.

Reguladores.

El objeto de un regulador es reducir la presión del gas que sale del cilindro a una presión apropiada para el uso y mantener constante el flujo de gas. Erróneamente se suelen emplear los términos de *manómetro*

TABLA VI

LIMITES DE IGNICION DE LOS GASES ANESTESICOS

<i>G a s</i>	<i>Características de combustión</i>	<i>Límite del llenado normal</i>
Bióxido de carbono	No inflamable, no mantiene la combustión.	68% del peso del volumen del agua.
Ciclopropano	Inflamable. 2.4 a 10.3% en el aire 2.48 a 60.0% con oxígeno.	55% del peso de agua que puede contener el cilindro.
Etileno	Inflamable. 3.05—28.6% en el aire 1.90—79.9% en oxígeno.	31.0—32% del peso del agua que pueda contener el cilindro.
Helio	No inflamable. Mantiene la combustión.	68% del peso de agua que pueda contener el cilindro.
Oxígeno	No inflamable. Mantiene la combustión.	125 a 170 kg/cm ² a 21°C.
Oxido nitroso	No inflamable. No mantiene la combustión.	68% del peso de agua que pueda contener el cilindro.

o *válvula* para designar un regulador. Una válvula se define como un mecanismo que abre o cierra un paso. Usualmente se aplica este nombre a la pieza situada sobre la cabeza del cilindro y a la que se conecta al regulador.

El manómetro es un instrumento de medida y la mayor parte de los reguladores están equipados con dos manómetros. El más próximo al cilindro mide la presión del

gas en el cilindro y el otro manómetro registra la presión con que se está usando el gas o en otros tipos, mide el consumo de gas en litros o en galones por minuto.

Según los tipos de reguladores, varían los dispositivos utilizados para controlar el flujo del gas, pero lo más general, es hacer este ajuste por medio de un tornillo que va situado en el frente del regulador.