



# Módulo

# Medios de Extinción

## Guía de Estudio Personalizado

### I. Propósito del Módulo:

Entregar a los Alumnos antecedentes, características y formas de aplicación de medios de extinción del fuego, diferentes del agua, tales como espumas, polvos químicos secos y gases extintores.

### II. Objetivo de desempeño:

Al finalizar el estudio de esta Guía de Estudio Personalizado, el alumno será capaz de:

Describir las características de las espumas extintoras, de los polvos químicos y de los gases que se emplean para la extinción del fuego e indicar, cada caso, la forma en que actúan, nombrando además sus ventajas y desventajas.

### III. Objetivos de Capacitación

A medida que el alumno desarrolle las actividades del módulo, será capaz de:

- Definir fuego y describir su forma de extinción por enfriamiento, sofocación, segregación del combustible e inhibición de la reacción en cadena.
- Nombrar los componentes de la espuma extintora del fuego y describir la forma en que esta actúa sobre el.
- Nombrar y describir las características de la espuma extintora.
- Diferenciar entre espumas proteínicas y sintéticas.
- Definir PQS e indicar los fuegos que extingue y el mecanismo en que actúa.



- Nombrar y describir los tipos de polvos químicos secos empleados para la extinción del fuego.
- Enumerar las ventajas, desventajas y limitación que tiene el PQS en la extinción del fuego.
- Nombrar algunos gases empleados en la extinción del fuego y las ventajas que presenta.
- Describir las limitaciones y desventajas que tienen el CO<sub>2</sub> y el halógeno como agente extintor.

#### IV. Contenidos

1. El fuego, los métodos y los medios de extinción.
2. Las espumas como medio de extinción del fuego.
  - 2.1. Propiedades de las espumas.
  - 2.2. Características de las espumas.
  - 2.3. Clasificación de las espumas y tipos.
3. Polvos químicos secos
  - 3.1. Tipos de Polvos Químicos Secos.
  - 3.2. Propiedades físicas de los PQS.
  - 3.3. Mecanismo de extinción.
  - 3.4. Ventajas del PQS en la extinción del fuego.
  - 3.5. Desventajas y limitaciones.
4. Gases extintores
  - 4.1. Dióxido de Carbono
  - 4.2. Agentes Halógenos

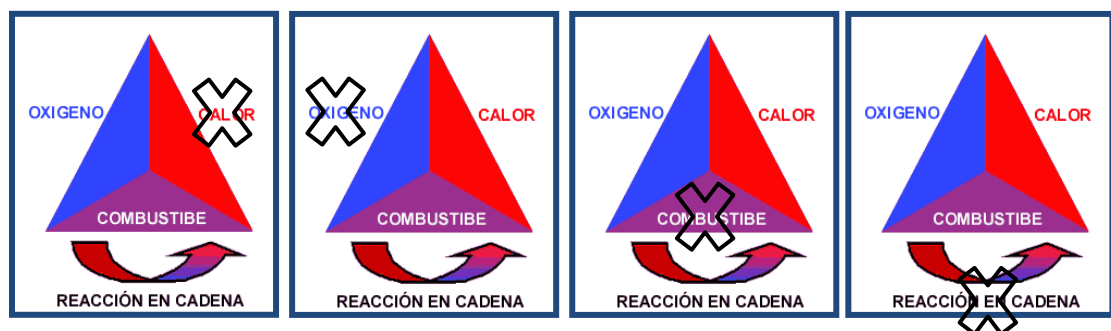
## V. Desarrollo de los contenidos

### 1. El fuego, los métodos y los medios de extinción

En la GEP, página 3, del módulo Fuego, se definió a este como “una reacción química (redox, hasta ahora), en que se confabulan tres elementos, los que en proporciones adecuadas, lo producen: *comburente, combustible y calor, generando principalmente luz y llamas, las que a su vez producen más calor, originando así, ante la existencia de más combustible y comburente, una reacción en cadena de gran poder destructivo*”, afirmando más adelante que “*eliminando al menos uno de sus componentes, ya sea el combustible, el oxígeno, el calor o la reacción en cadena es posible extinguirlo*”



En este sentido, también se afirma en el mismo curso (ver GEP Curso Fuego, Primer Nivel, páginas 5 a 7) que, basado en lo anteriormente indicado, respecto de su extinción, será posible hacerlo por enfriamiento, por sofocación, por segregación del combustible o por inhibición de la reacción en cadena. Recordemos lo que establece, en ciertas partes, el artículo 202º, del Título IV, Capítulo I de la Orden del día 136/99 vigente, en relación a esto:



- a. Extinción por enfriamiento: “... Este método consiste en reducir la temperatura de la combustión. Para obtener esta reducción es necesario absorber el calor en cantidad superior a la que se está generando. Para tal efecto se emplean productos, que en contacto con el fuego, se evaporan, sustrayendo el calor del incendio, haciendo descender la temperatura hasta una más baja que la Temperatura de ignición. El más apropiado y utilizado para extinguir por enfriamiento es el agua, que simultáneamente con absorber el calor, se convierte en vapor bajando la concentración de oxígeno, llevándolo a porcentajes inferiores al 15% con lo que se logra, además, el sofocamiento (al bajar la concentración de solo se extingue el fuego con llamas, no la combustión en brasas). De ahí la importancia que tiene utilizar preferentemente los pitones que permiten pulverizar el agua y mejor aún, nebulizarla, ya que con ello se consiguen resultados más rápidos, se consume menos cantidad, hay menos desperdicio y menores daños.

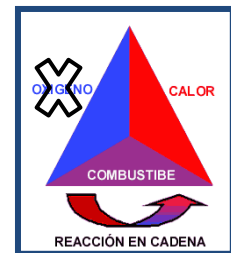


No obstante las ventajas anotadas, el agua está contraindicada en los incendios de clase B, inflamables (sólo los inflamables, no en los combustibles); clase C, equipos o instalaciones electrificadas y clase D de metales tales como el aluminio, magnesio, sodio,

potasio, etc., que reaccionan en forma violenta descomponiendo el agua al separar las moléculas de hidrógeno y oxígeno que la componen, produciéndose explosiones que esparcen el fuego en vez de extinguirlo.

Esta misma consideración debe tenerse presente cuando en un incendio estén involucrados productos químicos ya que muchos de ellos, líquidos o sólidos, a pesar de ser solubles en el agua, reaccionan con ella...”

- b. Extinción por sofocación: “... Consiste en separar el comburente u oxígeno del material en combustión mediante elementos capaces de privar o empobrecer de oxígeno la atmósfera que rodea al combustible afectado por el incendio.





El más apropiado para extinguir por sofocación es el uso de las espumas químicas, sobre bases sintéticas y proteínicas de alta, media y baja expansión.

Como el elemento básico portador es el agua, está contraindicada si el lugar del siniestro se encuentra electrificado”.

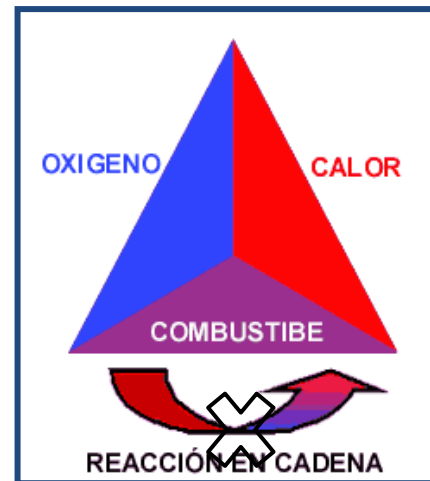
- c. Extinción por segregación del combustible: “... Tal como el nombre lo dice, consiste en eliminar (retirar, cortar el paso, aislar) el combustible. Por supuesto cuando ello es factible, ya que en esta forma el fuego no encuentra más elementos con que mantenerse. Por ejemplo: Cerrando la



llave de paso de la cañería alimentadora de combustible. Trasvasijando el contenido del estanque que arde a los que están permanentemente habilitados para este tipo de contingencias (Empresas y Terminales Petroleros). Haciendo cortafuegos (Incendios Forestales)”.

- d. Extinción por inhibición de la reacción en cadena: “... Hay ciertas sustancias que actúan sobre la llamada reacción en cadena, inhibiéndola. No obstante se desconoce a ciencia cierta cómo actúan realmente. Lo cierto es que sí extinguen el fuego.

Este es el llamado Polvo Químico Seco (PQS) que en el caso de los fuegos BC se trata básicamente del Bicarbonato de Sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ) o el Bicarbonato de Potasio ( $\text{KHCO}_3$ ).





Para los fuegos ABC se emplea el Monofosfato de Amonio ( $NH_4(3PO_4)$ ) y para los clasificados como D, en general son compuestos químicos para cada tipo de metales o grupo de ellos, como el Cloruro de Potasio (KCL), base del Súper K y el Bicarbonato

Potásico ( $KH_3O_3$ ) entre otros. (Los agentes para metales son conocidos como Polvos Secos y no actúan por inhibición de la reacción en cadena directamente como el Polvo Químico Seco).

*Todos estos polvos son mezclados con otros productos químicos para mejorar sus características de almacenamiento, de fluidez o repelencia a la humedad. En todo caso, no son tóxicos ni corrosivos y su único inconveniente es que son sucios y molestos si llegan a ser inhalados”.*

En congruencia con estos métodos, se analizan a continuación —no considerando el agua que se estudia en un curso especial— los medios que emplea Bomberos para lograr la extinción del fuego, esto es: espumas, polvos químicos y gases extintores.

## 2. Las espumas como medio de extinción del fuego



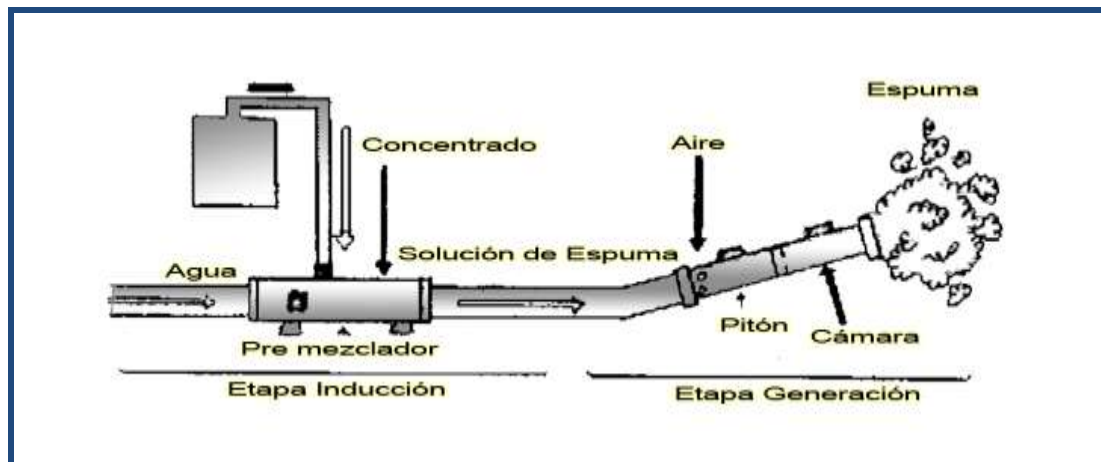
En general, las espumas empleadas como medios de extinción del fuego es formada por una masa de burbujas rellenas de aire, la que se forma uniendo ciertas soluciones acuosas, con agentes espumantes de diversa composición química de acuerdo a la naturaleza del fuego a extinguir. En todo caso, actualmente la definición de espumas es mucho mas amplia, clasificandose

dependiendo del tipo de fuego que apagan. No todas las espumas forman burbujas, algunas apagan sin necesidad de formar burbujas.



Las espumas extintoras, al estar formada por burbujas de aire se hacen mas livianas que la solución acuosa que las formó por lo que pueden flotar, especialmente sobre líquidos combustibles o inflamables. Si estos están ardiendo, la capa que se extenderá sobre ellos evitará el contacto entre los gases que se están generando y el oxígeno del aire, separando las llamas de la superficie; a su vez, el agua contenida en ella absorberá calor enfriando la superficie del líquido. Si no está ardiendo

dicha capa prevendrá la combustión al segregarse los gases que emanan los líquidos combustibles (temperatura de gasificación igual o superior a 37°C, ejemplo: Kerosene, petróleo) o líquidos inflamables (temperatura de gasificación inferior a 37°C, ejemplo: gasolina, alcohol etílico) y el oxígeno.



En otras palabras, al vertirse espuma sobre un fuego emanado de un líquido combustible o de un líquido inflamable, este se extingue por sofocación, al impedir que el oxígeno se mezcle con los vapores inflamables; por segregación, al separar las llamas de la superficie del combustible impidiendo las evaporaciones y por enfriamiento, pues el agua contenida en la espuma absorbe el calor del combustible.



## 2.1. Propiedades de las espumas

Para poder cumplir dichas formas de extinción, las espumas extintoras, para hidrocarburos, deben tener las siguientes propiedades:

- a. Ser resistentes al calor, lo que está muy relacionado con el volumen de las burbujas que la componen. Si la burbuja es pequeña, la espuma resistirá más el calor que una de burbuja de mayor volumen, esto debido a que al calentarse el aire que existe dentro de ella, hará que esta aumente de volumen, —mientras más aire contiene, más se expande— hasta reventarse.
- b. Tener la capacidad de avanzar sobre superficies en llamas, es decir una fluidez tal, que permita cubrir rápidamente el área que está ardiendo, extinguiendo el fuego.
- c. Poseer un drenaje lento, lo que significa que el agua que contiene en sus burbujas debe escurrir de forma gradual y dosificada, para ir enfriando paulatinamente el combustible impidiendo la generación de nuevos vapores.
- d. Ser tolerante al combustible y a los productos que resultan de la combustión, es decir, no contaminarse, lo que disminuiría su capacidad extintora.



## 2.2. Características de las espumas.

De acuerdo al mecanismo que tienen las espumas para extinguir el fuego y a sus propiedades, al considerar el uso de espumas se debe tener en cuenta dos características: Expansión y Concentración:



2.2.1. Expansión: Es la relación existente entre la cantidad de mezcla de agua/concentrado y aire que se usa para obtener una determinada expansión. Una espuma 1 a 10 significa que por cada 10 litros de espuma, un litro es de mezcla agua/ concentrado y 9 litros son de aire.



En cuanto a esta característica las espumas pueden ser de baja expansión, mediana expansión y alta expansión.

- Baja expansión, son espumas cuyo coeficiente de expansión se encuentra entre 1 y 20 (relación de expansión menor a 1:20). Se emplean exitosamente en el control y extinción de fuegos causados por derrames de líquidos inflamables o combustibles (Fuegos clase B), aunque también pueden ser utilizadas en fuegos Clase A. (También existen otras espumas para fuegos clase A que no forman burbujas y se mezclan en proporciones mucho más bajas)



- Mediana Expansión, son espumas cuyo coeficiente de expansión se encuentra entre 20 y 200 (relación de expansión entre 1:20 y 1:200). Son utilizadas principalmente para evitar la generación (sofocar) de vapores de hidrocarburos en descontrol.

Se ha demostrado que espumas cuyo coeficiente de expansión va entre 30 y 55, producen un excelente resultado para controlar la generación de vapores peligrosos de productos químicos altamente reactivos con el agua. También pueden usarse para llenar cavidades o recintos donde puedan haberse acumulado gases tóxicos o inflamables

- Alta expansión, son espumas cuyo coeficiente de expansión se encuentra entre 200 y 2000 (relación de expansión entre 1:200 y 1:2000).



Este tipo de espumas se

emplea en la extinción del fuego en espacios confinados, lo que se logra llenando con ella recintos tales como sótanos, bodegas, minas o donde resulta difícil o imposible de llegar al foco principal del incendio. En estos casos, las espumas detienen la convección y el acceso de aire para la combustión. Se usan exclusivamente para fuegos clase A por su baja resistencia a la temperatura.

#### 2.2.2. Concentración:

La base de cálculo se realiza sobre 1 litro de líquido al cual se denomina “mezcla”. La espuma al 3% tiene por cada litro de mezcla

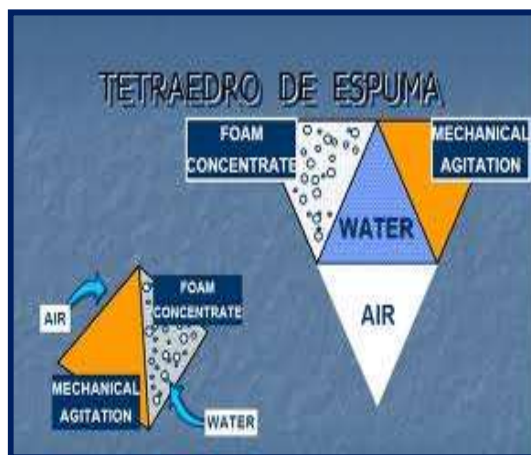


0,03 litros de concentrado y 0,97 litros de agua. La espuma al 6% tiene por cada litro de mezcla 0,06 litros de concentrado y 0,94 litros de agua. Las concentraciones más utilizadas son de 3% y de 6 %, en todo caso la concentración a utilizar dependerá del tipo y magnitud del incendio o emergencia en la que se utilizará.

La mezcla adecuada entre el concentrado de espuma y el agua se logra mediante un sistema regulador que posee el aparato “pre mezclador o inductor de línea” que se utiliza en la producción de la espuma.

### 2.3 Clasificación de las de espumas y tipos

De acuerdo a los antecedentes históricos las primeras espumas extintoras de incendio datan de la segunda mitad del siglo XIX, hablándose en ese entonces de **espumas químicas** debido a la reacción química que se producía al mezclar una sal alcalina (generalmente Bicarbonato de Sodio) con una solución ácida (Sulfato de Aluminio), lo que producía burbujas de Bióxido de Carbono, las que se mantenían estables agregándoseles gelatina de Hidróxido de Aluminio.



Hoy, y desde los años 40 del siglo XX, las espumas se generan mediante un proceso mecánico, razón por la cual se les llama **espumas mecánicas** (proteínicas y sintéticas), en donde las burbujas resultan de mezclar agua, concentrado de espuma y aire, formando el llamado “Triangulo de la espuma”, al que agregándole un proceso de agitación mecánica da como resultados el “Tetraedro de la espuma”

De igual forma, en general, en la actualidad las espumas se clasifican:

- Según el coeficiente de expansión (baja, mediana, alta)
- De acuerdo al líquido combustible sobre el que actúan (fuegos de hidrocarburos (no miscibles en agua), fuegos de líquidos polares (miscibles en agua), polivalente (apta para ambos))
- Considerando su mecanismo de sofocación (convencional, formadora de película acuosa)
- De acuerdo a la forma de aplicación (sobre superficie (superficial), desde el fondo (subsuperficial)) y,



- Según los productos contenidos en el concentrado de espuma o espumógeno (proteínicas, sintéticas)

Considerando este último aspecto, se describen a continuación las características de las espumas proteínicas y sintéticas, que en cierto modo consideran las clasificaciones anteriores y que son actualmente las más utilizadas:



a. Espumas proteínicas:

Son espumas cuyo concentrado contiene polímeros proteínicos naturales de alto peso molecular derivados de la transformación e hidrólisis química de proteínas sólidas naturales (keratina, grasas, plumas de aves, huesos, pezuñas, etc), a los que se le adicionan aditivos estabilizantes y otros productos que les permite ser resistentes a la descomposición bacteriana, controlar su viscosidad y protegerse contra las bajas temperaturas y contra la borrosidad. Producto de todos estos aditivos, estas espumas son de color obscuro y aspecto viscoso y de un olor un tanto nauseabundo.



Dentro de las cualidades de este tipo de espumas se destaca su excelente resistencia al calor, elasticidad, resistencia mecánica, capacidad de retención de agua, por ende buen drenaje, y no ser tóxicas.

En cuanto a las desventajas, se destaca el hecho de ser fácilmente contaminables por los combustibles, tener poca rapidez de desplazamiento sobre la superficie afectada (lo que les hace lentas en su capacidad de contención y extinción del fuego); no son adecuadas para emplearse sobre alcoholes y solventes polares; no son compatibles con polvos químicos secos; ser buenas conductoras de la electricidad y biodegradables.



En general, este tipo de espumas permiten la extinción del fuego en base a los cuatro métodos descritos en el punto N° 1 de esta Guía, aunque su alta resistencia al fuego se contrapone con la lentitud de su accionar (knockdown lento). La concentración de este tipo de espumas es de 3 % o del 6 % por

volumen; son aptas para agua dulce o salada siendo las temperaturas normales para la utilización de estos concentrados entre  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Estas espumas tienen vencimiento.

Una variación de las espumas proteínicas son las espumas Fluoroproteínicas, que son similares a las anteriores, con la diferencia de que a estas se les ha agregado aditivos fluorados, lo que les otorga mayor fluidez, mejorando además su resistencia al calor y en general, las propiedades que tiene la espuma proteínica, proporcionándoles una rápida acción y una excelente tolerancia a los combustibles sin contaminarse.

Sus ventajas son: Gran capacidad de extinción y resistencia a la contaminación, al calor y a la reignición; adherencia a las superficies metálicas, no dejando posibilidad a la reignición (especialmente ventajoso en las paredes de estanques de combustibles); puede ser empleada con agua dulce o salada, y son compatibles con polvos químicos secos y otras espumas proteínicas.



Estas espumas no tienen la rapidez de extinción de las sintéticas (que se analizan más adelante), pero son más rápidas que las proteínicas comunes. Además, no es efectiva en incendios que involucren solventes polares o alcoholes.



Dentro de las espumas fluoroproteínicas se encuentran la: espuma fluoroproteínica formadora de película acuosa (AFFF, Aqueous Film Forming Foam Fluoroprotein) y la fluoroproteínica formadora de película resistente a alcoholes (AR-AFFF, Alcohol-Resistant Film-Forming Fluoroprotein). Estas espumas se desarrollaron para responder a fuegos y derrames de alcoholes y solventes polares donde la película aísla al alcohol de la capa de espuma, impidiendo que se mezcle con el agua de ésta.

- b. Espumas sintéticas: Estas espumas se forman con detergentes y aditivos, siendo de tres tipos: Alta expansión (HI-EX, High Expansion), Formadora de película acuosa (AFFF, Aqueous Film Forming Foam) y Resistentes a los alcoholes (ATC, Alcohol Type Concentrate, ó ARC, Alcohol Resistant Concentrate) las de alta expansión son solo para fuegos clase A por su escasa resistencia a la temperatura. No tienen vencimiento pero no son biodegradables.

### 3. Polvos Químicos Secos



Los polvos químicos secos, PQS, son agentes extintores que resultan de una mezcla de diversos productos en forma de partículas sólidas que se emplean para apagar fuegos que se encuentren en su fase inicial a través de dispositivos portátiles o sistemas fijos y fuegos en fases libres de llamas difusivas.

El polvo químico seco, PQS, se aplica por medio de extintores portátiles, mangueras manuales, sistemas fijos o carros con polvo.

Los primeros agentes de este tipo que se desarrollaron fueron a base de bórax y de bicarbonato sódico. El bicarbonato sódico llegó a ser el más empleado por su mayor eficacia como agente extintor.



En 1960 se modificó el polvo químico seco a base de bicarbonato sódico, para hacerlo compatible con las espumas proteínicas de baja expansión y permitir su empleo en los ataques de dobles agentes. Entonces, aparecieron los polvos polivalentes (a base de fosfato de monoamónico) y "Purple-K" (a base de bicarbonato potásico) para su uso como agente extintor. Poco después apareció el Super-K (a base de cloruro potásico), con igual eficacia que el "Purple-k".

A fines de los 60 los británicos crearon un polvo químico seco a base de bicarbonato de urea-potasio. Actualmente, hay cinco variedades básicas de agentes extintores de polvo seco.

Los términos "polvo regular" y "polvo ordinario" se refieren, generalmente, a los polvos clasificados para su empleo contra los fuegos de Clase B y Clase C.

El término "polvo polivalente" se refiere a los polvos que están homologados para su empleo contra fuegos de Clase A, Clase B y Clase C (se denomina también polvo antibrasa o polvo ABC).

Los términos "polvo ordinario, polvo polivalente y polvo regular" no deben confundirse con los términos "polvo especial" o "compuesto especial", que son los que se emplean para identificar los agentes extintores en polvo que se idearon inicialmente para los fuegos de metales combustibles.

Al polvo químico seco se le reconoce su extraordinaria eficacia para la extinción de fuegos de líquidos inflamables. También puede emplearse contra fuegos de algunos tipos de equipo eléctrico.



El polvo químico seco normal está limitado a aplicaciones para la extinción de fuegos superficiales con llama en los materiales combustibles sólidos, pero para apagar los fuegos incandescentes profundos se necesita el empleo de agua. El polvo polivalente puede emplearse contra fuegos de líquidos inflamables, de equipos eléctricos bajo tensión y de materiales sólidos.

### 3.1. Tipos de Polvos Químicos Secos

#### a. Polvo químico seco basado en bicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ )

Su color es blanco y se utiliza principalmente en fuegos clase B y C; fue uno de los primeros polvos de extinción que se desarrollaron.

Estos polvos, son muy empleados por su eficacia, especialmente en fuegos de aceites y grasas de uso doméstico, ya que que forman un manto flotante que evita la reignición.



#### b. Polvo químico seco basado en bicarbonato de potasio ( $\text{KHCO}_3$ )



Este tipo de PQS, de color morado o púrpura, puede extinguir fuegos de clase A, B y C (razón por la que es considerado polivalente). En fuegos de hidrocarburos líquidos son mucho más efectivos que los de bicarbonato de sodio.

Este tipo de polvo y de bicarbonato de sodio no deben mezclarse con compuestos de amonio ya que reaccionan químicamente.



- c. Polvo químico basado en fosfato monoamónico ( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ )



Son de color amarillo, en distintos tonos, o celeste sin son alemanes o ingleses.

Al igual que el polvo de bicarbonato de potasio, es polivalente, fundiéndose con el calor para formar una costra aislante sobre los combustibles sólidos, de lo que deriva su acción en fuegos clase A.

Es el polvo más utilizado en los extintores portátiles en concentración de 30 %, 55 % y 90 % (a mayor concentración mayor potencial de apague).

### 3.2. Propiedades físicas de los PQS

- a. Estabilidad

Los polvos secos son estables, tanto a temperaturas bajas como normales. Sin embargo, como algunos aditivos pueden fundirse y hacer que los materiales se tornen pegajosos a temperaturas altas, se recomienda una temperatura máxima de almacenamiento de  $49^\circ\text{C}$ . Temperaturas de hasta  $66^\circ\text{C}$  son aceptables para duraciones muy breves.



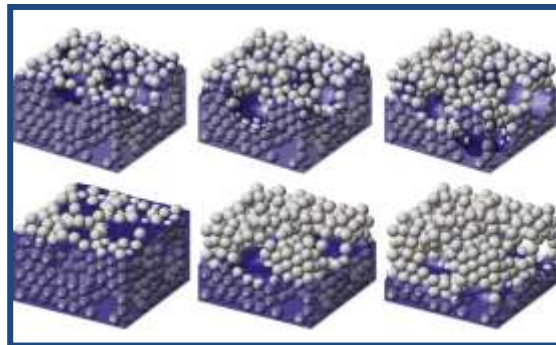
A temperaturas de incendio, los compuestos activos se disocian o descomponen mientras cumplen su función de extinción.

Resulta de extrema importancia el peligro causado por la mezcla indiscriminada de los distintos polvos químicos. Por ejemplo, si se mezcla polvo polivalente (a base de monoamónico), que es ácido, con un polvo alcalino (la mayoría de los polvos químicos), se produce una reacción indeseable que libera  $\text{CO}_2$ , formando un aglutinante. Debido a este fenómeno, se han producido explosiones en cilindros de extinción.

b. Toxicidad

Los ingredientes que se emplean actualmente en los polvos secos no son tóxicos. Sin embargo, la descarga de grandes cantidades puede causar algunas dificultades temporales de la respiración durante e inmediatamente después de la descarga, lo que puede interferir gravemente con la visibilidad.

c. Dimensión de las partículas



La dimensión de las partículas de los polvos secos oscila desde menos de 10 micrones hasta 75 micrones. La dimensión de las partículas tiene un efecto definitivo sobre su eficacia extintora y se requiere un control cuidadoso para impedir que

las partículas excedan del límite máximo y mínimo de su campo de eficacia. Se tienen los mejores resultados en mezclas heterogéneas con una partícula media de 20 a 25 micrones.

3.3. Mecanismo de extinción

Cuando se arroja directamente sobre el área incendiada, el polvo químico seco apaga la llama casi instantáneamente.

El mecanismo y la química de esta acción extintora no se conocen con exactitud. La sofocación, el enfriamiento y la obstrucción de la radiación contribuyen a la eficacia extintora de estos productos, pero los estudios realizados sugieren que la reacción de rotura de la cadena en la llama puede ser la causa principal de extinción.



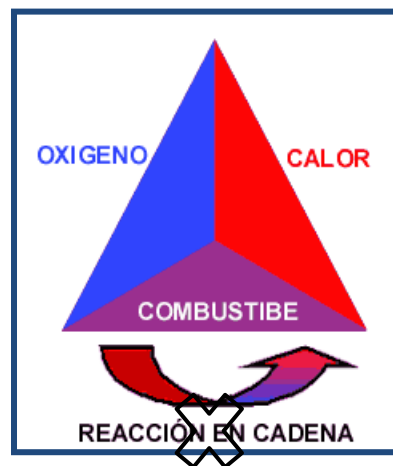


Las pruebas realizadas en fuegos de líquidos inflamables han demostrado que los polvos químicos secos a base de bicarbonato potásico son más eficaces que los de bicarbonato sódico. Igualmente, los de fosfato monoamónico se han hallado de igual o mayor eficacia que los de bicarbonato sódico.

La eficacia del cloruro potásico es aproximadamente igual a la del bicarbonato potásico, siendo el bicarbonato de potasio – urea el que posee la mayor eficacia de todos los polvos secos que se han probado.

Los mecanismos de extinción por lo cual los PQS apagan una combustión son los siguientes:

- a. Interrupción de la Reacción en Cadena.



La teoría de la combustión por reacción en cadena ha sido propuesta por varios investigadores con la intención de ofrecer una pista de cuál pudiera ser este factor extintor desconocido. Esta teoría supone que en la zona de combustión se encuentran presentes radicales libres y que las reacciones de estas partículas entre sí son necesarias para que continúe la combustión.

La descarga del polvo químico seco sobre las llamas impide que estas partículas reactivas se encuentren y continúe la combustión de la reacción en cadena. Esta explicación se denomina mecanismo de extinción por rotura interrupción o inhibición de la reacción interna en cadena.

b. Apantallamiento de la Radiación.

La descarga del polvo químico seco produce una nube de polvo que se interpone entre la llama y el combustible. Esta nube separa al combustible de una parte del calor emitido por la llama. De las tres formas que tiene el calor para moverse de un punto a otro, este mecanismo interfiere en el calor transmitido por radiación.

Las pruebas para evaluar este factor llegaron a la conclusión de que el factor de apantallamiento es de cierta importancia.

c. Acción Sofocante.

Ha sido una creencia generalizada durante muchos años que las propiedades extintoras de los polvos químicos secos regulares se basaban en la acción sofocante del  $\text{CO}_2$  que se produce cuando el bicarbonato sódico recibe el calor del fuego. Sin duda alguna, el  $\text{CO}_2$  contribuye a la eficacia del agente igual que lo hace el volumen del vapor de agua que se emite al calentarse el polvo químico seco. Sin embargo, generalmente, las pruebas han desmentido la creencia de que estos gases sean un factor fundamental de extinción.



d. Acción Aislante.



Cuando se descargan los polvos polivalentes contra combustibles sólidos incendiados, el fosfato monoamónico se descompone por el calor, dejando un residuo pegajoso (ácido metafosfórico) sobre el material incendiado. Este residuo aísla el material incandescente del oxígeno, extinguiendo así el fuego e impidiendo su reignición. Esta es el mecanismo que hace que el fosfato monoamónico sea un agente del tipo ABC.

e. Acción Enfriadora.

No se puede demostrar que la acción enfriadora de los polvos químicos secos sea una razón importante que explique su capacidad para extinguir rápidamente los fuegos.



La energía calorífica requerida para descomponer los polvos químicos secos desempeña un papel primordial en la extinción. El efecto, por sí mismo, es pequeño; para que sea eficaz, el polvo seco debe ser sensible al calor y absorber calor a fin de que sea químicamente activo.

3.4 Ventajas del PQS en la extinción del Fuego

- Eléctricamente no conductores, pueden emplearse contra fuegos de líquidos inflamables en que también participan equipos eléctricos bajo tensión.
- Altamente eficaces en la extinción de combustibles tipo B.
- Fáciles de usar.
- Económicos, tanto las instalaciones como el agente extintor.
- Tienen baja reactividad con otros materiales.
- Son estables.
- Baja toxicidad.
- Alta velocidad de extinción.



3.5. Desventajas y limitaciones

- Extinción temporaria: Los polvos químicos secos no producen atmósferas inertes por encima de la superficie de los líquidos inflamables; consecutivamente, su empleo no da como resultado una extinción permanente si las fuentes de reignición, tales como superficies metálicas calientes, continúan estando presentes.

- Son corrosivos: No deben emplearse polvos químicos secos en instalaciones donde se encuentren instalaciones o equipos eléctricos delicados o de alto valor y si se emplean, deben eliminarse de las superficies no dañadas lo antes posible después de extinguido el fuego. Ante esto deberá efectuarse una limpieza muy cuidadosa a fin de restaurarlos y devolverlos a su estado primitivo, así y todo como el polvo es de un tamaño de partícula de entre 20 a 25 micrones esta es una tarea difícil y compleja, y a veces imposible, no pudiendo evitarse la corrosión del equipo.



- Son clasificados como un agente extintor sucio y dañino.
- Los PQS normales no extinguen fuegos que profundicen por debajo de la superficie.
- No extinguen el fuego en los materiales que se alimentan de su propio oxígeno para arder.
- Los polvos químicos secos pueden ser incompatibles con las espumas mecánicas, a no ser que se hayan preparado especialmente para que sean aceptablemente compatibles.
- Las instalaciones de polvo y el propio polvo requieren un alto mantenimiento, al menos en comparación con instalaciones para otros agentes extintores.
- No tienen presión propia, por lo tanto necesitan de un agente presurizador para hacerlo salir del recipiente y que llegue al fuego. El agente de presurización usado es el nitrógeno seco.

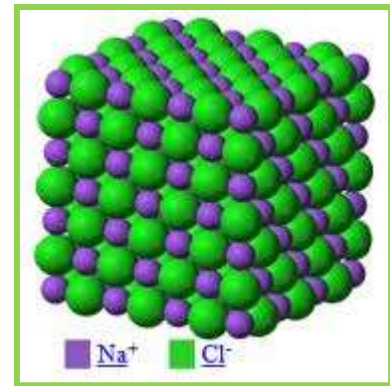


- Presentan problemas en áreas abiertas con viento, dado que el polvo se puede desviar del fuego por acción del viento o un sistema de ventilación.

### 3.6. Polvos especiales: Polvos Secos.

Son empleados principalmente en fuegos clase D, siendo los más conocidos:

- Cloruro de sodio: Corresponde a sal común mezclada con aditivos que le dan fluidez y forma una costra sobre los metales. También con material termoplástico pueden formar una masa sobre metales candentes. Se emplea en fuegos de sodio, potasio, aleaciones sodio/potasio, magnesio y pequeños fuegos de circonio y titanio.



- Carbonato de sodio: Agregándolo cloruro y aditivos se usa en fuegos de sodio, potasio y aleaciones sodio/potasio. Forma una costra sobre los metales. No es eficaz para fuegos de magnesio.
- Polvo de talco: Este polvo, a diferencia del anterior, si extingue fuegos de magnesio. Su acción es aislante y de retención del calor.

- Polvo de grafito: Es utilizado en fuegos de magnesio seco, titanio, uranio, circonio, sodio, potasio, litio y aluminio. Si sus partículas son muy finas se compacta sobre el metal que esta combustionando. Considerando su acción refrigerante, actúa como termoconductor absorbiendo el calor y reduciendo la temperatura del metal por debajo de su temperatura de ignición



- Limaduras de hierro: Extingue fuegos en que la cantidad de metal que combustiona es pequeña, actúa enfriando el metal, principalmente el de astillas de magnesio. No se deben emplear cuando se encuentran húmedas u oxidadas, pues pueden reaccionar térmicamente con el metal caliente.

#### 4. Gases extintores.

Otro agente extintor del fuego los constituyen ciertos gases, dentro de los que se encuentran el anhídrido carbónico o dióxido de carbono, CO<sub>2</sub> y los halógenos.

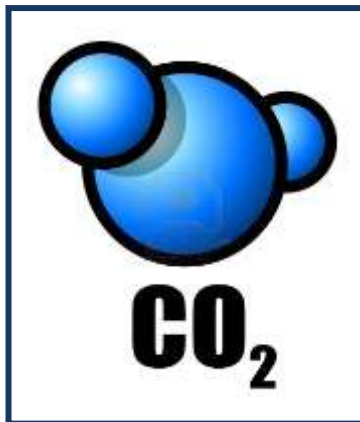
En general el uso de gases en la extinción del fuego trae grandes ventajas, dentro de las cuales es posible mencionar:

- Son limpios, no dejan residuos después de su aplicación.
- Tienen una rápida actuación contra el fuego.
- Son estables al almacenamiento.
- No conducen la electricidad.
- No causan daños en equipos u objetos que se encuentran en el recinto siniestrado.



Por lo anterior, los gases extintores se utilizan principalmente en Instalaciones electrónicas, lugares con equipos computacionales, archivos de documentos, museos, bibliotecas, etc.

##### 4.1. Dioxido de carbono, CO<sub>2</sub>.



Se utiliza principalmente en la extinción de fuegos de gases y líquidos inflamables, elementos electrificados, motores de combustión interna y algunos combustibles sólidos tales como papel, madera y textiles.

El CO<sub>2</sub> no es combustible y no reacciona con la mayor parte de las sustancias, proporcionando su propia presión para descargarlo del extintor o envase que lo contiene. Además, como se trata de un gas, puede penetrar y repartirse por toda el área incendiada. Como ya se indicó, no conduce la electricidad y no deja residuos, por lo que no es necesario limpiarlo después de su aplicación. Es incoloro, inodoro, no corrosivo, inerte y 50% más pesado que el aire.





Este gas, en condiciones normales, se licua fácilmente por compresión y enfriamiento; y puede convertirse en sólido si se continúa comprimiendo o enfriando. Cuando se descarga, una porción se transforma instantáneamente en vapor y el resto se enfría por evaporación y se convierte en nieve carbónica finamente dividida (hielo seco), a una temperatura cercana a los  $-71\text{ }^{\circ}\text{C}$

Otra propiedad que tiene este gas, es la de extinguir al bajar la temperatura, reducir la concentración de oxígeno del aire y reducir la fase gaseosa del combustible en el aire a niveles inferiores a lo necesario para la combustión.

Su utiliza cuando se requiere usar un agente extintor que no dañe equipos electrónicos, ni alimentos; no altere procesos de laboratorio, de imprenta o estampado y, en general, cuando no se pueda ensuciar, humedecer o alterar el lugar afectado.

El anhídrido carbónico puede aplicarse de dos formas: inundación total (es decir, llenando el recinto que se encuentra en llamas, a través de instalaciones fijas o aplicación local), o descargándolo directamente sobre el material en combustión por medio de extintores portátiles manuales o montados sobre ruedas.

Limitaciones del  $\text{CO}_2$  como agente extintor



Dentro de las limitaciones como agente extintor se indican las siguientes:

- No es recomendable para uso en exteriores o en interiores cuando hay corrientes de aire.

- No es posible aplicarlo si la temperatura del fuego impide aproximarse a menos de 2 metros, debido a que el alcance máximo, desde el recipiente que lo contiene, no supera los 2,5 metros.
- El cambio de líquido a gas produce un fuerte descenso de temperatura, menos 79° C, no siendo conveniente su aplicación sobre materiales quebradizos, como, por ejemplo, fierro fundido sobrecalentado, vidrios o metales calientes en general. (aunque es discutible pues el daño por el fuego es inmensamente mayor)
- No es un agente eficaz contra fuegos de productos químicos que dispongan su propio suministro de oxígeno, ni en fuegos de materiales reactivos, tales como sodio, potasio, magnesio, titanio y circonio o hidruros de metales.
- El uso en lugares confinados puede provocar falta de oxígeno para respirar y falta de visibilidad debido a la neblina que forma al condensar la humedad del aire y la formación de partículas sólidas.
- En el organismo, concentraciones del 3 ó 4 % causan aceleración en el ritmo respiratorio, al 9 % se puede soportar por unos pocos minutos, sobre el 9 % se pierde el sentido rápidamente y sobre el 20 % es mortal en 20 a 30 minutos
- Generalmente, el contenedor de CO<sub>2</sub> es muy pesado, lo que dificulta su utilización. Posee cono de aplicación y no poseen manómetro.
- Por su baja temperatura puede producir quemaduras, y por estar a presión su impacto en las personas es peligroso.



#### 4.2. Agentes halógenos.



Los agentes extintores halógenos se obtienen al sustituir en los hidrocarburos metano ( $\text{CH}_4$ ) o etano ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), los átomos de hidrógeno por átomos de la línea halógena: flúor, cloro, bromo y yodo. Al producirse este reemplazo, las propiedades físico químicas de los nuevos componentes varían completamente.

Los tres elementos halógenos que se encuentran comúnmente en los agentes extintores son el flúor, que mejora la estabilidad e inertidad, y tiene baja toxicidad, el bromo, que mejora la capacidad extintora, pero aumenta la toxicidad, y el cloro, que le otorga mejor reactividad y mayor capacidad de extinción, pero produce mayor toxicidad.

El mecanismo de extinción de los agentes halogenados aún no es bien conocido; sin embargo, está claro que hay una reacción físico- química que inhibe la reacción en cadena.

Los halones más empleados hasta la última década del siglo pasado fueron el Halón 1301, usado de preferencia en instalaciones fijas, y el halón 1211, muy común en extintores portátiles.

Lo anterior debido a que se demostró que los Halones tienen un nivel de destrucción de la capa de ozono muy alto, por este motivo durante el Protocolo de Montreal, se logró el acuerdo mundial de prohibir la fabricación y uso de los halones 1211 y 1301, lo que creó la necesidad de contar con agentes ambientales seguros y eficientes en el combate del fuego, por lo que han aparecido, en el mercado mundial, otros agentes que procuran tener la misma eficacia en la extinción del fuego sin afectar negativamente el medio ambiente.





Usualmente, estos nuevos agentes extintores apagan el fuego por absorción de calor y por sofocación al desplazar el oxígeno creando atmósferas saturadas de gases inertes.





## VI. Actividades de aprendizaje

Desarrolle las siguientes actividades, cuya ejecución le ayudarán a alcanzar los objetivos del módulo.

1. Averigüe que Compañías del Cuerpo de Bomberos de Santiago cuentan y utilizan equipamiento de espumas. Visite una de ellas y entrevistándose con algún Oficial o Bombero conocedor del tema.
  - a. Solicite le muestren la implementación explicando su uso.
  - b. Pida le comenten acerca de la experiencia adquirida respecto de su uso.
  - c. Consulte acerca de las dificultades que la Compañía ha tenido al emplear la espuma en la extinción del fuego.
  - d. Infórmese sobre las alternativas y estrategias de capacitación en el tema, a las cual usted pudiera acceder.
  
2. Luego de ver el Video Instruccional considerado en el módulo, responda las siguientes preguntas:
  - e. Nombre 4 características de una Red Seca y 4 de una Red Húmeda.
  - f. ¿Qué son los Rociadores Automáticos?, descríbalos y nombre algunas de sus características.
  - g. Según el video, ¿Qué es un sistema de acción previa?
  
3. Considerando lo indicado en esta Guía de Estudio Personalizado, responda las siguientes preguntas:
  - a. ¿Cuál es la diferencia entre las espumas de baja y alta expansión?
  - b. ¿Qué tipos de Polvos Secos se emplean para extinguir fuegos Clase D?
  - c. ¿Cómo se obtienen los agentes extintores Halógenos?
  
4. Investigue a través de Internet acerca de la Capa de Ozono y la forma en que los agentes halógenos le afectan.



## VII. Evaluación Formativa

Responda las siguientes preguntas, marcando la alternativa correcta. Luego compare dichas respuestas con las claves que aparecen al final de la evaluación. Súmelas, si obtiene menos de 8 respuestas correctas, deberá reestudiar todos materiales de este módulo.

1. El agua es el mejor medio de extinción para los fuegos clase:
  - a. A
  - b. B
  - c. C
  - d. D
  
2. La espumas extintoras están formadas por burbujas que contienen:
  - a. CO<sub>2</sub>
  - b. Agua
  - c. Aire
  - d. CO<sub>2</sub>, Agua y Aire
  
3. Para poder cumplir con la función extintora, las espumas deben ser:
  - a. Resistentes al calor.
  - b. Poseer drenaje lento.
  - c. Ser fluidas.
  - d. Todas las anteriores.
  
4. Las espumas de baja expansión se utilizan principalmente para:
  - a. Controlar la generación de vapores peligrosos de productor químicos altamente reactivos con el agua.
  - b. Extinguir fuegos causados por derrames de líquidos inflamables o combustibles.
  - c. La extinción de fuegos en espacios confinados.
  - d. Llenar cavidades o recintos donde puedan o recintos donde puedan haberse acumulado gases tóxicos.



5. Las primeras espumas extintoras de incendio fueron las:
- Químicas
  - Mecánicas
  - Proteínicas
  - Sintéticas.
6. ¿Cuál de las siguientes características es atribuible a las espumas proteínicas?
- Excelente resistencia al calor, elasticidad y resistencia mecánica.
  - Difícilmente contaminables por los combustibles.
  - Gran rapidez de desplazamiento sobre la superficie afectada.
  - Extremadamente adecuadas para emplearse sobre alcoholes y solventes polares.
7. El polvo Químico Seco basado en fosfato de monoamónico ( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ) es ...
- ... de color morado o púrpura, puede extinguir fuegos de clase A, B y C, siendo además muy efectivo en fuegos de hidrocarburos líquidos.
  - ... uno de los primeros polvos de extinción que se desarrollaron por lo que no es polivalente
  - ... polivalente, de color amarillo en distintos tonos o celeste si es alemán o inglés. Se funde con el calor para formar una costra aislante sobre los combustibles sólidos.
  - ... de color blanco y se utiliza principalmente en fuegos Clase B y C y en fuegos de aceites y grasas de uso doméstico, ya que forman un manto flotante que evita la reignición.
8. ¿Cuál de los siguientes polvos no sirve para extinguir fuegos Clase D?
- Cloruro de Sodio.
  - Polvo de talco.
  - Limaduras de hierro.
  - Bicarbonato de Potasio.



9. El mecanismo de extinción por el cual los PQS apagan una combustión es:
- Ruptura de la reacción en cadena y apantallamiento de la radiación.
  - Acción sofocante y aislante.
  - Solo la alternativa “a” es correcta
  - La alternativa “a” y “b” es correcta
10. En relación a los gases extintores, es correcto decir que:
- Son recomendables para uso en exteriores e interiores especialmente cuando hay corrientes de aire, pues este ayuda al transporte del gas.
  - Se deben aplicar a una distancia mínima de 2,5 metros entre el recipiente que lo contiene y el foco del fuego, debido a que dichos gases pueden provocar alteraciones respiratorias en quien lo aplica.
  - Extinguen al bajar la temperatura, reducir la concentración de oxígeno del aire y reducir la fase gaseosa del combustible en el aire a niveles inferiores a lo necesarios para la combustión
  - Son los más eficaces y recomendables en fuegos de materiales reactivos, tales como sodio, potasio, magnesio, titanio y circonio o hidruros de metales.





### **Respuestas correctas a la evaluación formativa**

- |      |       |
|------|-------|
| 1) a | 6) a  |
| 2) c | 7) c  |
| 3) d | 8) d  |
| 4) b | 9) d  |
| 5) a | 10) c |

Si obtuvo menos de 8 respuestas correctas, **deberá reestudiar todos materiales del módulo.**



Bibliografía:

- Video Instruccional Medios de Extinción, Curso Básico Escuela de Formación Bomberil, Instructor Alonso Segeur Lara, 4ª Compañía, CBS.
- Apuntes curso Medios de Extinción, Curso Básico Escuela de Formación Bomberil, Instructor Alonso Segeur Lara, 4ª Compañía, CBS.
- Los Agentes Extintores – Los Polvos Químicos Secos, Néstor Adolfo Botta, Red Proteger, 1ª Edición Junio de 2010 (con autorización del autor)
- Curso Medios de Extinción, Área Fuego y Agua, Víctor C. Arias de la Fuente, Esteban Basualto Vegas, Ricardo Hick´s Serey, Alberto Sepúlveda Neira, Academia Nacional de Bomberos, Julio 2000

Textos:

Victor C. Arias de la Fuente, Departamento de Desarrollo Académico, Escuela de Bomberos de Santiago, Voluntario de la 16ª Compañía, Cuerpo de Bomberos de Santiago.

Revisión Técnica Primera Edición 2012: Sergio Albornoz Godoy, 4ª Compañía, Cuerpo de Bomberos de Santiago.

Segunda Edición 2017: Sin cambios con respecto a edición 2012

Gráfica:

Jaime Cannobbio de la Fuente – Pro-Video

Diseño y desarrollo de esta Guía de Estudio Personalizado:

Victor C. Arias de la Fuente, Instructor, Departamento de Desarrollo Académico, Escuela de Bomberos de Santiago, Voluntario de la 16ª Compañía, Cuerpo de Bomberos de Santiago.

Enero – 2017