



COLIN WHITELEY
Director gerente de Wormald
Mather + Platt España, S. A.

Aspectos de la protección contra incendios mediante Inergen

SUMARIO:

Hoy en día las nuevas leyes de protección al medio ambiente exigen a la industria la sustitución de numerosos compuestos químicos por otros menos dañinos. Ése es el caso de los halones, hasta hoy utilizados como agentes extintores de gran eficacia en recintos cerrados, pero que han demostrado a la vez su impacto negativo en la capa de ozono. Fruto de numerosas investigaciones es el nuevo agente extintor Inergen, llamado a ser el sustituto por excelencia de la familia halón. El autor en su artículo hace una detallada exposición de las características y ventajas de este nuevo gas extintor que protege simultáneamente bienes, personas y el medio ambiente.

Palabras clave: Extinción de incendios, inertización, Inergen.

INTRODUCCIÓN

Desde su lanzamiento hace unos meses, el Inergen se ha impuesto en toda Europa como un gas extintor ideal para la inundación total. Sustituye tanto al Halón 1301 como al CO₂ con importantes ventajas. Existen más de 100 sistemas en funcionamiento desde Finlandia hasta España y se han apagado varios incendios reales. Está homologado por el VdS,

tuye tanto al Halón 1301 como al CO₂ con importantes ventajas. Existen más de 100 sistemas en funcionamiento desde Finlandia hasta España y se han apagado varios incendios reales. Está homologado por el VdS,

la prestigiosa unión de aseguradores alemanes, y está siendo probado por otros organismos en todo el mundo, entre los que hay que destacar FM y UL, en Estados Unidos, y LPCB, en Inglaterra. Se están preparando normas para el diseño de las instalaciones en Europa, Estados Unidos y Australia.

El nuevo agente apaga el fuego desplazando el oxígeno en el aire. Utiliza únicamente nitrógeno, argón y anhídrido carbónico, todos ellos componentes naturales del aire que respiramos. En consecuencia, no puede perjudicar el medio ambiente.

Para las personas no existe ningún peligro por la reducción de oxígeno: la pequeña cantidad de anhídrido carbónico que contiene el gas estimula de forma natural la respiración, y el cerebro sigue recibiendo todo el oxígeno que necesita.

No utiliza ninguna reacción quími-

ca en la extinción, por lo que no hay ni productos de descomposición ni corrosión.

Se trata del primer agente extintor que protege simultáneamente los **bienes**, las **personas** y el **medio ambiente**. Quisiera dedicar este artículo a la consideración de algunos detalles de cada uno de estos tres aspectos.

LA PROTECCIÓN DE LOS BIENES

La extinción del fuego por el mecanismo de la inertización tiene una larga historia. El inertizante más utilizado hasta ahora ha sido el CO_2 , pero en principio se puede usar cualquiera de los gases inertes (helio, argón, xenón...) o semi-inertes (nitrógeno e incluso el vapor de agua). El proceso es siempre el mismo: el desplazamiento del oxígeno contenido en el aire de manera que su concentración se reduzca del 21 por 100 normal a un valor más bajo. Prácticamente todos los combustibles normales dejarán de arder si la concentración de oxígeno se reduce a menos del 15 por 100. La aplicación del Inergen al 40 por 100 por volumen (0,4 m³ del gas por cada m³ de aire) produce una atmósfera con una concentración de oxígeno de entre el 13 y el 15 por 100. (En la práctica se incrementa la cantidad de agente a 0,5 m³/m³ para cubrir una serie de factores de seguridad.)

La figura 2 muestra los resultados de una serie de pruebas realizadas por Factory Mutual Research y que demuestran la inertización por Inergen de una mezcla de metano y aire.

Podría parecer a primera vista que si dejamos de lado el aspecto de la seguridad de las personas, extinguir con el nuevo agente sería lo mismo que extinguir con CO_2 , pero de hecho el Inergen tiene importantes ventajas sobre éste.

El CO_2 es mucho más pesado que el aire, por lo que es muy difícil mantener la concentración de diseño si el recinto no está muy bien cerrado. Incluso dentro de la sala, el CO_2 tiende a concentrarse en la parte baja, tanto por su densidad como por estratificación térmica. El Inergen, en cambio, se mantiene como mezcla homogénea durante mucho tiempo, ya que su densidad es muy cercana a la del aire. (Hasta es posible entrar y salir por la puerta sin perder la concentración extintora.) Esto lo hace ideal para el control de los fuegos profundos, donde es imprescindible que la concentración se mantenga hasta que ya haya desaparecido el riesgo de la reignición.

FIGURA 1. Instalación típica de inundación total por Inergen.

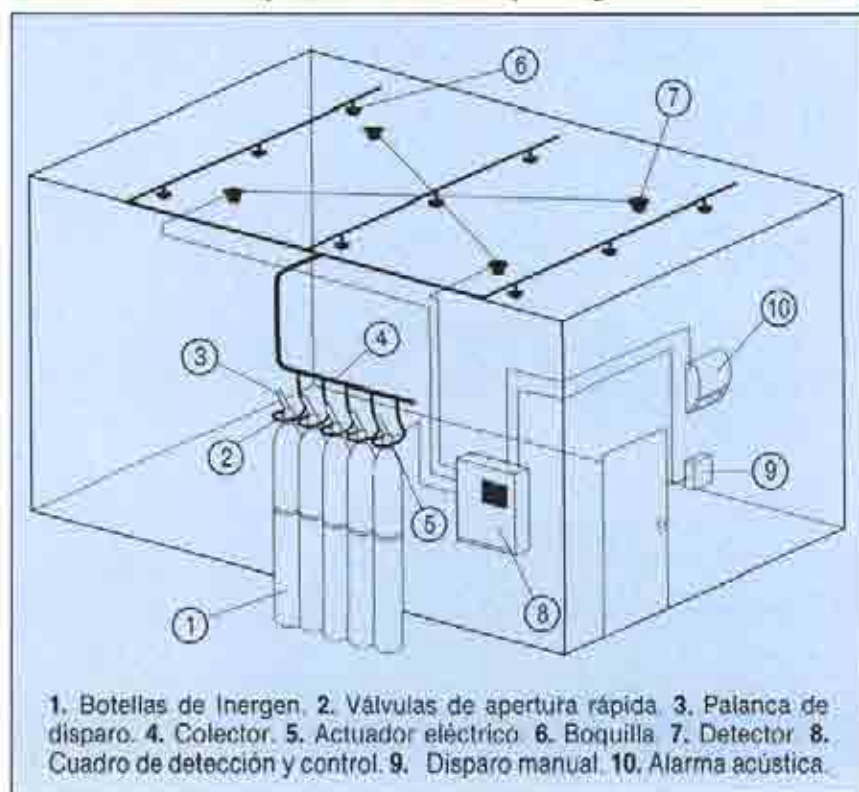
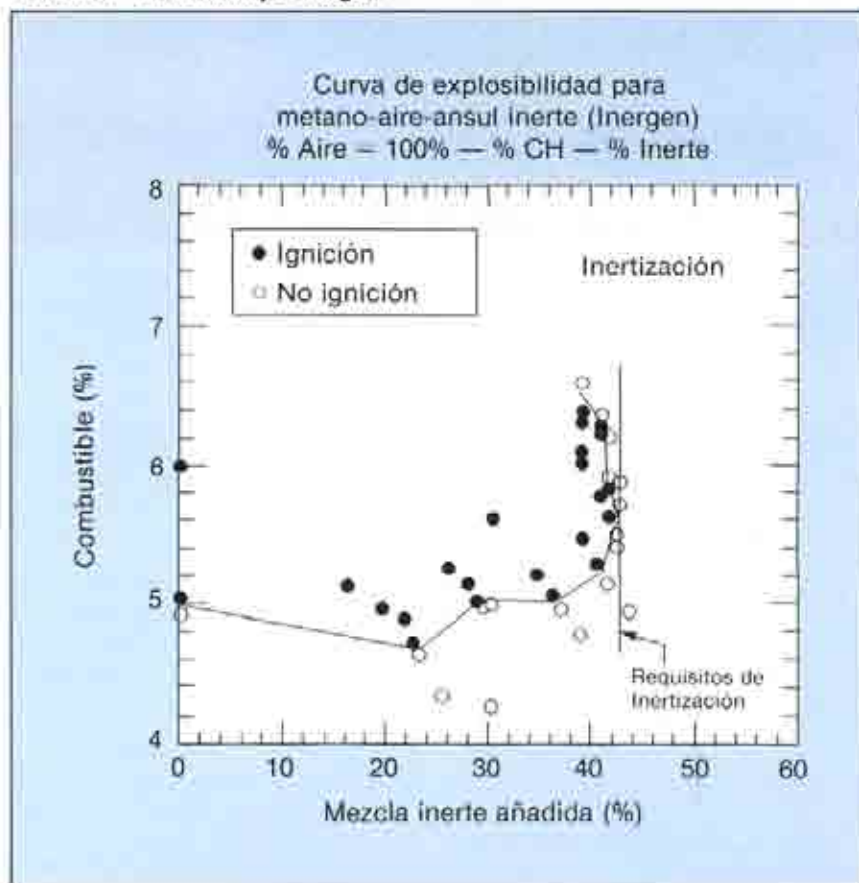
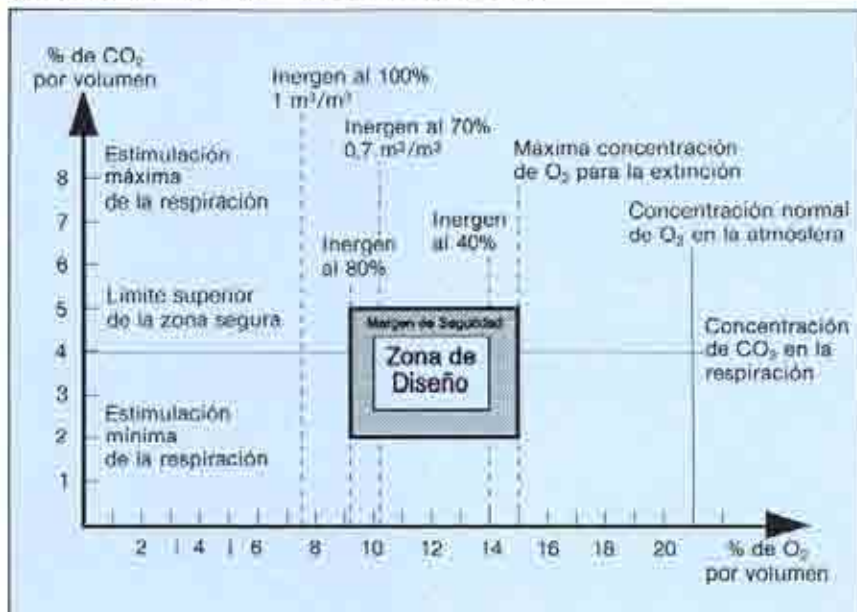


FIGURA 2. Inertización por Inergen.



Fuente: FM Research, Boston MA, 1992.

FIGURA 3. Concentraciones de diseño de O₂ y CO₂.



Fuente: Wormald International.

El nuevo agente se almacena en forma de gas presurizado (al contrario del CO₂, que se almacena en fase líquida). En consecuencia, no se produce ninguna nube de agua condensada ni durante ni después de la descarga, lo cual evita que las personas se desorienten y contribuye al rápido y ordenado abandono de la sala afectada. Con el CO₂ el aumento de humedad, que se debe al brusco descenso de la temperatura, posibilita además la corrosión y aumenta la conductividad del aire. El Inergen, al introducir gas inerte seco a temperatura ambiente, reduce tanto la humedad como la conductividad, haciéndolo especialmente indicado para la protección de los delicados equipos eléctricos y electrónicos.

La descarga del Inergen no tiene casi ningún impacto en la temperatura del aire de la sala. No existe la posibilidad del llamado «shock térmico», que puede dañar los equipos delicados. Además, al producirse la descarga de CO₂ en fase líquida, existe la posibilidad de descargas de electricidad estática en la red de tuberías.

El Halón 1301 sufre del mismo tipo de problemas que el CO₂, aunque en menor grado, ya que tiene una presión de vapor más baja. Pero tiene otro inconveniente: el Halón es tan extraordinariamente eficiente precisamente porque utiliza un proceso químico de extinción, interrumpiendo la reacción de combustión. Pero este proceso genera pequeñas cantidades de productos de descomposición altamente tóxicos y corrosivos. Para minimizar el

riesgo a las personas, es necesario descargar todo el gas en menos de 10 segundos, y no usarlo en fuegos profundos (Clase A). El Inergen, en cambio, no produce ningún producto de descomposición ni residuo y, en consecuencia, se puede descargar mucho más lentamente [Nationale Fire Protection Association (20)].

El Inergen posee una ventaja más para los técnicos: la flexibilidad de diseño. El diseño de la red de tuberías para un sistema de CO₂, o de cualquier otro gas licuado, puede ser pro-

Mediante tres mecanismos fisiológicos independientes, el aumento en el CO₂ inspirado durante la hipoxia influye favorablemente en:

- el equilibrio ácido-base en el cerebro,
- la circulación cerebral,
- la oxigenación cerebral,
- la química metabólica cerebral,
- las funciones cognitivas,
- el conocimiento.

LAMBERTSEN

blemató por el flujo bifásico (líquido más gas). Si la velocidad del líquido es demasiado baja, tiende a evaporar, lo cual no sólo impide el flujo normal, sino que puede conducir a la producción de CO₂ sólido —nieve carbónica— dentro del tubo. Pero la velocidad tampoco puede ser demasiado alta, porque en este caso el flujo empieza a ser turbulento, con el consiguiente aumento de pérdida de carga. La consecuencia es que el diseño es algo crítico y existen limitaciones al tamaño de los sistemas. Nada de esto es aplicable al Inergen, y el diseño de la red de tuberías es casi tan flexible como en el caso del agua, posibilitando el almacenamiento centralizado del gas, a cualquier distancia del riesgo a proteger.

LA PROTECCIÓN DE LAS PERSONAS

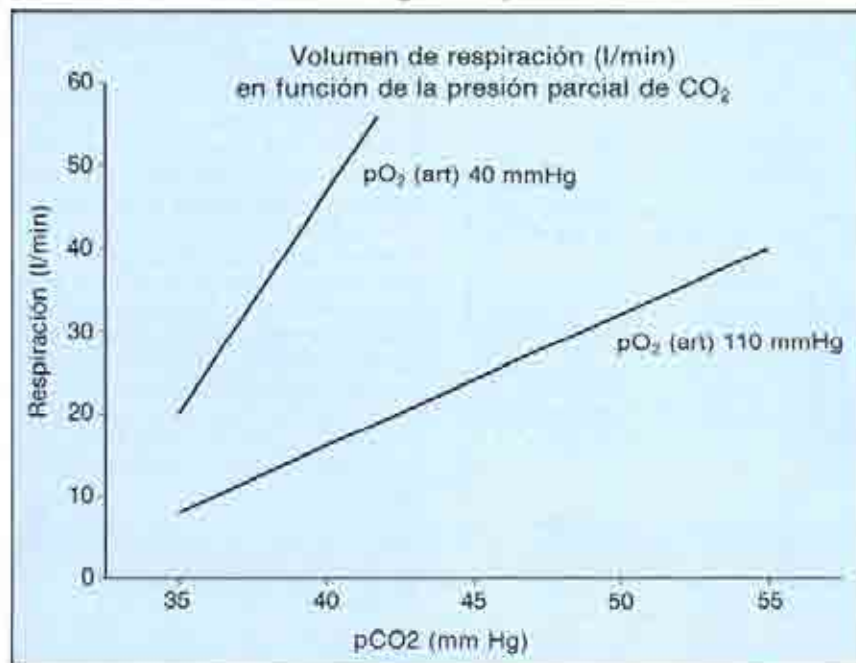
El Inergen es el único gas extintor que a concentraciones inertizantes puede ser respirado con toda normalidad.

El CO₂ es tolerable para las personas en concentraciones de hasta el 8 ó 10 por 100 (la tabla 1 muestra las concentraciones permitidas en el ámbito del trabajo por la legislación alemana), a partir de ahí se empiezan a notar efectos tóxicos importantes. A concentraciones inertizantes (típicamente entre el 35 y el 50 por 100), el CO₂ es letal.

El Halón 1301 es considerado inofensivo para cortas exposiciones a concentraciones de extinción, pero puede generar productos de descomposición en contacto con las llamas del fuego o simplemente con superficies calientes. Los principales productos generados son el ácido fluorhídrico (HF) y el perfluoroisobutileno (PFIB), ambos altamente corrosivos y tóxicos.

El uso de otros gases inertizantes, tales como el nitrógeno y los gases nobles propiamente dichos, sería posible teóricamente, siempre que las personas hicieran un esfuerzo voluntario para respirar más profundamente, y así absorber la cantidad correcta de oxígeno. Sin embargo, esto sería muy peligroso, porque el organismo humano detecta muy mal la escasez de oxígeno. El problema es que menos oxígeno en la sangre significa menos actividad metabólica y menos producción de CO₂, y la disminución de CO₂ a su vez inhibe la respiración. Otro problema es que la escasez de oxígeno en el cerebro conduce a una disminución de las funciones intelectuales, con lo que el sujeto puede no estar consciente del peligro que le

FIGURA 4. Efecto estimulador del CO₂ en la respiración.



Fuente: Legler (4).

amenaza [Knight *et al.* (5) y Knight (6)].

La solución que se adopta con el Inergen está basada en este mismo principio fisiológico. Una cantidad de CO₂, entre el 2 y el 4 por 100 aproxi-

madamente en el aire, estimula de manera natural la respiración, haciendo que se respire un poco más profundamente y algo más deprisa. El efecto es semejante al que se siente al realizar un ejercicio ligero, como, por ejem-

TABLA 1. Límites de estancia para trabajo físico con concentración aumentada de CO₂

% CO ₂ inspirado	Estancia	Comentarios al alcanzar el límite
0,03	Toda la vida	Respiración normal
0,5 1,0	Toda la vida Toda la vida	Ningún efecto detectable.
1,5 2,0 2,5	> 1 mes > 1 mes > 1 mes	Principio de profundización de la respiración.
3,0 3,5	> 1 mes > 1 semana	Claro aumento de la respiración.
4,0 (*) 4,5	> 1 semana > 8 horas	Con un aumento paulatino de la concentración, es posible adaptarse.
5,0 5,5	> 4 horas > 1 hora	Respiración difícil, dolor de cabeza, pulso acelerado. Tolerable con adaptación.
6,0 6,5	> 30 minutos > 15 minutos	Respiración difícil, tolerable con adaptación, disminución de capacidades, principios de mareo, coordinación difícil.
7,0	> 6 minutos	Miedo por la respiración, síntomas más fuertes.
8,0	> 6 minutos	Incremento fuerte en respiración y pulso, piel azul, apatía, vómitos.

Fuente: Legislación laboral de la República Federal Alemana.

* La Marina de los Estados Unidos permite el 4 por 100 de CO₂ para exposiciones continuas de 24 horas en caso de necesidad, basándose, entre otras cosas, en estudios realizados por las Fuerzas Aéreas en los que los sujetos fueron expuestos de manera abrupta y continua al 4 por 100 de CO₂ durante períodos de entre 4 y 11 días sin incomodidad respiratoria significativa, ni decrementos psicomotores o físicos, ni efectos residuales.

-Países que tienen programas para eliminar tanto la producción como la importación de halón incluyen Suecia, Noruega, Suiza, Alemania, Dinamarca, Holanda y Australia.

Países como Australia, Alemania y Dinamarca han paralizado virtualmente todas las nuevas aplicaciones de halón (con excepción de los usos esenciales) y sólo permitirán las recargas con halón reciclado. Alemania tiene uno de los programas más agresivos, comprometiéndose a eliminar el uso de los halones a partir de 1991. [-]

Australia, Dinamarca, Holanda y Suecia han adoptado un sistema de aprobaciones gubernamentales para cualquier nueva instalación de Halón 1301. Noruega ha determinado que no existen usos esenciales para la inundación total de halón y ha prohibido todas las instalaciones nuevas a partir de enero de 1991. Dinamarca ha prohibido todas las nuevas instalaciones de inundación total a partir de enero de 1993.

MARANION (7)

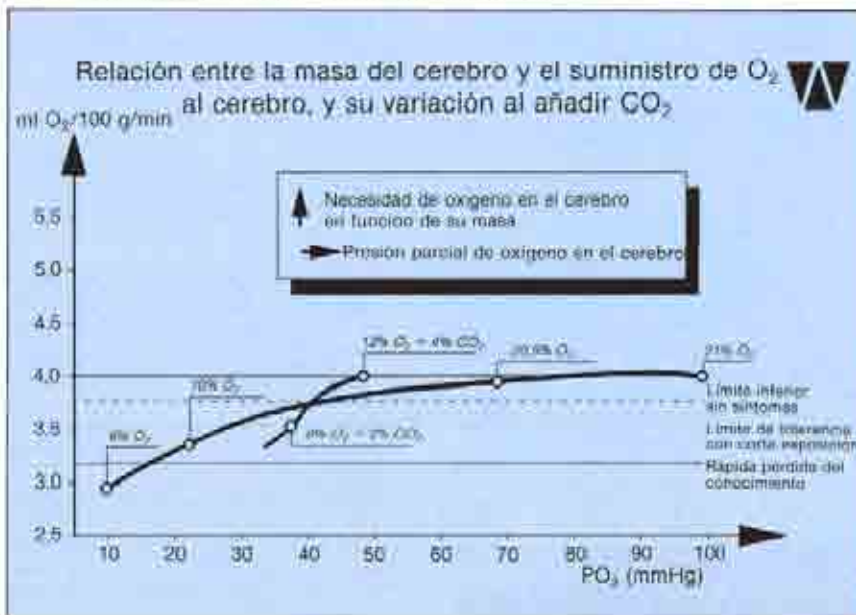
plo, subir una escalera. Al mismo tiempo se produce una dilatación de los vasos sanguíneos cerebrales.

El proceso se autorregula, ya que el organismo detecta muy bien un exceso de oxígeno (ver figura 6) e impide la hiperventilación involuntaria.

El resultado es que la presión parcial de oxígeno en el cerebro (pO₂ cerebral) se mantiene a niveles normales, incluso si se está dormido o inconsciente.

Se ha conseguido lo que durante años todos considerábamos imposible: inertizar el fuego sin asfixiar a las personas.

FIGURA 5. Variación de O_2 en el cerebro al añadir CO_2 .



Fuente: Pennsylvania University Institute for Environmental Medicine.

LA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

Los halones (hidrocarburos halogenados) tienen un impacto muy negativo en la capa de ozono. El protocolo de Montreal prohíbe el uso de los halones a partir del año 2000. La última revisión del protocolo (Copenhague, noviembre de 1992) prohíbe su fabricación a partir del año 1994. Es un

poco indiferente, ya que todos los fabricantes de los países signatarios del protocolo han anunciado que dejarán de fabricarlos mucho antes por razones de viabilidad económica y prestigio comercial.

Los últimos índices publicados por el UNEP indican que el ODP (Potencial de Destrucción de Ozono) del Halón 1301 es de 16 veces el del CFC11, y el del Halón 1211 de 4 veces. La

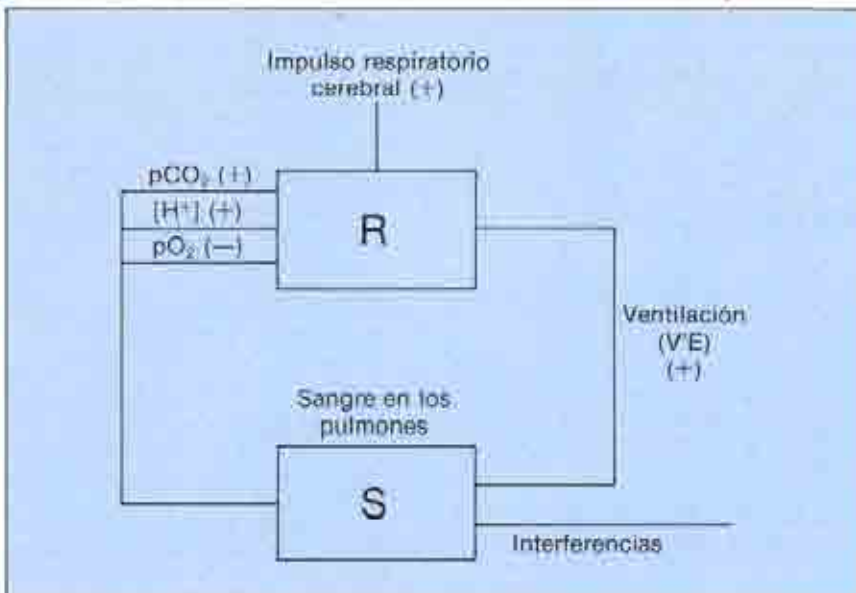
consecuencia es que los halones usados en la protección contra incendios, que sólo suponen el 2 por 100 por peso de todos los CFC usados, pueden ser la causa de hasta el 19 por 100 del agujero en la capa de ozono.

La industria química ha invertido millones de dólares en la investigación y desarrollo de alternativas sintéticas con menos potencial de destrucción, pero casi todas las hasta ahora propuestas tienen algún otro tipo de problema, sea de ODP, efecto invernadero, toxicidad aguda o crónica, productos de descomposición térmica, vida atmosférica muy elevada, etc. La

«Ya que el Inergen no contiene ningún componente halogenado tal como el cloro, el flúor, el bromo o el yodo, no tiene ningún potencial de destrucción de ozono, al contrario de los halones existentes y algunos de los sustitutos propuestos. Por su composición, el Inergen no puede considerarse un tóxico químico como los halones existentes y los sustitutos propuestos. No es ni mutágeno, ni teratógeno, ni cancerígeno. No afecta al sistema nervioso central ni sensibiliza el corazón, al contrario de los halones existentes y algunos de los sustitutos propuestos.»

RILEY (12)

FIGURA 6. Representación esquemática de la respiración. Actúan sobre el regulador de la respiración la pCO_2 , el $[H^+]$ y la reducción de la pO_2 , estimulando (+) o deprimiendo (-) la respiración. Así, la ventilación general $V'E$ aumenta (+) o disminuye (-). En consecuencia, los valores de las entradas se modifican en la dirección opuesta.



Fuente: Stegemann (14).

TABLA 2. Comparación de sustitutos a corto plazo (por clase)

Clase de agente	Ventajas	Preocupaciones
HBFC	Capacidad de extinción	ODP. Toxicidad (puede que no sean aceptables en zonas ocupadas) Adición de 1201 como sustancia Clase 1
HCFC	ODP más bajo que los HBFC (pero todavía superior a cero).	Menos efectivos que halones y HBFCs. Productos de descomposición. Toxicidad de HCFC 123. Tienden a desaparecer.
HFC	ODP = 0. Capacidad de inertización de explosiones.	Menos efectivos que halones y HBFCs en la supresión. GWP (potencial de efecto invernadero) del HFC-125. Productos de descomposición
PFC	ODP = 0. Baja toxicidad.	Vida atmosférica muy larga (GWP). Menos efectivos que halones.

Fuente: Sheehan.



tabla 2 muestra las principales clases de sustitutos químicos actualmente propuestos. Todos son hidrocarburos halogenados, ninguno es tan efectivo como el Halón 1301, y todos generan más productos de descomposición térmica que el propio Halón 1301. [«Como clase, los hidrocarburos halogenados son cardiotoxicos y provocan respuestas amenazadoras para la vida humana (arritmia cardíaca, broncoconstricción...)» McDougal (8).]

La opinión pública está tan sensibilizada que es muy difícil que se acepte ningún producto nuevo mientras no estemos seguros de que no pueda tener ningún efecto negativo ni en el ecosistema ni en el organismo humano. Pero ¿cómo podremos saber cuál es la pregunta que debemos formular para estar seguros? Con los halones cometimos un error. Sería imperdonable cometer otro.

Los tres componentes del Inergen

proceden de la atmósfera y vuelven a ella inalterados después de una descarga. Por lo tanto, el impacto de este agente sobre el medio ambiente es nulo.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) GIBBS, F. A., et al.: «The value of Carbon Dioxide in Counteracting the Effects of Low Oxygen», *Aviation Medicine*, 14, Boston MA, 1943.
- (2) LAMBERTSEN, C. J., et al.: *Breathable Fire Extinguishing Gas Mixtures*. US Patent 4,807,706.
- (3) LAMBERTSEN, C. J., MD: *Respiration*, *Medical Physiology*, 14th Ed. Mosby, St. Louis, 1980.
- (4) LEGLER, G. (Prof. Dr.): *Informe sobre la influencia de una mezcla de aire e INERGEN® sobre el suministro de oxígeno al cuerpo*. Instituto de Bioquímica de la Universidad de Colonia.
- (5) KNIGHT, D. R., et al.: «Effect of Hypo-

xia on Psychomotor Performance During Graded Exercise», *Aviation, Space and Environmental Medicine*, March 1991, Washington D. C.

(6) KNIGHT, D. R.: *The Medical Hazards of Flame-suppressant Atmospheres*.

(7) MARANION, B. A.: *Accelerating the global phaseout of Halon production*. US Environmental Protection Agency. Halon Alternatives Technical Working Conference, Albuquerque, New Mexico, May 1992.

(8) McDOUGAL, J. N., et al.: *Air Force Approach to Toxicology of Halon Replacements*. Toxicology Divn, Wright-Patterson AFB OH, Halon Alternatives Technical Working Conference, Albuquerque, New Mexico, May 1992.

(9) MUTSCHLER, E.: *Arzneimittelwirkungen, Lehrbuch der Pharmakologie und Toxikologie*, 6ª edición, p. 719, Wissenschaft. Verlagsgesellschaft, Stuttgart, 1991.

(10) PATTON, H. D., et al. (ed.): *Textbook of Physiology*, 21ª edición, pp. 1014-1019 y 1033-1039, Saunders & Co., Philadelphia, 1989.

(11) SHEEHAN, J.: *EPA's new regulatory program for evaluating CFC and Halon substitutes*. US Environmental Protection Agency, Halon Alternatives Technical Working Conference, Albuquerque, New Mexico, May 1992.

(12) RILEY, J. F.: *Inergen, A breathable gaseous extinguishing agent*. Ansul Fire Protection, Halon Alternatives Technical Working Conference, Albuquerque, New Mexico, May 1992.

(13) SIEGENTHALER, W. (ed.): *Klinische Pathophysiologie*, 6ª edición, pp. 770-784, G. Thieme Verlag, Stuttgart, 1987.

(14) STEGEMANN, J. (Dr.): *Informe sobre las reacciones fisiológicas de personas expuestas a una mezcla de aire y el gas INERGEN®*. Director del Instituto Fisiológico, Deutsche Sporthochschule, Colonia.

(15) STEGEMANN, J.: *Leistungsphysiologie, Physiologische Grundlagen der Arbeit und des Sports*, 4ª edición, Thieme Stuttgart, 1991.

(16) STEGEMANN, J., y GREVENSTEIN, J.: «Die Verrechnung der Atemantriebe, ausgelöst durch Leistung und O₂-Mangel bei konstantem alveolärem CO₂-Druck», en *Funktionsanalyse biologischer Systeme* 15, 107-118; Steiner-Verlag, Stuttgart, 1986.

(17) ZABETAKIS, M. G.: «Flammability characteristics of Combustible Gases and Vapours», *Bulletin* 627, U. S. Bureau of Mines, 1965.

(18) FACTORY MUTUAL RESEARCH: *Determination of Inerting Requirements for Methane/Air and Propane/Air Mixtures by an Ansul Inerting Mixture of Argon, Carbon Dioxide and Nitrogen*. FMRC J-1: No. OWOR9.RK., 1992.

(19) THE MONTREAL PROTOCOL: *Substances that Deplete the Ozone Layer*, Final Act, 1989.

(20) NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION: *NFPA 2001. Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems (Technical Committee Draft)*, Boston MA, 1992.