

ISBN 978-987-4035-21-9



2ª edición. Abril
2020

LOS AGENTES EXTINTORES

Los Agentes Limpios



Material no apto para la venta.



Ing. Néstor Adolfo BOTTA



www.redproteger.com.ar

ISBN 978-987-4035-21-9

EL AUTOR



Néstor Adolfo BOTTA es Ingeniero Mecánico recibido en el año 1992 en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata; Ingeniero Laboral recibido en el año 1995 en la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional La Plata y Diplomado en Ergonomía recibido en el año 2018 en la Facultad de Química e Ingeniería del Rosario de la Pontificia Universidad Católica Argentina.

Es el Titular de la empresa Red Proteger, empresa dedicada a la Capacitación y Divulgación de conocimientos en materia de seguridad e higiene en el trabajo (www.redproteger.com.ar).

Desarrolló funciones como Responsable de Higiene y Seguridad en el Trabajo en empresas como SOIME SRL, TRADIGRAIN ARGENTINA SA, AMANCO ARGENTINA SA, MOLINOS RÍO DE LA PLATA SA y SEVEL ARGENTINA SA.

Asesoró a diversas empresas entre las que se destacan AKZO NOBEL SA, CERVECERÍA Y MALTERÍA QUILMES SAICAYG y APACHE ENERGÍA ARGENTINA SRL.

Su extensa actividad docente lo ubica como:

- Profesor en la UCA de Ing. de Rosario para la Carrera de Posgrado de Higiene y Seguridad en el Trabajo en la asignatura de Riesgo y Protección de Incendios y Explosiones.
- Profesor Titular en la Universidad Nacional del Litoral para la Carrera de Técnico en Seguridad Contra Incendios en la asignatura de Seguridad Contra Incendios III. Sistema de educación a distancia.
- Profesor en la Universidad Nacional del Litoral - Sede Rosario, para la Carrera de Lic. en Seguridad y Salud Ocupacional en la asignatura de Práctica Profesional.
- Profesor Titular en el Instituto Superior Federico Grote (Rosario – Santa Fe) para la Carrera de “Técnico Superior en Seguridad e Higiene en el Trabajo” para las asignaturas de Higiene y Seguridad en el Trabajo I, Seminario Profesional, Prevención y Control de Incendios II, y Prevención y Control de Incendios I.
- Profesor Interino Cátedra “Elementos de Mecánica”. Carrera “Técnico Superior en Seguridad e Higiene en el Trabajo”. ISFD Nro. 12 La Plata – 1.996
- Ayudante Alumno Cátedra “Termodinámica”. Universidad Nacional de La Plata - Facultad de Ingeniería.
- Ayudante Alumno Cátedra “Análisis Matemático”. Universidad Nacional de La Plata - Facultad de Ciencia Económicas.

Datos de Contacto

e-mail: nestor.botta@redproteger.com.ar

Botta, Néstor Adolfo
Los agentes extintores : los agentes limpios / Néstor Adolfo Botta. - 2a ed . - Rosario
: Red Proteger, 2020.
Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-987-4035-21-9

1. Incendios. I. Título.
CDD 628.92

®Todos los derechos reservados.

El derecho de propiedad de esta obra comprende para su autor la facultad exclusiva de disponer de ella, publicarla, traducirla, adaptarla o autorizar su traducción y reproducirla en cualquier forma, total o parcial, por medios electrónicos o mecánicos, incluyendo fotocopia, copia xerográfica, grabación magnetofónica y cualquier sistema de almacenamiento de información. Por consiguiente, ninguna persona física o jurídica está facultada para ejercitar los derechos precitados sin permiso escrito del Autor.

Editorial Red Proteger®
Rosario – Argentina
Tel.: (54 341) 4451251
info@redproteger.com.ar
www.redproteger.com.ar

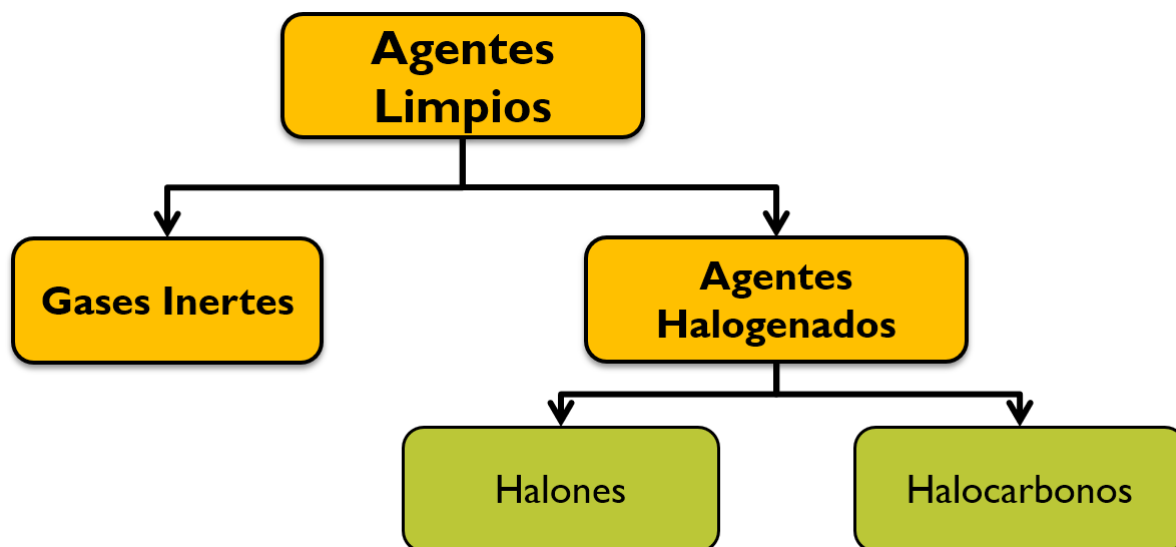
ÍNDICE

- 1) ¿QUÉ SON LOS AGENTES LIMPIOS?
- 2) LOS AGENTES HALOGENADOS Y SU EVOLUCIÓN HISTORIA
 - 2.1) ¿El Dióxido de Carbono es un Reemplazo?
 - 2.2) Los Halocarbonos
 - 2.3) Los Gases Inertes
 - 2.4) El Uso del Halon 1301 en el Contexto de su Prohibición
- 3) ¿QUÉ SON LOS HALONES?
- 4) IDENTIFICACIÓN DE LOS HALONES
- 5) COMPOSICIÓN DE LOS HALONES
- 6) COMPOSICIÓN DE LOS HALOCARBONOS
 - 6.1) Características del HFC-227ea
 - 6.2) Características del HFC-23
 - 6.3) Características del HCFC Mezcla A
- 7) COMPOSICIÓN DE LOS GASES INERTES
 - 7.1) Características del IG-01
 - 7.2) Características del IG-55
 - 7.3) Características del IG-541
- 8) MECANISMOS DE EXTINCIÓN
 - 8.1) Los Halones
 - 8.2) Los Halocarbonos
 - 8.3) Los Gases Inertes
 - 8.4) Clases de Fuego
- 9) USOS
- 10) VENTAJAS
- 11) LIMITACIONES
- 12) EFECTOS TÓXICOS E IRRITANTES DE LOS HALONES
- 13) EFECTOS TÓXICOS E IRRITANTES DE LOS HALOCARBONOS
- 14) EFECTOS DE LOS GASES INERTES
- 15) IMPACTO AMBIENTAL DE LOS HALOCARBONADOS
- 16) COMPATIBILIDAD CON LOS HALOCARBONADOS
- 17) EFECTOS DE LOS HALONES EN LA CAPA DE OZONO
- 18) RESUMEN LEGAL ARGENTINO
 - 18.1) Ley 24.040
 - 18.2) Resolución 620/2002 - Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable

1) ¿QUÉ SON LOS AGENTES LIMPIOS?

Son sustancias extintoras, no conductoras de la electricidad, líquidos volátiles o gaseosas, que no dejan residuos en el combustible incendiado tras su evaporación.

Este grupo de agentes extintores se los puede dividir y clasificar conforme al siguiente esquema:



2) LOS AGENTES HALOGENADOS Y SU EVOLUCIÓN HISTORIA

Para entender en profundidad a los agentes limpios y especialmente a los agentes halogenados hay que hacer un repaso por su historia que nace antes del 1900 y se extiende hasta la actualidad.

La historia de los halones se puede dividir en tres grandes etapas:

- **Primera Etapa:** Halones tóxicos, desde 1900 a 1950
- **Segunda Etapa:** Halones CFC (clorofluorocarbono), desde 1950 a 1980
- **Tercera Etapa:** Halocarbonos, desde 1980 en adelante

Primera etapa

El primer compuesto químico de esta familia fue el tetracloruro de carbono (Halón 104), cuyo uso como agente extintor se remonta probablemente a antes de 1900 y en 1910 se utilizaba en extintores portátiles de incendios.

En 1917 se discutían ya los posibles efectos que el tetracloruro de carbono podría tener sobre el cuerpo humano. En 1919 se produjeron las primeras muertes por tetracloruro de carbono de las que se tenga noticia.

A finales de 1920 se descubrió el bromuro de metilo (Halón 1001), que fue adquiriendo cada vez mayor popularidad. Sin embargo, debido a su alta toxicidad no se utilizó mucho en los extintores portátiles, aunque sí en los buques y aviones británicos y alemanes durante la II Guerra Mundial. En esta época, Alemania desarrolló el clorobromometano (Halón 1011)

como sustituto del bromuro de metilo. En 1947, un informe de Underwriters Laboratories Inc. (UL) demostró que la toxicidad del tetracloruro de carbono era similar a la del clorobromometano (Halón 1011), pero éste era un agente extintor más eficaz.

Para 1950, la era de los primeros halones (Halón 104, 1001 y 1011) estaba llegando a su fin. La creciente popularidad de los polvos químicos secos suponía que ya no era necesario el uso de estos halones y, al existir serias dudas sobre su toxicidad, se produjo su muerte oficial en la década de 1960.

Segunda Etapa

Después de la II Guerra Mundial, al añadir estearatos a los polvos químicos secos a base de bicarbonato sódico, se consiguió una mejor fluidez y mayor rechazo de la humedad. Esto a su vez animó a usar extintores portátiles con polvos químicos secos como alternativa a los líquidos volátiles, como los halones.

En 1947, la Fundación de Investigaciones Purdue llevó a cabo una evaluación sistemática de más de 60 nuevos agentes extintores. Simultáneamente, el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EE.UU. realizaba estudios toxicológicos de estos primeros agentes. Como resultado de estas investigaciones, se seleccionaron cuatro halones para su estudio más en profundidad:

- Dibromodifluorometano (Halón 1202)
- Bromoclorodifluorometano (Halón 1211)
- Bromotrifluorometano (Halón 1301)
- Dibromotetrafluorometano (Halón 2402)

Las pruebas demostraron que el extintor más eficaz era el Halón 1202, pero también era el más tóxico. El menos tóxico era el Halón 1301, que, además, era el segundo en eficacia en la extinción del fuego. El resultado directo de este programa fue que se desarrolló un extintor portátil a base de Halón 1301, principalmente para utilizarlo en el interior de los tanques y vehículos blindados. La Fuerza Aérea de los EE.UU. eligió el Halón 1202 para los extintores de los aviones y la Administración Federal de Aviación aprobó el uso del Halón 1301 en los extintores de los aviones comerciales.

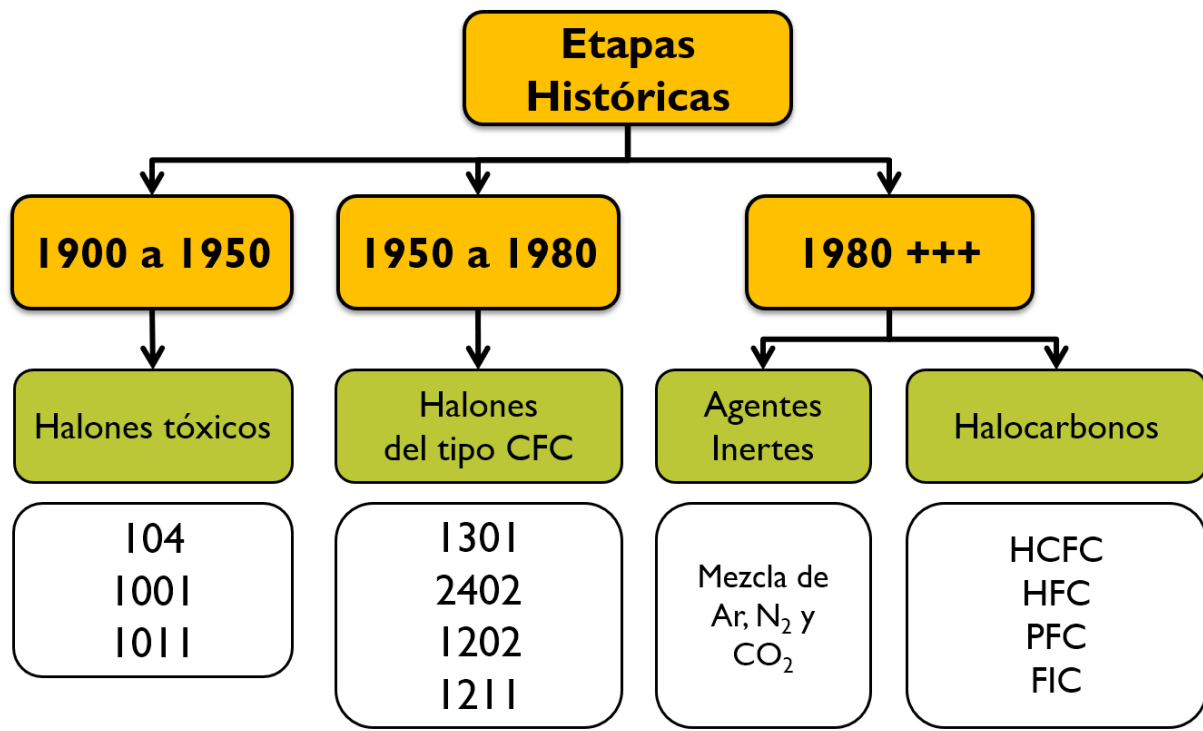
En los años 1960 se empezó a pensar en usar el Halón 1301 como agente extintor por inundación total en las salas de ordenadores. En los últimos 20 años, el Halón 1301 se ha utilizado ampliamente como extintor en los sistemas fijos de protección contra incendios, sobre todo para la protección de instalaciones electrónicas vitales.

Tercera Etapa

En la década de 1980 se empieza a relacionar a los CFC y entre ellos a los agentes halogenados con el adelgazamiento de la capa de ozono. Producto de la prohibición del uso de estos productos químicos aparecen en el mercado sus reemplazos, en un principio los agentes o gases inertes dado que no había otras opciones y era necesario reutilizar las instalaciones existentes, y posteriormente los nuevos halones compatibles con la protección de la capa de ozono, llamados como halocarbonos.

En la actualidad, y en líneas generales, se pueden agrupar los diferentes sustitutos de los halones en:

- **Los agentes inertes:** Suelen ser mezcla de gases constitutivos del aire tales como nitrógeno, argón y/o dióxido de carbono. Lo que se pretende conseguir con esta clase de gases, al utilizarlos como agentes extintores, es disminuir la concentración del oxígeno del aire del lugar donde se ha producido el fuego a una proporción inferior al 12%, con objeto de extinguir el mismo por sofocación.
- **Los agentes halocarbonados:** Este tipo de gases al entrar en contacto con el fuego se descomponen en radicales y iones, los cuales reaccionan con los procedentes del combustible. Esas reacciones químicas son endotérmicas, de forma que evitan que se produzca la reacción química en cadena. Por consiguiente, extinguen el fuego por inhibición. Otros compuestos de halocarbonos suprimen los incendios principalmente extrayendo calor de la zona de reacción de la llama.



- 1907** Utilización del Halón 104.
- 1945** Comienzo de utilización de los halones 1001 y 1011 como agentes extintores en Gran Bretaña y Alemania.
- 1947** Se descubren las propiedades del 1301, 1211 y 2402.
- 1974** Se descubren los efectos de los clorofluorcarbonados (CFC) sobre la capa de ozono.
- 1978** Prohibición en EE.UU. del uso de CFC como propelente en aerosoles.
- 1985** Se celebra el Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono. Ratificado por veintisiete países.
- 1987** Protocolo de Montreal: limitación de la fabricación de CFC con congelamiento de la producción los niveles de 1986 a partir de 1992. Ratificado por EE.UU., la C.E.E. y veintitrés países.
- 1990** Enmienda de Londres: reducción progresiva y cese total de fabricación de CFC a partir del 2000.
- 1991** Se promulga la Ley Nacional 24.040 sobre Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono (SAO).

- 1992** Enmienda de Copenhague: Acorta los plazos con cese total de fabricación y comercialización de CFC para el 1º de enero 1994.
- 1993** La E.P.A. publica en EE.UU. un primer borrador del listado de sustitutos aceptables para los halones.
- 2002** Se aprueba la Res SAyDS 620/2002 sobre usos autorizados de halones 1301, 1211 y 2402.

2.1) ¿El Dióxido de Carbono es un Reemplazo?

El dióxido de carbono (CO₂) también ha sido y es utilizado como agente extinguidor para aplicaciones de inundación total, incluso mucho antes que apareciera el Halon 1301; pero el mismo no puede ser considerado como un reemplazo de este último sino como una alternativa; tampoco es considerado como "agente limpio" a pesar de tener algunas de las características exigidas para éstos, debido a que las concentraciones de extinción resultan letales para las personas. Pese a esta característica letal, tampoco puede reemplazar al Halon 1301 dado que no se pueden reutilizar las instalaciones de los halones, las presiones para mantener licuado y transportar por cañería hasta las boquillas de descarga al CO₂ son de al menos 70 bar.

2.2) Los Halocarbonos

Entre los halocarbonados se pueden encontrar a los siguientes:

- Hidroclorofluorocarbonados (HCFCs)
- Hidrofluorocarbonados (HFCs)
- Perfluorocarbonados (PFCs)
- Fluoroyodocarbonados (FICs)
- Fluorocetonas (FKs)
- Hydrobromofluorocarbon (HBFCs)
- HCFC Mezcla A (mezcla de HCFCs y un hidrocarburo)

2.3) Los Gases Inertes

Constituyen una alternativa importante y son productos que no afectan al medio ambiente. Están formados por gases o mezclas de gases que no intervienen en la reacción de combustión y que se descargan en un tiempo mayor que los halones, desplazando el O₂ si bien a niveles respirables, no suficientes para sostener la combustión.

La EPA¹ y la NFPA² han puesto como límite que en áreas ocupadas la concentración de diseño debe asegurar que la concentración de oxígeno sea al menos de un 10%. El NOAEL de los gases inertes es del 43%. Además, son no conductores de la electricidad. Su efecto invernadero es nulo y su poder destructor de ozono es cero.

¹ Agencia de Protección Ambiental del gobierno federal de Estados Unidos

² National Fire Protection Association

Sus componentes principales son uno o más de los gases de helio, neón, argón o nitrógeno; también dióxido de carbono como componente secundario. Entre los gases inertes podemos encontrar:

- IG-541, mezcla de tres gases inertes, nitrógeno, argón y dióxido de carbono (52%, 48% y 8% respectivamente)
- IG-01, sólo argón 100%
- IG-100, sólo nitrógeno 100%
- IG-55, mezcla de dos gases inertes, nitrógeno y argón (50% y 50% respectivamente)

2.4) El Uso del Halon 1301 en el Contexto de su Prohibición

El uso de sistemas a base de Halon 1301 en ciertas circunstancias críticas está permitido según la Resolución 620/2002 de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (República Argentina), dadas sus características extintoras y de seguridad para las personas, ventajosas con respecto a sus reemplazos; como, por ejemplo:

- En aeronaves para la protección de los compartimentos de tripulaciones, cubículos de motores, inertización de tanques de combustible, bodegas de carga.
- En vehículos militares terrestres para la protección de la tripulación y en compartimentos de motores, de almacenamiento de municiones y explosivos.
- En buques navales para la protección de espacios en los cuales haya líquidos y/o gases inflamables y/o riesgos eléctricos, incluyendo los compartimentos de máquinas.
- Para la protección de instalaciones existentes de centros de comunicación y comando de las fuerzas armadas considerados esenciales para la seguridad nacional, operados por personal.
- Para la protección de espacios donde existen riesgos de dispersión de material radiactivo, incluyendo las centrales nucleares de potencia, reactores de investigación y conjuntos críticos relacionados con la especie.
- En extintores de fuego esenciales para la seguridad personal utilizados en la extinción inicial del fuego por brigadas contraincendios.
- En extintores de fuego militares y policiales para ser utilizados en personas.
- En las instalaciones existentes de sectores petroquímicos, petroleros, o gasíferos en los cuales hay líquidos y/o gases inflamables y/o riesgos eléctricos y/o instalaciones para la fabricación de agua pesada
- En instalaciones existentes de buques de carga en los cuales haya líquidos y/o gases inflamables y/o riesgos eléctricos, incluyendo los compartimentos de máquinas.
- En instalaciones existentes de salas de terapia intensiva y quirófanos.

Aunque no hay producción actual de Halon 1301, los sistemas existentes para estos casos pueden recargarse desde los bancos que se han conformado en algunos países para almacenar, regenerar y reciclar el agente extraído de los sistemas desmantelados. En la Argentina y por medio de la Resolución 954/2004 de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, se conformó un banco de halones en el INTI.

3) ¿QUÉ SON LOS HALONES?

Los agentes extintores halogenados o halones son derivados químicos del metano (CH₄) o etano (CH₃-CH₃), en los que algunos o todos los átomos de hidrógeno han sido reemplazados con átomos de halógeno o una combinación de estos elementos.

Estos agentes son líquidos cuando se guardan en tanques presurizados a temperaturas normales, pero la mayoría de ellos son gases a presión atmosférica y temperaturas normales.

Los halógenos son los siguientes:

- Flúor
- Cloro
- Bromo
- Yodo

La sustitución confiere no sólo ininflamabilidad, sino también propiedades extintoras de llama a muchos de los compuestos resultantes. Estos agentes se emplean en extintores portátiles y en sistemas fijos de extinción.

4) IDENTIFICACIÓN DE LOS HALONES

Los agentes halogenados se conocen actualmente como halones, y el sistema para la denominación de los hidrocarburos halogenados fue ideado por el Cuerpo de ingenieros del Ejército de EE.UU. Este sistema simplificado de nomenclatura describe la composición química de los materiales sin necesidad de emplear los nombres químicos ni las abreviaturas que pueden conducir a confusiones.

El primer dígito de la cifra representa el número de átomos de carbono de la molécula compuesta; el segundo, el número de átomos de flúor; el tercero, el número de átomos de cloro; el cuarto, el número de átomos de bromo; y el quinto, el número de átomos de yodo (sí los hay).

	Posición en el número				
Halón	A	B	C	D	E

Identificación de Halones

Posición	A	B	C	D	E
Nro. de átomos de	Carbono	Flúor	Cloro	Bromo	Yodo

Listado de Agentes Extintores del Tipo Halones

Nombre Químico	Fórmula	Nro. de Halón
Bromuro de metilo	CH ₃ Br	1001
Ioduro de metilo	CH ₃ I	10001
Bromoclorometano	BrCH ₂ Cl	1011
Dibromodifluorometano	Br ₂ CF ₂	1202
Bromoclorodifluorometano	BrClCF ₂	1211
Bromotrifluorometano	BrCF ₃	1301
Dibromotetrafluoretano	Br ₂ C ₂ F ₄	2402

5) COMPOSICIÓN DE LOS HALONES

Los tres elementos halógenos que se encuentran comúnmente en los agentes extintores son el flúor (F), el cloro (Cl) y el bromo (Br). La sustitución de un átomo de hidrógeno en un hidrocarburo por alguno de estos tres elementos influye en las propiedades del compuesto de la siguiente forma:

- **Flúor:** Confiere estabilidad al compuesto, reduce la toxicidad, reduce el punto de ebullición y aumenta la estabilidad térmica.
- **Cloro:** Confiere eficacia en la extinción de incendios, aumenta el punto de ebullición, aumenta la toxicidad y reduce la estabilidad térmica.
- **Bromo:** Igual que el cloro, pero en mayor grado.

Características de los Halones

Característica	Flúor	Cloro	Bromo
Estabilidad del compuesto	Aumenta	---	---
Toxicidad	Disminuye	Aumenta	Aumenta
Punto de ebullición	Disminuye	Aumenta	Aumenta
Estabilidad térmica	Aumenta	Disminuye	Disminuye
Eficacia en la extinción	---	Aumenta	Aumenta

El halógeno se enlaza al átomo de carbono mediante un enlace químico covalente, que significa que, al contrario que los compuestos inorgánicos halogenados como la sal común (cloruro de sodio), no tienen tendencia a ionizarse o hacerse conductores eléctricos en presencia de agua. La presencia de un átomo de flúor en la molécula aumenta la resistencia de los enlaces C-Cl y C-Br y mejoran la estabilidad química del compuesto.

Debido a que son gases o líquidos que se vaporizan rápidamente en los fuegos, los halones no dejan residuos corrosivos o abrasivos después de su empleo. No son conductores de la electricidad y poseen alta densidad en estado líquido, lo que permite el empleo de contenedores de almacenamiento compactos. Las áreas de mayor uso son para la protección de equipos eléctricos o electrónicos, de motores de vehículos aéreos y terrestres

y otras áreas donde es importante la rápida extinción o donde deba reducirse al mínimo el daño a equipos o materiales o la limpieza después de su empleo.

Propiedades de los Agentes Halogenados

Nº Halón	Tipo de Agente	Punto de ebullición (°C)	Calor latente de evaporación H ₂ O = 540 kcal/kg CO ₂ = 138 kcal/kg
104	Líquido	76,5	46
1001	Líquido	4,5	62
1011	Líquido	66,0	--
1202	Líquido	24,5	29
1211	Gas licuado	-4	32
1301	Gas licuado	-58	28
2402	Líquido	47	25

El agente de bromoclorodifluorometano (halón 1211) es similar al dióxido de carbono con respecto a que es adecuado para instalaciones en clima frío y no deja residuos.

En comparación con el dióxido de carbono, basándose en el peso del agente, el Halón 1211 es al menos el doble de eficaz. Cuando se descarga, el agente está en la forma combinada de un gas/líquido con aproximadamente dos veces el alcance del dióxido de carbono.

6) COMPOSICIÓN DE LOS HALOCARBONOS

Los agentes halocarbonados son similares a los agentes halogenados con respecto a que no son conductores, no corrosivos y se evaporan después de su uso, sin dejar residuos. En comparación con el dióxido de carbono, basándose en el peso del agente, los halocarbonados son al menos el doble de eficaces.

Componentes Básicos

Categoría	Compuestos
Hidrofluorocarbonados (HFC)	Flúor, hidrógeno y carbón
Hidroclofluorocarbonados (HCFC)	Flúor, cloro, carbón e hidrógeno
Perfluorocarbonados (FC o PFC)	Carbón y flúor
Fluoriodocarbonados (FIC)	Carbón, flúor y yodo
Fluoroketones (FK)	Carbón, flúor y oxígeno
Hidrobromofluorocarbonados	Bromo, flúor y carbón

Listado de Agentes Extintores del Tipo Halocarbonados

Denominación del Agente	Nombre Químico	Química	Nombre Comercial
KF-5-1-12	Dodecafluoro-2-metilpentano-3-uno	$CF_3CF_2C(O)CF(CF_3)_2$	Novec 1230
HCFC Mezcla A	Diclorotrifluoroetano HCFC-123 (4,75%) Clorodifluorometano HCFC-22 (82%) Clorodifluorometano HCFC-124 (9,5%) Isoproperil-1-metilciclohexano (3,75%)	$CHCl_2CF_3$ $CHClF_2$ $CHClFCF_3$	NAF-S-III
HCFC-124	Clorotetrafluoroetano	$CHClFCF_3$	FE-24
HFC-125	Pentafluoroetano	CHF_2CF_3	FE-25
HFC-227ea	Heptafluoropropano	$CF_3CHF_2CF_3$	FM-200
HFC-23	Trifluorometano	CHF_3	FE-23
HFC-236fa	Hexafluoropropano	$CF_3CH_2CF_3$	FE-36
FIC-1311	Trifluoroiodometano	CF_3I	Triodide
HFC Mezcla B	Tetrafluoroetano (86%) Pentafluoroetano (9%) Dióxido de Carbono (5%)	CH_2FCF_3 CHF_2CF_3 CO_2	Halotron II

Notas: La composición del HCFC Mezcla A viene dada como porcentaje en peso.

6.1) Características del HFC-227ea

Este agente es apto para la protección de la mayoría de los riesgos donde anteriormente se tenía que aplicar el Halón 1301. Una vez descargado, el HFC-227ea extingue rápidamente el fuego minimizando los daños a la propiedad y a los equipos de alto valor, asegurando asimismo la total seguridad a las personas.

El HFC-227ea usa un mecanismo diferente para la extinción que el Halón 1301; éste extingue el fuego por reacción química eliminando radicales libres, mientras que el HFC-227ea actúa físicamente por absorción de calor. Las características físicas del HFC-227ea permiten su uso en ambientes con temperaturas entre 0 °C y 50 °C.

Es seguro para las personas porque no sólo extingue el fuego sin reducir la cantidad de oxígeno, sino que no resulta tóxico en las concentraciones específicas de utilización. Por estos motivos el HFC-227ea es idóneo para la protección de ambientes ocupados normalmente por personas.

En cuanto a su efecto sobre los equipos, el HFC-227ea no daña los equipos más delicados y no deja residuos para su limpieza posterior, por lo que permite continuar de inmediato las actividades. No es conductor de la electricidad, por lo que es efectivo en la protección de riesgos eléctricos como salas de ordenadores.

El HFC-227ea posee un potencial de reducción del ozono (ODP) nulo, un potencial de efecto invernadero (GWP) extremadamente bajo y una vida atmosférica (ALT) muy limitada (31 años).

Es apto tanto para fuegos de clase A (fuegos que comprenden materiales sólidos) como para fuegos de clase B (líquidos o sólidos licuados). Algunas aplicaciones concretas son: centros de elaboración o archivo de datos, centros de telecomunicación, medios de transporte, estaciones de radio/radar, torres de control, etc.

6.2) Características del HFC-23

Debido a su presión de vapor natural de 41 bar a 20 °C, el HFC-23 no requiere presurización con nitrógeno. El HFC-23 extingue los incendios principalmente por absorción de calor y también, en menor proporción, químicamente por eliminación de radicales libres de la zona del fuego.

El HFC-23 es totalmente seguro para las aplicaciones en áreas ocupadas. La mayoría de los sistemas de HFC-23 se diseñan con una concentración de 16%, siendo el NOAEL de este agente extintor del 30%. Un margen de seguridad tan amplio lo tienen muy pocos agentes extintores disponibles en el mercado.

El HFC-23 no deja residuos ni durante la extinción del incendio ni después de una descarga accidental. No es conductor de la electricidad.

El HFC-23 posee un potencial de reducción del ozono (ODP) nulo y un potencial de efecto invernadero (GWP) de 13.

Es aplicable para la protección de salas de ordenadores, archivos y equipos eléctricos. Especialmente útil para áreas que requieren almacenamiento a temperaturas bajas (hasta -40°C) y locales con techos de hasta 7,5 m de altura o incluso más altos.

6.3) Características del HCFC Mezcla A

Está compuesto por una mezcla de hidrocarburos halogenados (HCFC) y un aditivo detoxificante, en condiciones de reducir drásticamente la cantidad de productos de descomposición que se forman en presencia de la llama. Es un gas incoloro, no es conductor de la electricidad y tiene una densidad unas 6 veces mayor que la del aire.

Es un agente extintor "drop-in"³ respecto al Halón 1301: su empleo en los sistemas de protección contra incendio existentes proyectados para el Halón 1301 no requiere modificaciones sustanciales. En las aplicaciones más comunes es necesaria una cantidad en peso de HCFC-mezcla A mayor del 10% con respecto al Halón 1301 y, por consiguiente, en la mayoría de los casos es posible instalarlo en los sistemas ya existentes sin modificar las tuberías diseñadas por el Halón 1301. Con un punto de ebullición de -38,3 °C, el HCFC-mezcla A se distribuye fácilmente en el local protegido, también a temperaturas bajas.

El HCFC-mezcla A extingue incendios principalmente físicamente mediante la absorción de calor, pero también actúa químicamente, como el Halón 1301. La concentración de diseño necesaria para extinguir un incendio depende del tipo de riesgo a proteger. Los fuegos de Clase B necesitan una concentración de 12% y los de Clase A pueden ser extinguidos con una concentración de 10%.

Los niveles de toxicidad permiten su uso en áreas normalmente ocupadas para las aplicaciones más comunes. El NOAEL es 12%. LOAEL: 14%.

El impacto medioambiental global es extremadamente bajo, pero el ODP no llega a ser cero.

HCFC-mezcla A es apto para fuegos de Clase A, Clase B y aplicaciones tales como salas de ordenadores, telecomunicaciones, etc.

³ El término anglosajón "drop-in" se utiliza para referirse a que el empleo de este agente extintor no requiere cambios importantes en la instalación existente proyectada para usar con halón.

7) COMPOSICIÓN DE LOS GASES INERTES

Los sustitutos del halon a base de gases inertes incluyen el nitrógeno y el argón y mezclas de ellos. Uno de los sustitutos tiene una pequeña fracción de dióxido de carbono, el cual no es un gas inerte porque es fisiológicamente activo y fatal a bajas concentraciones (aproximadamente al 9%).

Los agentes limpios de gases inertes se almacenan como gases presurizados y, por esto, requieren un volumen de almacenamiento sustancialmente mayor. Estos agentes son eléctricamente no conductivos, forman mezclas estables en el aire y no dejan residuos.

Listado de Agentes Extintores del Tipo Gases Inertes

Denominación del Agente	Nombre Químico	Química	Nombre Comercial
IG-01	Argón	Ar	Argonfire
IG-100	Nitrógeno	N ₂	NN100
IG-541	Nitrógeno (52%) Argón (40%) Dióxido de Carbono (8%)	N ₂ Ar CO ₂	Inergen
IG-55	Nitrógeno (50%) Argón (50%)	N ₂ Ar	Argonite

Notas: La composición de los gases inertes viene dada como porcentaje en volumen.

7.1) Características del IG-01

Es argón, gas inerte que se encuentra de forma natural en la atmósfera. Es químicamente neutro, no conductor, no causa daño a los productos más delicados, incoloro, inodoro e insípido. El argón no es corrosivo y puede ser utilizado a temperaturas normales con materiales tales como níquel, acero, acero inoxidable, cobre, latón, bronce y plásticos elastómeros.

Los sistemas de extinción con argón se basan en el principio de reducción de oxígeno en el incendio: el oxígeno es desplazado por el argón hasta un punto tal en que el incendio no puede continuar por falta de comburente. Cada sistema se diseña para reducir el oxígeno hasta un nivel específico, para lo cual la concentración de diseño debe ser alrededor del 40%. La mayoría de los incendios necesitan una concentración de oxígeno de 14-16% para mantener la combustión. El argón reduce esta concentración hasta el 12% lo cual es suficiente para extinguir la mayoría de los incendios, no obstante, algunos requieren concentraciones más altas.

Aunque el método de extinción de los sistemas argón sea el mismo que el de los sistemas de CO₂, el argón es seguro para su uso en áreas ocupadas. Durante la descarga se mantiene una buena visibilidad y la mayoría de los incendios con este agente se extinguen en menos de 45 segundos.

Este agente es aplicable para proteger salas de ordenadores, archivos de cintas informáticas, equipos de centrales telefónicas, instalaciones eléctricas, electrónicas y para la protección de archivos, museos, bibliotecas y cualquier otro riesgo que contenga bienes únicos o de alto valor. Está especialmente indicado para grandes volúmenes.

7.2) Características del IG-55

Es una mezcla equitativa de nitrógeno y argón. No deja residuo, es no conductor, no corrosivo, no tóxico y no produce productos de combustión secundarios. Cuando se inicia un fuego se inyecta rápidamente reduciendo la concentración de oxígeno del 21 % normal a un nivel entre 11% y 13%, para lo que se emplea una concentración extintora del 36%.

Algunas aplicaciones son: salas de control y de informática, archivos, armarios eléctricos y alrededor de equipos de telecomunicaciones.

7.3) Características del IG-541

Está compuesto por un 52% de nitrógeno, un 40% de argón y un 8% de CO₂. Este agente apaga el fuego desplazando el oxígeno en el aire. Utiliza una concentración extintora entre el 40 al 80%. Se diseña con una concentración del 80% del NOAEL. El tiempo de descarga es de 60 a 90 segundos.

Es un gas respirable que incrementa el ritmo respiratorio en períodos cortos de tiempo. Para movernos dentro de la seguridad, el aire ambiental del lugar de extinción contendrá al menos un 14% de O₂ y un 4% como máximo de CO₂. Si la concentración de O₂ es menor del 12% se deberá evacuar el local en un tiempo igual o inferior a 30 segundos. Durante la descarga se mantiene una buena visibilidad.

Durante la descarga no se aumenta la conductividad ni la corrosividad y no deja residuo, por lo que no provoca daños materiales.

Algunas de sus aplicaciones son: riesgos eléctricos o electrónicos, salas de mezcla de líquidos inflamables, bibliotecas, archivos y museos, etc.

8) MECANISMOS DE EXTINCIÓN

8.1) Los Halones

El mecanismo de extinción de los halones está relacionado a la reacción química que interviene en el proceso de combustión. Estos actúan eliminando los elementos químicos activos que intervienen en las reacciones en cadena de la llama (proceso conocido como rotura de la reacción química en cadena). Aunque todos los halógenos son activos de esta manera, el bromo es mucho más efectivo que el cloro o el flúor.

La alta velocidad de extinción se debe precisamente al hecho de que interfieren en lo más íntimo de la combustión como lo es en el proceso de la reacción química en cadena.

Eficacia en la Extinción del Fuego

La comparación entre la eficacia de los distintos halones depende de sí se están considerando los extintores portátiles o los sistemas fijos y, especialmente en las pruebas de unidades portátiles, de sí los agentes se aplican óptimamente sobrepresurizados con nitrógeno.

- **Sistemas de inundación total:** Halón 1301 y Halón 1211. El Halón 1301 requiere como promedio un 10% menos de volumen que el 1211, al emplearse contra cualquier combustible.

En general se acepta que, para el mismo peso, ambos agentes son aproximadamente dos veces y media más efectivo que el dióxido de carbono.

- **Aplicación Local:** Halón 2402. La capacidad de extinción de llama de los vapores del Halón 2402 es muy buena y muy parecidas a las del Halón 1301 y 1211, pero debido a que es líquido a la temperatura ambiente, es que se lo destina para aplicaciones locales.
- **Fuegos Clase A:** La efectividad de los halones sobre fuegos de Clase A resulta más difícil de predecir. Depende en gran medida del material en combustión, de su configuración y de cuándo se aplique el agente.

La mayoría de los plásticos se comportan como líquidos inflamables; pueden extinguirse de forma rápida y completa con un 4% a 6% de concentraciones de Halón 1211 o 1301. Otros materiales, particularmente productos celulósicos, pueden, en ciertas circunstancias, desarrollar fuegos profundamente asentados además de combustión con llamas. La porción llameante de dichos fuegos puede extinguirse con bajas concentraciones (del 4 al 6%), pero la parte profunda incandescente puede mantenerse, en determinadas circunstancias. Aun así, el fuego profundo se controlará, reduciéndose su velocidad de combustión y consiguiente desprendimiento de calor. Se requieren concentraciones considerablemente mayores (18 al 30%) para conseguir la extinción completa y estos niveles rara vez resultan económicos en su aplicación.

Comparación del valor de extinción de las llamas entre el Halón 1301 y el Halón 1211

Combustible	% en volumen de agente en aire necesario para la extinción de la llama	
	Halón 1301	Halón 1211
Metano	3,1	3,5
Propano	4,3	4,8
n-Heptano	4,1	4,1
Etileno	6,8	7,2
Benceno	3,3	2,9
Etano	3,8	4,2
Acetona	3,3	3,6

8.2) Los Halocarbonos

Los agentes halocarbonos extinguen incendios por medio de una combinación de mecanismos físicos y químicos, dependiendo del compuesto.

Los mecanismos de supresión química de los compuestos de HBFC y HFIC son similares al Halon 1301; esto es, el Bromo y especies de Yodo expulsan los radicales de la llama, con lo cual interrumpen la reacción química en cadena.

Otros compuestos sustitutos suprimen los incendios principalmente extrayendo calor de la zona de reacción de la llama, reduciendo la temperatura por debajo de la que se requiere para mantener tasas de reacción suficientemente altas, por medio de una combinación del

calor de la vaporización, la capacidad calorífica y la energía absorbida por la descomposición del agente.

8.3) Los Gases Inertes

Los gases inertes apagan por sofocación, es decir, la exclusión del oxígeno de la mezcla combustible por encima del LSI.

Al suprimir las llamas se reduce la temperatura por debajo de los umbrales que son necesarios para mantener las reacciones de combustión. Al reducir la concentración de oxígeno se eleva la capacidad calorífica de la atmósfera que mantiene la llama.

8.4) Clases de Fuego

Los extintores de agentes halogenados y halocarbonados, están certificados para uso en fuegos clase B y C. Los modelos de mayor tamaño también están certificados para fuegos clase A.

9) USOS

Los agentes limpios son principalmente utilizados para la protección de ambientes y riesgos considerados especiales y/o de alto valor, donde se requiere una extinción rápida del incendio causando el menor daño colateral posible.

El hecho de que sean limpios, es decir, no ensucian y no dañan, de que apaguen rápido, al menos los halones y halocarbonos, y por consiguiente limitan el daño a instalaciones o equipos de alto valor, los hace adecuados para los siguientes tipos de riesgos:

- Riesgos eléctricos y electrónicos
- Falsos suelos y otros espacios escondidos
- Bienes, objetos o instalaciones de valor elevado o estratégicos, donde el fuego u otro tipo de agente extintor pueda causar daños irreparables o costosos. La rápida extinción reduce el daño del fuego.
- Cuando se requiera un agente limpio
- Para realizar una descarga de inundación total en ambientes habitables
- Cuando sea necesario una rápida extinción
- Para gases o líquidos inflamables
- Cuando el espacio protegido está normal o frecuentemente ocupado por personas

Algunas de las principales aplicaciones prácticas son las siguientes:

- Centros de datos informáticos
- Sala de control de procesos
- Centros de telecomunicaciones
- Gabinetes de equipos eléctricos

- Transformadores eléctricos y bóvedas de transformadores
- Salas de motores a bordo de buques
- Instalaciones de procesamiento de gas y petróleo
- Plataformas petroleras costa afuera
- Bóvedas de almacenamiento de medios electrónicos o archivos de papel valiosos
- Laboratorios químicos
- Cuartos limpios
- Equipos de robótica
- Colecciones de arte o históricas
- Instalaciones de alimentación eléctrica
- Cuartos de interruptores
- Simuladores de vuelo
- Cuartos de control de aeropuertos

10) VENTAJAS

Entre las principales ventajas de los agentes limpios se pueden citar:

- Ciertos agentes halogenados son eficaces en concentraciones volumétricas tan baja; que queda suficiente oxígeno en el aire como para respirar cómodamente después de la inundación del compartimiento.
- Eléctricamente no conductivos, es decir para combustibles Clase C.
- Se vaporizan rápidamente y no dejan residuos.
- Son gases licuados o presentan comportamientos análogos (es decir, líquido comprimible).
- Pueden almacenarse y descargarse desde los equipos típicos del Halon 1301 (con la excepción del HFC-23, el cual requiere una presión de 40 bar).

11) LIMITACIONES

Existen distintos tipos de materiales inflamables contra los que son ineficaces los agentes halogenados, a saber:

- **Fuego Clase K.** No son agentes extintores adecuados para uso en fuegos de combustibles presurizados ni en fuegos de grasas de cocción.
- **Combustibles que contienen su propio agente oxidante**, tales como pólvora, propulsantes de cohete, nitrocelulosa, etc.

El compuesto contiene su propio suministro de oxígeno, que a menudo forma parte de la propia molécula del combustible, el agente halogenado es incapaz de penetrar en la zona de reacción con suficiente velocidad para sofocar el fuego. El oxidante está demasiado próximo físicamente al combustible como para permitir la interacción del agente extintor.

A menudo, el único agente eficaz para extinguir fuegos de estos combustibles es un diluvio de agua que diluya el combustible y tienda a eliminar el calor delante del frente de combustión.

- **Materiales reactivos** tales como sodio, potasio, aleación eutéctica de NaK, magnesio, titanio, zirconio, litio, uranio y plutonio; y los hidruros metálicos, tales como hidruro de litio.

Los metales reactivos y los hidruros metálicos reaccionan excesivamente a la temperatura de la llama como para que el agente halogenado pueda actuar eficazmente. Además, la composición química de las llamas de los fuegos de metales es muy diferente de la de los fuegos de hidrocarburos.

- Sustancias químicas capaces de experimentar una descomposición térmica, como la hidracina y algunos peróxidos orgánicos.
- Cuando se utilicen agentes limpios en riesgos con temperatura ambiente elevada (por ejemplo, hornos y calderas) deberán considerarse los efectos de la descomposición del agente sobre los equipos y sobre la eficacia de la protección.
- Los halocarbonos producen más productos de descomposición que el Halon 1301, dado un tipo de incendio, tamaño del fuego y tiempo de descarga similares.

Son agentes extinguidores de incendios menos eficientes que el Halon 1301, en términos de volumen de almacenamiento y peso del agente; el uso de la mayoría de estos agentes requiere incrementar la capacidad del almacenamiento.

- Todos, excepto el HFC-23, necesitan ser sobre presurizados con nitrógeno en la mayoría de las aplicaciones, para los propósitos de descarga.
- **Descarga electrostática.** Durante la descarga de gases licuados puede ocasionarse la carga electrostática de conductores no conectados a tierra. Estos conductores podrían descargarse sobre otros objetos, ocasionando un arco eléctrico con suficiente energía como para iniciar la combustión.

Aunque una de las características ventajosas de estos agentes es su posibilidad de uso en ambientes que contienen equipos cargados eléctricamente sin causar daños sobre estos, en algunos casos los equipos eléctricos pueden constituir una fuente de ignición. En estos casos, se deberían desconectar los equipos antes o durante la descarga de agente.

- Una limitación de la capacidad de un agente que se presenta muy comúnmente es la efectividad limitada en fuegos profundos Clase A, con concentraciones por debajo del 10% en volumen. Cuando se intenta controlar fuegos Clase A, empleando sistemas de agentes halogenados, es necesario disponer rápidamente de ayuda exterior. De lo contrario, una vez disipada la concentración de extinción existe peligro de reignición.
- **Ambientes no ventilados.** El uso de extintores de este tipo en lugares no ventilados, tales como pequeñas salas, armarios o espacios confinados, los operarios y otras personas deberían evitar respirar el agente extintor o los gases generados por descomposición térmica.

La descarga de los sistemas de agentes limpios para extinguir un incendio puede suponer un peligro para el personal, bien por la forma natural del agente limpio o por los productos de descomposición que resultan de la exposición del agente al fuego o superficies calientes. Debería vitarse la exposición innecesaria de las personas al agente o a los productos de descomposición de éste.

12) EFECTOS TÓXICOS E IRRITANTES DE LOS HALONES

La toxicología del Halón 1301 y 1211 se ha estudiado intensamente en animales y personas. Como resultado, para estos agentes pueden citarse directivas claras de seguridad.

Concentraciones Letales Aprox. en Exposición de 15 min. a los Vapores de Halones⁽¹⁾

Nº Halón	Concentración letal aprox. o ALC (ppm)	
	Vapores naturales	Vapores descompuestos
1301	832.000	14.000
1211	324.000	7.650
⁽²⁾ CO ₂	658.000	658.000
1202	54.000	1.850
1011	65.000	4.000
2402	126.000	1.600
104	28.000	300
1001	5.900	9.600

Nota:

- (1) Basada en pruebas realizadas con ratas blancas.
(2) No es un halón.

Las exposiciones de personas al Halón 1301 y 1211 demuestran que concentraciones de la primera de hasta aproximadamente un 7% en volumen y del segundo de hasta un 2 a 3% no producen efectos perceptibles en el sujeto.

A concentraciones de Halón 1301 entre el 7 y 10% y entre el 3 y 4% para el Halón 1211, los individuos experimentan mareos y hormigueo en las extremidades, síntomas de ligera anestesia.

A concentraciones de Halón 1301 superior al 10% y más del 4 a 5% para el Halón 1211, el mareo se acentúa, los individuos sienten que pierden el conocimiento (aunque ninguno lo pierde), y se reduce la destreza física y mental.

En personas expuestas a un 7% de Halón 1301 durante períodos de hasta 30 minutos, los efectos aparecen en los primeros 5 a 10 minutos, permaneciendo invariables durante el resto de la exposición y desapareciendo rápidamente, una vez finalizada la exposición.

De los datos médicos disponibles, se han producido las siguientes pautas para la utilización del Halón 1301, del Halón 1211 y del Halón 2402.

Tiempos Permitidos de Exposición

Tipo de Agente	Concentración % en volumen	Tiempo promedio de exposición
Halón 1301	Hasta 7	15 min
	7 – 10	1 min
	10 – 15	30 seg
	más de 15	Impedir la exposición
Halón 1211	Hasta 4	5 min
	4 – 5	1 min
	más de 5	Impedir la exposición
Halón 2402	0,05	10 min
	0,1	min

**Concentraciones Letales Aprox. de los Productos Principales de la
Descomposición del Halón 1301 y del 1211**

Compuesto	Concentraciones letales aprox. para 15 min. de exp. en ppm por volumen en aire	Concentraciones peligrosas en ppm por volumen en aire
Fluoruro de hidrógeno (HF)	2.500	50-250
Bromuro de hidrógeno (HBr)	4.750	---
Cloruro de hidrógeno (HCl)	---	---
Bromo (Br ₂)	550	---
Cloro (Cl ₂)	---	50
Fluoruro de carbonilo (COF ₂)	1.500	---
Cloruro de carbonilo (COCl ₂)	100-150	---

13) EFECTOS TÓXICOS E IRRITANTES DE LOS HALOCARBONOS

Deberá evitarse cualquier exposición innecesaria a agentes halocarbonados y a sus productos de descomposición, incluso a concentraciones inferiores al NOAEL. Durante o después de la descarga no deberá entrar personal desprotegido en el espacio protegido.

Cuando no sea posible evitar la exposición, la recomendación de los tipos de ocupación en función de los límites NOAEL y LOAEL son:

- En recintos normalmente ocupados, se podrán realizar descargas de producto hasta el valor de NOAEL. La máxima exposición no deberá en ningún caso exceder de los 5 minutos.
- En recintos normalmente ocupados, se podrá realizar descarga de productos diseñados para concentraciones superior al NOAEL e inferiores al LOAEL, siempre que se disponga de medios para que la exposición no supere los tiempos especificados de exposición al producto.
- En espacios no ocupados normalmente y protegidos por un sistema de agente halocarbonado diseñado para concentraciones superiores al valor de LOAEL, y donde existiera la posibilidad de que el personal pudiese ser expuesto, deberá disponerse de medios para limitar los tiempos de exposición.

Para mantener una concentración de oxígeno superior al 16% (equivalente a nivel del mar), punto en el que se inicia el deterioro de las funciones personales, no se utilizara ningún agente halocarbonado superior al 24% en área normalmente ocupadas.

Información Toxicológica de Agentes Halocarbonados Limpios

Agente	LC ₅₀ o ALC (%)	NOAEL (%)	LOAEL (%)
FIC1311	>12,8	0,2	0,4
FK-5-1-12	>10,0	10	>10,0
HCFC Mezcla A	64	10	>10,0
HCFC124	23-29	1	2,5
HFC125	>70	7,5	10
HFC227ca	>80	9	10,5
HFC23	>65	30	>30
HFC236fa	>45,7	10	15
HFC Mezcla B	56,7*	5,0*	7,5*

Notas:

NOAEL - Nivel de Efectos Adversos no Observables: Concentración máxima a la cual no se han observado ningún efecto adverso de carácter fisiológico o toxicológico.

LOAEL - Nivel Mínimo de Efectos Adversos Observables: Concentración mínima a la cual se ha observado un efecto adverso de carácter fisiológico o toxicológico.

LC₅₀ es la concentración letal del 50% de una población de ratas durante 4 horas de exposición. El valor ALC es la concentración letal aproximada.

* Estos valores son para los componentes mayores de mezcla (HFCB 1234^a)

Medidas y salvaguardas

Las medidas y salvaguardas necesarias para evitar daños y muertes en áreas cuyas atmósferas sean peligrosas por la descarga o descomposición térmica de agentes limpios son, entre otras, las siguientes:

- Establecer vías de evacuación adecuadas, así como procedimientos para mantenerlas libres de obstáculos en todo momento.
- Dotarlas de iluminación y señalización de emergencia necesarias para una evacuación rápida y segura.
- Instalar alarmas en el interior de las áreas, las cuales se activarán inmediatamente con el sistema de detección.
- Instalar puertas que abran únicamente en el sentido de la salida, dotadas de cierre automático y provistas de barras antipánico cuando posean cerradura.
- Dotar de alarmas continuas en los accesos a tales áreas hasta que su atmósfera haya quedado restaurada.
- Disponer señales e instrucciones de precaución en los accesos e interior de tales áreas. Estas servirán para informar a los que accedan al área de la existencia de un

sistema de agente limpio. Así mismo, se dispondrá de información adicional pertinente sobre las condiciones del riesgo.

- Prever lo necesario para descubrir y rescatar con rapidez a aquellas personas que pudieran quedar inconscientes en el área. Para ello se contará con personal entrenado y equipado con equipos de respiración.
- Informar y realizar ejercicios con el personal del interior y proximidades de tales áreas, incluyendo al personal de mantenimiento o construcción que pudieran entrar en las mismas, a fin de asegurar una actuación correcta en caso de puesta en funcionamiento del sistema de agente limpio.
- Dotar de los mecanismos necesarios para efectuar una ventilación rápida de estas áreas. Suele ser necesaria una ventilación forzada. Deberán tomarse precauciones para disipar con rapidez las atmósferas peligrosas y no desplazarlas a otro ambiente.
- Prohibir fumar hasta que se compruebe que el ambiente está libre de agente limpio.
- Prever aquellas posibles medidas y salvaguardas que el estudio particular de cada situación muestre necesario para evitar daños.

14) EFECTOS DE LOS GASES INERTES

Deberá evitarse exposiciones innecesarias a sistemas de gases inertes que generan atmósferas deficientes en oxígeno. El tiempo máximo de exposición nunca deberá exceder 5 minutos.

Efectos Fisiológicos para los Agentes Gaseosos Inertes

Agente	Nivel sin efectos* (%)	Nivel de bajo efecto* (%)
IG-01	43	52
IG-100	3	52
IG-55	43	52
IG-541	43	52

** Basado en efectos fisiológicos sobre humanos en atmósferas hipotóxicas. Estos valores son los equivalentes funcionales del NOAEL y LOAEL y corresponden al 12% mínimo de oxígeno para el nivel sin efectos y un 10% mínimo de oxígeno para el nivel de bajo efecto.*

El efecto de los gases inertes sobre la salud es la asfixia debido a los bajos niveles de oxígeno. Con agentes de gases inertes se requiere normalmente una concentración de oxígeno no inferior al 10% en áreas ocupadas, lo que corresponde a una concentración de agente no superior al 52%.

El IG-541 emplea dióxido de carbono para favorecer las características de respiración necesarias para mantener la vida en ambientes deficientes de oxígeno para protección del personal. Deberían tomarse precauciones para no diseñar sistemas de tipo gas en áreas normalmente ocupadas cuando se empleen concentraciones superiores a las especificadas por el fabricante del sistema.

Los agentes gaseosos inertes no se descomponen de forma considerable en la extinción de incendios. Por lo tanto, no se producen productos de descomposición tóxicos o corrosivos.

En cualquier caso, los productos calientes y de descomposición propios de los incendios pueden ser suficientes y dar lugar a que la zona no sea apta para la ocupación humana.

15) IMPACTO AMBIENTAL DE LOS HALOCARBONADOS

Muchos factores influyen en la aceptabilidad medioambiental de un agente extintor, aunque los incendios o fuegos no controlados suponen, por ellos mismos, un impacto significativo.

Todos los agentes extintores deberían emplearse de forma de evitar o reducir al mínimo el posible impacto medioambiental.

Como directrices generales a seguir para reducir al mínimo este impacto, se incluyen las siguientes:

- No realizar ensayos de descarga innecesarios.
- Considerar el impacto del agente sobre la capa de ozono y el calentamiento global, valorando éstos frente a la seguridad contra incendios.
- Cuando sea posible, reciclar todos los agentes.

Debería evitarse la emisión innecesaria de agentes de extinción limpios que pudieran dañar la capa de ozono o contribuir al calentamiento global.

Todas las fases de diseño, instalación, ensayo y mantenimiento de sistemas que emplean estos agentes deberían llevarse a cabo con el objetivo de no producir emisiones al medio ambiente.

El potencial de calentamiento global (GWP) es una medida de cuanto contribuye al calentamiento global una masa determinada de gas invernadero. Es una escala relativa que compara el gas en cuestión con la misma masa de dióxido de carbono (cuyo GWP es por acuerdo igual a 1).

Es importante comprender que el efecto de un gas en el cambio climático es función del potencial de calentamiento global del gas y de la cantidad de gas emitida.

El potencial de agotamiento del ozono (ODP) de un agente proporciona una comparación relativa de la capacidad para reaccionar con el ozono a altitudes dentro de la estratosfera. Sus valores se presentan en relación con la misma masa de CFC-11, cuyo valor de ODP es igual a 1.

Cuando se considere el perfil medioambiental de un compuesto, deberían considerarse los valores tanto del potencial de destrucción del ozono como del calentamiento global para asegurar que el agente seleccionado cumple con la normativa local y regional en combinación con las especificaciones del usuario final.

Existen buenos recursos independientes disponibles sobre las propiedades medioambientales en términos de potencial de destrucción del ozono y potencial de calentamiento global de los agentes limpios en el Protocolo de Montreal y en el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC).

Posibles efectos medioambientales

Agente	Potencial de calentamiento global (IPCC 2013)	Potencial de agotamiento del ozono
FIC-1311	≤ 1	0*
FK-5-1-12	≤ 1	0
HCFC Mezcla A	1500	0,048
HFC Mezcla B	1400	0
HCFC-124	527	0,022
HFC-125	3170	0
HFC-227ea	3350	0
HFC-23	12400	0
HFC-236fa	8060	0
IG-01	0	0
IG-100	0	0
IG-541	0	0
IG-55	0	0

Nota:

El potencial de calentamiento global (GWP) se calcula para un horizonte temporal de 100 años.

** Un agente puede tener un ODP distinto de cero si se libera a gran altitud.*

La descarga accidental puede constituir un factor significativo en las emisiones no deseadas de agentes limpios. Las desconexiones de equipos o servicios pueden ser instrumentos para prevenir falsas descargas cuando el sistema se encuentra en revisión o puesta de servicios.

Deberían establecerse procedimientos escritos para poner fuera de servicio el sistema de agente limpio. Debería tenerse cuidado al evaluar y corregir meticulosamente cualquier factor que pudiera ocasionar una descarga indeseada.

Es preferible reciclar los agentes limpios halogenados recuperados que eliminarlos.

16) COMPATIBILIDAD CON LOS HALOCARBONADOS

En general se piensa que no existiría problema de incompatibilidad, debido a la gran estabilidad de los compuestos entre los que se encuentran los hidrocarburos halogenados y gases inertes.

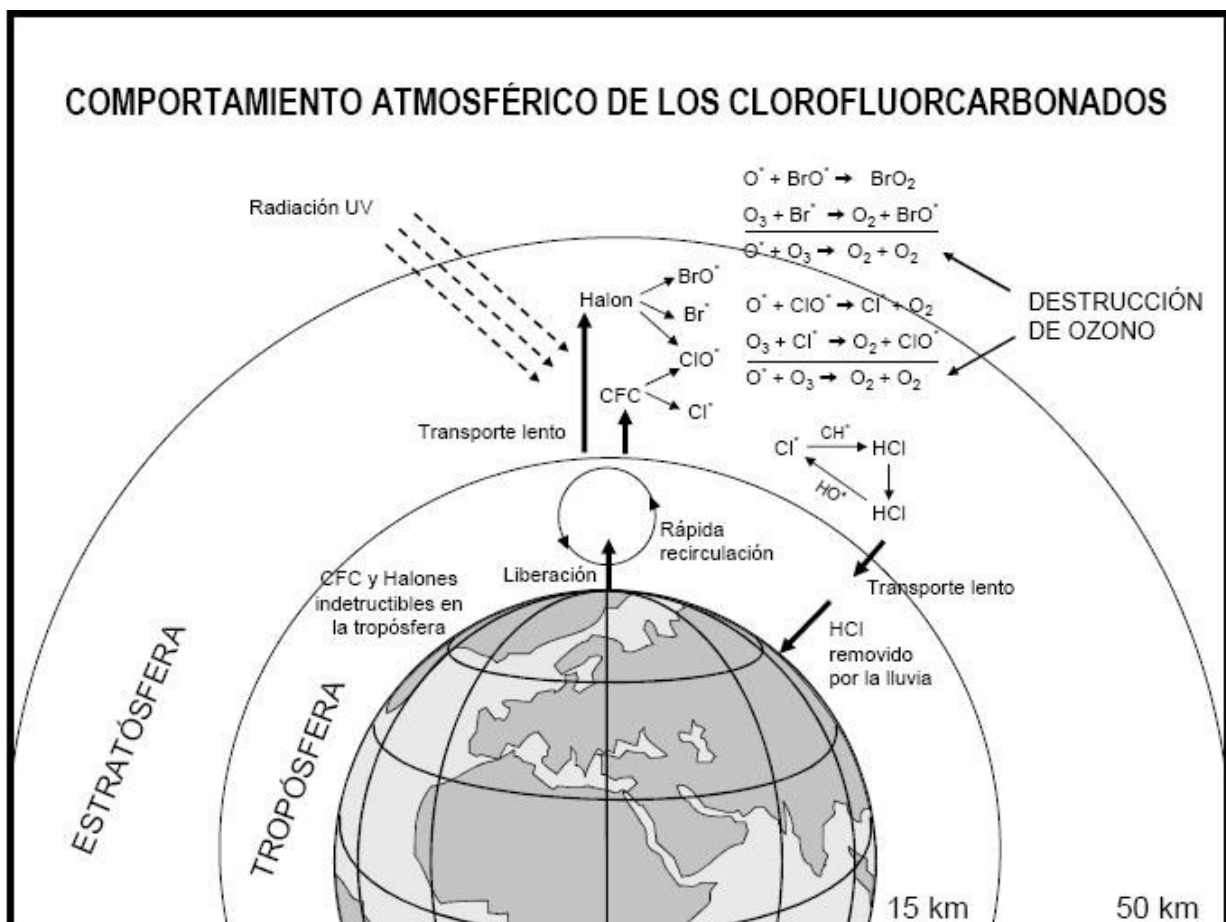
Estas sustancias tienden a comportarse de forma similar y, hasta donde se conoce, las reacciones que pudieran formarse a consecuencia de la mezcla de estos productos en el interior del recipiente, no se consideran importantes respecto a su aplicación frente al riesgo de protección contra incendios.

Las normas sobre instalaciones por lo general no permiten sistemas que empleen una descarga simultánea de diferentes agentes para proteger el mismo espacio cerrado.

17) EFECTOS DE LOS HALONES EN LA CAPA DE OZONO⁴

El ozono es un gas natural que cubre la atmósfera de la tierra con una capa fina. Dicha capa es de gran importancia para la defensa de la vida ya que actúa como filtro de los rayos solares. A partir de 1984 se detectó, principalmente sobre la Antártida, una importante reducción de la concentración de ozono y la consecuente pérdida de espesor de la capa de ozono. Posteriormente se ha observado el aumento de la magnitud de su destrucción y una situación similar, aunque menos pronunciada, sobre el Ártico.

Este fenómeno se produce, principalmente, por el efecto destructivo que tienen los CFC (compuestos clorofluorocarbonados) y los halones sobre las moléculas de ozono a nivel estratosférico.



Son complejas y múltiples las reacciones químicas que describen este fenómeno; todas ellas configuran el llamado "ciclo de destrucción catalítica del ozono". Se sabe que un punto fundamental está representado por la liberación de átomos de cloro (Cl) o de bromo (Br) de los CFC y de los halones respectivamente por acción de la radiación ultravioleta.

⁴ Punto desarrollado en base a:

“Agentes Extintores Limpios” del Ing. Eduardo D. Álvarez, SFPE - Director Región Cono Sur - International Fire Safety Consulting del Cono Sur S.A. - EDAR Ingeniería [edaringe@edaringe.com.ar].

Nota Técnica “NTP 666: Sustitutos y alternativas para los halones de extinción”, del Inst. Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España.

Desde un principio, la búsqueda de agentes alternativos ha estado principalmente orientada a la sustitución del Halón 1301, por su masiva utilización en los sistemas fijos, mientras que para el Halón 1211 se ha adoptado por el cambio hacia agentes alternativos tradicionales, como son el CO₂ y, en menor medida, el agua, la espuma y el polvo, sobre todo en medios manuales; no obstante, también se han propuestos algunos sustitutos para el Halón 1211.

En general, presentan menor efectividad extintora en relación con el Halón 1301 y, por tanto, necesitan mayor volumen de almacenamiento para proteger el mismo recinto; su precio es superior.

18) RESUMEN LEGAL ARGENTINO

El 27 de noviembre de 1991 fue sancionada en la República Argentina la ley nacional 24.040, cuya promulgación en el boletín oficial ocurrió el 8 de enero de 1991. Esta definió las denominadas "sustancias controladas", conforme a lo dispuesto por el Protocolo de Montreal, relativo a las Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono, ratificado por ley 23.778 (modificado posteriormente por las leyes 24.167, 24.418 y 25.389), y que se identifican como CFC 11, CFC 12, CFC 113, CFC 114, CFC 115, Halón 1211, Halón 1301 y Halón 2402.

A partir de los dos (2) años de la entrada en vigencia de la ley 24.040 quedó prohibido el uso de las sustancias controladas cuando las mismas sean utilizadas como propelente en la producción de aerosoles envasados, con excepción de aquellos destinados a productos medicinales de uso respiratorio, o de aplicación en conectores electrónicos.

La entrada en vigencia de la prohibición de fabricar estos tipos de halones, como consecuencia de los efectos destructivos que sobre la capa de ozono de la atmósfera producen las sustancias clorofluorocarbonadas (CFC) y los halones entre ellas, obligó a la sustitución de los halones por agentes extintores de características similares, y ha producido un importante avance en la investigación y desarrollo de nuevos productos y la optimización de los ya existentes en el mercado.

La ya citada ley 24.040 estableció en el artículo 7 que después de cumplido el quinto año de vigencia de la misma, la utilización en equipos extinguidores de incendios de las sustancias controladas sólo será permitida en aquellos casos en que todos los otros medios extintores de similar eficiencia causen daño a las personas o a las instalaciones.

Para este caso en el año 2002 fue aprobado la Resolución 620/2002 de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, que aprobó en la Argentina nuevamente el uso de los halones citados para extinción de incendios; esta resolución autorizó la comercialización de los Halón 1301, 1211 y 2402, como agentes extintores de fuego para instalaciones fijas y/o portátiles en los casos considerados de uso "crítico", en aeronaves, vehículos militares terrestres, buques navales, espacios donde existen riesgos de dispersión de material radiactivo, sectores petroquímicos, petroleros y gasíferos, entre otros.

18.1) Ley 24.040

Art. 1) Quedan comprendidos en las disposiciones de la presente ley, bajo la denominación de sustancias controladas, los compuestos químicos incluidos en el Anexo "A" del Protocolo de Montreal, relativo a las Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono, ratificado por ley 23.778, y que se identifican como CFC 11, CFC 12, CFC 113, CFC 114, CFC 115, Halón 1211, Halón 1301 y Halón 2402.

Su producción, utilización, comercialización, importación y exportación quedarán sometidas a las restricciones establecidas en el citado Protocolo y las disposiciones de la presente.

Art. 2) Los productores de las sustancias controladas y los fabricantes de productos que las utilicen presentarán ante la autoridad de aplicación, en el tiempo y forma que indique la

reglamentación, una declaración jurada sobre la cantidad y tipo de sustancias producidas y utilizadas, respectivamente.

Art. 3) Queda prohibida la radicación en el territorio de la República Argentina de nuevas industrias productoras de los compuestos químicos comprendidos en el artículo 1.

Art. 4) A partir de los dos (2) años de la entrada en vigencia de la presente ley queda prohibido el uso de las sustancias controladas cuando las mismas sean utilizadas como propelente en la producción de aerosoles envasados, con excepción de aquellos destinados a productos medicinales de uso respiratorio, o de aplicación en conectores electrónicos. De la misma forma queda prohibida su comercialización en cualquier tipo de presentación en las condiciones y con las excepciones consignadas precedentemente.

Art. 5) A partir de la entrada en vigencia de la presente ley no serán autorizadas nuevas fórmulas de productos aerosoles envasados que contengan sustancias controladas, salvo las excepciones consignadas en el artículo anterior.

Art. 6) Los envases que contengan las sustancias comprendidas en el artículo 4 llevarán impresa en caracteres destacados la leyenda "Contiene propelente perjudicial para el ambiente", con excepción de aquellas destinadas a productos medicinales de uso respiratorio. Asimismo, deberán exhibir la fecha de su fabricación y la cantidad de sustancias controladas que se hubieren utilizado.

Art. 7) Después de cumplido el quinto año de vigencia de la presente, la utilización en equipos extinguidores de incendios de las sustancias controladas sólo será permitida en aquellos casos en que todos los otros medios extintores de similar eficiencia causen daño a las personas o a las instalaciones.

Art. 8) A los efectos de la presente ley será autoridad de aplicación el Ministerio de Salud y Acción Social de la Nación. En carácter de tal tendrá las siguientes atribuciones:

- a) Dictar las normas complementarias de seguridad relativas al uso, aplicación, manipulación, almacenamiento, recuperación y reciclado de las sustancias controladas por la presente y velar por el cumplimiento de las mismas;
- b) Entender en las excepciones previstas en la presente;
- c) Aconsejar y/o establecer procedimientos para emergencias;
- d) Aplicar las sanciones previstas en la presente, graduándolas de conformidad con la gravedad de la infracción cometida. Asimismo, alentará la búsqueda de sustitutos de sustancias controladas y realizará una amplia campaña de divulgación ante la opinión pública sobre los daños que ocasiona el uso indiscriminado de las mismas, sus consecuencias y las medidas aconsejables para la reparación gradual del medio ambiente.

Art. 9) Las infracciones a la presente ley, así como a su reglamentación y normas complementarias serán reprimidas por la autoridad de aplicación, previo sumario que asegure el derecho de defensa y la valoración de la naturaleza de la infracción y el perjuicio causado, con las siguientes sanciones, que podrán ser acumulativas:

- a) Apercibimiento;
- b) Multa de diez millones de australes (A 10.000.000.-), convertibles -ley 23.928- hasta un máximo de trescientos millones (A 300.000.000.-) de la misma moneda;
- c) Inhabilitación por tiempo determinado;
- d) Clausura. La aplicación de estas sanciones se hará con prescindencia de la responsabilidad civil o penal imputable al infractor.

Art. 10) Autorízase a la autoridad de aplicación a ampliar la lista de sustancias comprendidas en el artículo 1 de la presente, de conformidad con los avances científicos y tecnológicos en la materia.

Art. 11) Derógase toda disposición que se oponga a la presente ley.

18.2) Resolución 620/2002 - Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable

Art. 1) Autorízase, en los términos de lo dispuesto por el art. 7º de la Ley 24.040, la comercialización de Halón 1301, Halón 1211 y Halón 2402, como agentes extintores de fuego para instalaciones fijas y/o portátiles según corresponda, para aquellos usos considerados críticos.

Art. 2) A los efectos del artículo precedente, serán considerados "críticos" los usos de Halón 1301, Halón 1211 y Halón 2402 en los siguientes casos:

- a) En aeronaves para la protección de los compartimentos de tripulaciones, cubículos de motores, inertización de tanques de combustible, bodegas de carga.
- b) En vehículos militares terrestres para la protección de la tripulación y en compartimentos de motores, de almacenamiento de municiones y explosivos.
- c) En buques navales para la protección de espacios en los cuales haya líquidos y/o gases inflamables y/o riesgos eléctricos, incluyendo los compartimentos de máquinas.
- d) Para la protección de instalaciones existentes de centros de comunicación y comando de las fuerzas armadas considerados esenciales para la seguridad nacional, operados por personal.
- e) Para la protección de espacios donde existen riesgos de dispersión de material radiactivo, incluyendo las centrales nucleares de potencia, reactores de investigación y conjuntos críticos relacionados con la especie.
- f) En extintores de fuego esenciales para la seguridad personal utilizados en la extinción inicial del fuego por brigadas contraincendios.
- g) En extintores de fuego militares y policiales para ser utilizados en personas.
- h) ⁵En las instalaciones existentes de sectores petroquímicos, petroleros, o gasíferos en los cuales hay líquidos y/o gases inflamables y/o riesgos eléctricos y/o instalaciones para la fabricación de agua pesada.
- i) En instalaciones existentes de buques de carga en los cuales haya líquidos y/o gases inflamables y/o riesgos eléctricos, incluyendo los compartimentos de máquinas.
- j) En instalaciones existentes de salas de terapia intensiva y quirófanos.

Art. 3) Serán consideradas instalaciones existentes en los términos de los incisos d), h), i) y j) del artículo precedente, aquellas que se encuentren en condiciones de operar al momento de la entrada en vigor de la presente resolución.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS GENERALES

- Manual de Protección Contra Incendios – Editorial MAPFRE-NFPA – Cuarta Edición en castellano – 1993
- Manual de Protección Contra Incendios – Editorial OPC-I-IFST-NFPA – Quinta Edición en castellano – 2009
- NFPA 10/2018 - Norma para Extintores Portátiles Contra Incendios – Edición en español.
- NFPA 12A/2018 - Standard on Halon 1301 Fire Extinguishing Systems
- NFPA 2001/2015 – Sistemas de Extinción Mediante Agentes Limpios
- AGENTES LIMPIOS – ASPECTOS BÁSICOS por Luis Ybirma en:

⁵ Inciso modificado por Resolución 752/2009 de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable

<https://www.linkedin.com/pulse/agentes-limpios-aspectos-b%C3%A1sicos-luis-ybirma>

- Agentes Extintores Limpios del Ing. Eduardo D. Álvarez, SFPE - Director Región Cono Sur - International Fire Safety Consulting del Cono Sur S.A. - EDAR Ingeniería [edaringe@edaringe.com.ar].
- Nota Técnica "NTP 666: Sustitutos y alternativas para los halones de extinción", del Inst. Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España.

