

HALONES

Los compuestos halogenados desde hace muchos años que se utilizan como agentes de extinción. En principio, sin conocer la real razón de sus efectos notablemente eficaces, fueron luego dejados de lado debido a la elevada peligrosidad que ofrecían los compuestos conocidos desde el punto de vista de su toxicidad.

Generalmente son derivados halogenados de hidrocarburos, en los que se han sustituido átomos por elementos halógenos, tales como: flúor, cloro, Bromo e Iodo. La denominación de HALON proviene de la contracción de su nombre en inglés (HALOGENATED HIDROCARBON).

En la actualidad está prohibida su fabricación por tratarse de un CFC (responsables del deterioro de la capa de ozono de rodea la Tierra), si bien todavía quedan en uso extintores portátiles a base de HALON, para sustituirlos están apareciendo nuevos productos que no son dañinos ecológicamente, denominados HALOTRONES o HALOCLEANES, que no atacan la capa de ozono y no son tóxicos.

Si bien poseen otras características extintoras, su principal efecto es la inhibición de la reacción química en cadena.

CLASIFICACIÓN DE LOS AGENTES EXTINTORES

Se pueden clasificar como:

De acción física: AGUA; ESPUMAS; CO₂ (gases inertes)

De acción química: POLVOS QUÍMICOS; HALONS; POLVOS ESPECIALES (para fuegos clase D)

Los extintores de acción física basan su efecto de extinción en:

a- enfriamiento o sustracción del calor de la reacción para llevar la temperatura de combustión por debajo de los valores de ignición. Actúan de esta forma el agua; las espumas químicas; mecánicas; etc.

b- por sofocación o sustracción del oxígeno, dilución de los vapores de las sustancias combustibles en la zona de combustión. Actúan de esta manera: el anhídrido carbónico; el nitrógeno; el agua pulverizada; las espumas, etc.

c- por separación mecánica; consiste en formar barreras mecánicas o químicas que impidan el contacto de las sustancias combustibles con el aire; ejemplos de esta acción lo dan las espumas.

Los agentes extintores físicos, en relación con los químicos ofrecen algunas desventajas, cuales son:

-Es necesaria una alta cantidad de agente extintor aún en pequeños fuegos.

-se necesita un tiempo de control grande, siendo esto especialmente grave en casos donde se necesite rescatar personas, o en siniestros en equipos valiosos etc.

-Los materiales protegidos se deterioran por acción del extintor.

Los agentes extintores físicos buscan reducir la velocidad de las reacciones químicas actuando sobre las calorías emitidas de tal modo que la energía promedio de las moléculas involucradas en una reacción quede a un nivel inferior al necesario para mantener la combustión.

Esto implica la necesidad de un elevado consumo de agente extintor.

Agentes extintores químicos o supresores

Se consideran dentro de esta categoría:

- Los compuestos halogenados
- Los polvos químicos de base sódica; de base potásica; órgano-metálicos; triclase o ABC.
- Polvos especiales formulaciones para fuego tipo D (magnesio, aluminio, titanio etc.)

Los compuestos orgánicos volátiles suministran una altísima capacidad extintora con un mínimo peso de agente extintor considerándose como fundamental lo instantáneo de su descarga y la rápida inundación del riesgo que protegen.

Los compuestos halogenados se consideran como inhibidores de propagación de la combustión o dicho de otra manera, neutralizan los radicales OH-, H+, -CH3, etc. Que son los sostenes de la reacción en cadena interrumpiendo la propagación de la llama.

Clasificación de los halones

Primera generación: los compuestos halogenados más usualmente utilizados fueron:

Tetracloruro de carbono.

Bromuro de metilo

Clorobromometano

Fueron prohibidos a nivel mundial por la elevada toxicidad que presentaban, especialmente como vapores de descomposición.

Segunda generación: Los más comunes son los siguientes:

1301 Bromotrifluorometano (comercialmente freon 1301)

1211 Bromodifluoroclorometano, (comercialmente BCF

2402 Dibromotetrafluoroetano (comercialmente Fluobrene) usado especialmente en Rusia e Italia.

Como se verá, los compuestos más antiguos, (primera generación) se han empleado como agentes extintores de incendios por muchos años, pero producían vapores con niveles inaceptables de toxicidad, ya fuese en su estado natural o después de estar expuestos al calor.

Más recientemente, (segunda generación) estos productos, de menor toxicidad se han aceptado ampliamente en las aplicaciones de extinción de incendios.

Debido a que estos agentes tienen nombres químicos complejos, para simplificar, los Cuerpos de Ingenieros de E.E.U.U han concebido un sistema de numeración. Las cifras, de izquierda a derecha, representan los números atómicos de los carburos, flúor, cloro y bromo contenidos en el compuesto descrito. Así pues, un compuesto que tenga el nombre químico de Bromodifluoroclorometano, y la

formula CF_2ClBr , se conoce como Halón 1211. Similarmente, el bromotrifluorometano, CF_3Br se conoce como Halón 1301. Esos dos agentes se utilizan comúnmente en los sistemas de extinción de incendios pero las diferencias que tienen en su propiedad física tienden a desplazarlos para otras actividades, cuando esas características pueden utilizarse para conseguir ventajas operacionales máximas con problemas mínimos de instalación.

Halón N°	Composición					Fórmula Química	Nombre Químico
	C	H	F	Cl	Br		
1001	1	3	0	0	1	CH_3Br	Bromuro de metilo
1003	1	1	0	0	3	$CHBr_3$	Tribromometano bromoformo
1011	1	2	0	1	1	CH_2ClBr	Clorobromometano (BC)
104	1	0	0	4	0	CCl_4	Tetracloruro de carbono
1202	1	0	2	0	2	CF_2Br_2	Difluordibromometano
121	1	1	2	1	0	CHF_2Cl	Difluorclorometano
1211	1	0	2	1	1	CF_2ClBr	Difluorclorobromometano
122	1	0	2	2	0	CF_2Cl_2	Difluordiclorometano
1301	1	0	3	0	1	CF_3Br	Trifluorbromometano
2001	2	5	0	0	1	C_2F_5Cl	Trifluortricloroetano
2402	2	0	4	0	2	$C_2F_4Br_2$	Trifluortriclorometano (Fluobrene)

Significación de los Números

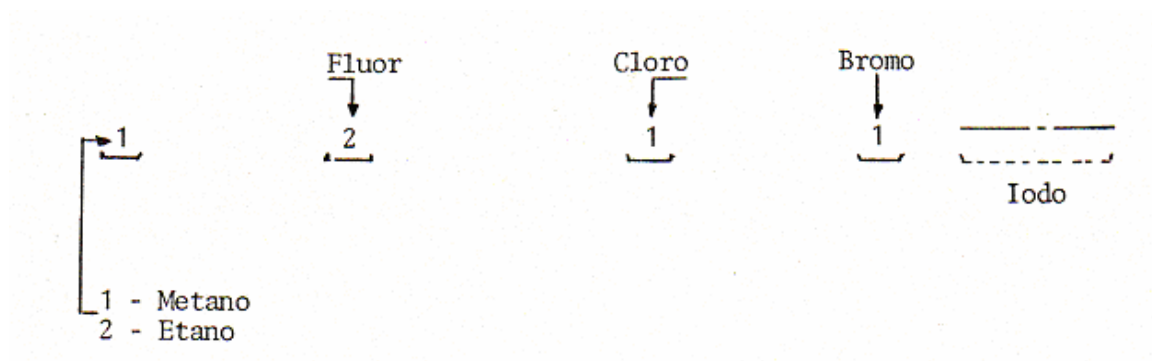
Halon ABCD

A	B	C	D
N°	N°	N°	N°
d	d	d	d
e	e	e	e
á	á	á	á
t	t	t	t
o	o	o	o
m	m	m	m
o	o	o	o
s	s	s	s
d	d	d	d
e	e	e	e
C	F	C	B
a	l	l	r
r	ú	o	o
b	o	r	m
o	r	o	o
n			
o			

Los hidrocarburos halogenados deben cumplir las especificaciones de la Organización Internacional de Normalización (ISO 7201). El halón 1211, debido a su presión de vapor inferior, 230 kPa a 20 °C, requiere recipientes de menos presión que el halón 1301, si tiene una presión de vapor de 1430 kPa a 20 °C, el punto de ebullición más alto de halón 1211 (-4 °C) garantiza que más de la descarga del sistema alcanza las llamas en forma de gotas líquidas que el halón 1301, cuyo punto de ebullición es de -57°C. Estos factores han llevado a la adopción del halón 1211 en las instalaciones de vehículos, que tengan alcances adecuados para proyectar el agente, utilizado para sofocar incendios que ocurren en espacios abiertos. En esas circunstancias, no tiene importancia la toxicidad algo más elevada del halón 1211, ya que los niveles de concentración tóxica por riesgo de exposición, no se alcanzan nunca.

Para proteger contra incendios los equipos delicados de edificios, cuando los factores de toxicidad pueden revestir más importancia o debido al tamaño del local protegido, las instalaciones del halón 1301 son con más frecuencia preferidas, debido a que es posible aceptar concentraciones algo más elevadas de este agente.

Nomenclatura:



La aparición de un número de cinco cifras indica que se trata de un halon con Yodo en la molécula. El único ejemplo conocido, que no se comercializó en forma masiva fue el halon 10001 – Ioduro de Metilo ($\text{CH}_3 \text{I}$).

En la tabla periódica de los elementos químicos F, Cl, Br, I, figuran en la penúltima columna (antes de los gases raros) con el nombre de halógenos.

- El Fluor no tiene efectos extintores
- EL Cloro Y EL Bromo son de similar potencia.
- el Yodo da los máximos valores pero su utilización está restringida por las conocidas características de: toxicidad, costo, inestabilidad y reactividad con numerosos materiales, etc.

Toxicidad de los compuestos halogenados:

Durante la extinción de un incendio es de primordial importancia en efecto a la exposición al agente extintor, por ello se toma como base para juzgar el riesgo de

toxicidad las concentraciones permitidas industrialmente, que es de 8 horas como *Maximun Acceptable Concentrations* .

El *U.S. Army Chemical Center*, realizó investigaciones que evidencian que los compuestos halogenados reaccionan con el fuego formando otros compuestos que en la generalidad de los casos presentan mucha mayor toxicidad que los agentes primitivos.

N° Halón	Agente Extintor	Fórmula	Concentración letal en partes por millón	
			Vapor natural	Vapor descomp.
1301	Bromotrifluorometano	CBrF_3	800.000	14.000
1211	Bromo difluoro clorometano	CBrClF_2	324.000	7.650
	Anhidrido Carbónico	CO_2	658.000	658.000
2201	Dibromo Difluoro metano	CBr_2F_2	54.000	1.850
1011	Cloro bromo metano	CH_2ClBr	65.000	4.000
104	Tetracloruro de Carbono	CCl_4	28.600	300
	Bromuro de metilo	CH_3Br	5.900	9.600

La tabla muestra las concentraciones letales para 15 minutos de exposición a los vapores de los compuestos y los productos de descomposición de los agentes por la acción del fuego.

GRUPO	DEFINICION	
1 (máxima)	Gases o vapores que en concentraciones del orden de 0,5 a 1 % en volumen y tiempo de exposición 5 minutos son letales o producen perjuicios graves.-	Anhidrido sulfuroso
2	Gases o vapores que en concentraciones del orden de 0,5 a 1 % en volumen, con tiempos de exposición del orden de media hora, son letales o producen daños graves.-	Amoníaco Bromuro de Metilo

GRUPO	DEFINICION	
3	Gases o vapores que en concentraciones del orden de 2 á 2,5% en volumen, con tiempos de exposición del orden de una hora son letales o producen graves daños.-	Tetracloruro de Carbono, Cloroformo- Clorobromo metano (1011)
4	Gases o vapores que en concentraciones del orden de 2 á 2,5 % en volumen, con tiempos de exposición del orden de 2 horas, son letales o producen daños graves.-	Cloruro de metilo, Bromuro de etilo, Dibromo difluorometano, Dibromotetrafluoroetano.-
5	Gases o vapores menos tóxicos que el grupo 4 pero más tóxicos que el 6.-	Anhídrido carbónico, etano, propano, butano, bromo, clorodifluorometano (1211)
6 (Mínima)	Gases o vapores que en concentraciones de hasta 20 % en volumen, para una exposición del orden de 2 horas a los gases o vapores no produce daños.-	Bromotrifluorometano (1301)

Tabla comparativa de los riesgos de toxicidad por exposición a vapores y gases provenientes de varios compuestos.

Las tablas indican claramente los peligros emergentes del uso de compuestos halogenados como el tetracloruro de carbono, bromuro de metilo o cloro bromo metano.

Los halones suelen producir fenómenos de narcosis (efecto anestésico), asociado a una cierta arritmia cardíaca con importantes descargas de adrenalina en sangre.

Luego de largas deliberaciones el Comité on halogenated FIRE extinguishing agent systems” (comité para los sistemas halogenados de incendios, de la N.F.P.A., fijó los límites siguientes de concentración de cada agente, que pueden respirarse con entera seguridad durante un minuto.

Halon 1301.....10% (vol)

Halon 1211.....4% (vol)

Como extingue el fuego el halon:

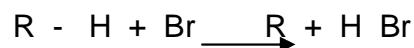
En el pasado, la efectividad de los agentes extintores del fuego era atribuída a algunas de las siguientes acciones: enfriamiento (agua); exclusión de oxígeno o sofocamiento(CO₂); separación mecánica del combustible del oxidante (espumas), ninguna de estas formas explica el funcionamiento del halon 1301.

El componente halogenado reacciona con los productos intermedios de la combustión, responsables de la rápida y violenta propagación de las llamas. Este efecto tiene la virtud de suprimir la reacción en cadena de la combustión. Dentro de las teorías que existen una se basa en una reacción de radicales libres, la otra en la activación iónica del oxígeno de la combustión.

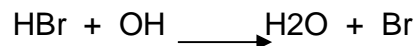
Segun la teoría de radicales libres se forma en principio un radical bromuro a través de la descomposición térmica del Halon 1301.



El radical Bromuro reacciona con hidrógeno en el combustible para dar bromuro de hidrógeno.



El bromuro de hidrógeno reacciona entonces con radicales hidrófilos activos:



El radical bromuro ahora puede reaccionar con más combustible para repetir el proceso y eliminar más radicales activos del fuego.

De acuerdo con la teoría iónica, el oxígeno elemental debe ser activado absorbiendo sus electrones libres antes de que pueda reaccionar con el combustible. El átomo de bromo del halon 1301 provee un blanco mucho más

amplio para la captura de electrones que el oxígeno y por lo tanto, reduce la probabilidad de la activación del oxígeno.

En ambas teorías, la reacción en cadena del fuego se corta con cantidades relativamente pequeñas del agente extintor.

El elemento responsable de la supresión es el Br debido a que es fácilmente separado de la molécula, porque la energía de enlace Br-C es baja. En cambio el radical que resta luego de perder el bromo, es muy estable debido a la energía de enlace que posee. Por otra parte el elevado contenido de F hace su estructura muy compacta. Esto reduce la posibilidad de destrucción por las llamas y de formar productos tóxicos. El F no posee propiedades extintoras, pero si una notable energía de enlace que tiende a evitar la descomposición.

Propiedades físico-químicas de los halones 1211 y 1301.

	HALON 1211*	HALON 1301**
Fórmula química	CF ₂ ClBr	CF ₃ Br
Peso molecular	165,4	148,9
Punto de ebullición a 760 mmHg	- 4 °C	- 57,6 °C
Peso específico del vapor a 20 °C y a 760 mmHg	6,9 kg/m ³	6,6 kg/m ³
Volatilidad (1)	5,17	7,11
Peso específico del líquido a 20 °C	1,83 kg/l	1,60 kg/l
Tensión de vapor a 20 °C	2,5 kg/cm ²	14,5 kg/cm ²
Estabilidad térmica, límite superior aproximado	500 °C	550 °C

A primera vista estos dos agentes pueden parecer semejantes; ambos poseen un átomo de carbono; 2 y 3 átomos de fluor que le confieren la estabilidad térmica y un átomo de bromo, que constituye el factor más importante para la eficacia en la extinción del fuego. El hecho de que el 1301 posea tres átomos de fluor en lugar de 2 y que no posea ningún átomo de cloro, explica porque es más volátil, más estable, menos denso y menos tóxico que el 1211.

Efectividad :

El halon es efectivo en cuanto a la prevención de combustión de los siguientes elementos:

Productos químicos capaces de oxidación sin aire. Ej. Nitrocelulosa.

Metales altamente reactivos. Ej. Sodio, potasio, magnesio, titanio.

Hidruros metálicos.

Productos químicos de descomposición exotérmica. Ej. Hidracina, peróxidos orgánicos etc.

Es inerte frente a la mayoría de los plásticos y elastómeros.

Utilización:

Como se ha dicho, son productos químicos halogenados que tienen la capacidad de extinguir el fuego mediante la captura de los radicales libres que se generan en la combustión. Hasta que se determinó que producían daños a la capa de ozono, fueron los productos extintores del mercado más eficaces para combatir el fuego, ya que sumado a su alta efectividad se identificaban otras propiedades tales como la de no provocar daños ni dejar residuos sobre los equipos electrónicos y eléctricos sobre los cuales se descargaban. Los Halones utilizados en la mayoría de los países son el Halón 1301 o trifluor-bromo-metano y el Halón 1211 o difluor-cloro-bromo-metano.

Existen diferentes alternativas de reemplazo del halón 1301 que se determina según cada caso a través del estudio de los materiales a proteger, el volumen del recinto, la disponibilidad de lugar de almacenamiento del producto extintor, las características del edificio, etc. como por ejemplo polvos químicos, rociadores y espumas; gases inertes; sistemas de agua pulverizada; halocarburos; aerosoles de polvo, entre otros sustitutos que se siguen desarrollando.

Antecedentes

Los países que han suscripto el Protocolo de Montreal, han asumido internacionalmente la obligación de proteger el ambiente evitando la liberación a la

atmósfera de las sustancias que agotan la capa de ozono. En el año 1999 se firmó un proyecto del Banco Mundial, que con financiación proveniente del Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal, permitirá a estos países cumplir con dichas obligaciones. Para cumplimentar este compromiso se promulgaron leyes en las que se fijan los usos críticos en los cuales se permite seguir utilizando Halones como agentes de extinción. Algunos de estos usos permitidos son aeronaves; vehículos militares; extinguidores militares y policiales y salas de terapia intensiva, entre otros.

Como consecuencia de esas leyes, también está prohibida la importación de halones, y si bien desde esa fecha no se han realizado instalaciones nuevas, se torna necesario el tratamiento del producto que se encuentra actualmente en uso en los sistemas de extinción.

El banco de halones

Como consecuencia del compromiso asumido, en estos países se debió crear un sistema que pudiese realizar la reconversión de las instalaciones de Halón 1301 sin pérdidas de producto y que permitiese comercializarlo donde la legislación lo autoriza. Así se comprometió, la creación de un Banco de Halones para el correcto manejo de estas sustancias.

El Banco de Halón 1301 consiste en un sistema formado por operadores autorizados, cuyo objetivo es establecer las condiciones para la certificación de retiro y disposición de las instalaciones contra incendios de Halón 1301 en conformidad con las normas y leyes correspondientes. Este método garantiza retirar el Halón en forma correcta de la instalación, analizarlo para comprobar su pureza y, de acuerdo con los resultados de los análisis, precisar su destino. Las alternativas de destino del Halón son: su almacenamiento y utilización futura en lo que esté permitido; su destrucción, en caso de encontrarse contaminado; o su comercialización en el exterior de acuerdo con lo que establezca el organismo competente (en la actualidad la Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable). Si el producto no está contaminado, se sumará al almacenado en el Banco y su destino físico serán los depósitos de las empresas que participen del

sistema y que pueden comercializarlo para su posterior utilización donde la legislación lo permite.

Bibliografía:

FIRE protection han Boock N.F.P.A.

Halon 1301 Safety- Dupont Co.

W.H. Chambers, Medical División Research Report 23, chemical corps, Army Medical Center, oct. 1950 "*An investigation of de taxicity or Proposed fire Extinghishing Fluids*".

O. N. Marucci, *Halons*, Boletín Profesional nro. 164 Sup. Bros. PFA.1987.

Fluobrene Montecatini Edison (Milán Italia).

Compuestos halogenados seguridad contra incendios UTN Ing. O.N.Marucci.

C.C. Comstock and J.K. Macnamee, "*Monochloromonobromomethane*" March 1952.

Unidad técnica Fuego INTI Construcciones.