

3ª edición
Julio 2026

LOS AGENTES EXTINTORES

Las Espumas



Material no apto para la venta.

Ing. Néstor Adolfo BOTTA



www.redproteger.com.ar

*"El que cree en el Hijo tiene vida eterna;
pero el que rehúsa creer en el Hijo no verá la vida,
sino que la ira de Dios está sobre él."*

Juan 3:36



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; Diplomado en Ergonomía recibido en el año 2018 en la Facultad de Química e Ingeniería del Rosario de la Pontificia Universidad Católica Argentina; y Diplomado en Sistemas Integrados de Gestión recibido en el año 2021 en la Universidad Nacional de Lomas de Zamora.

Estudiante de la Diplomatura en Teología en el Instituto Bíblico Río de La Plata desde el 2022.

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 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 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 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

ÍNDICE

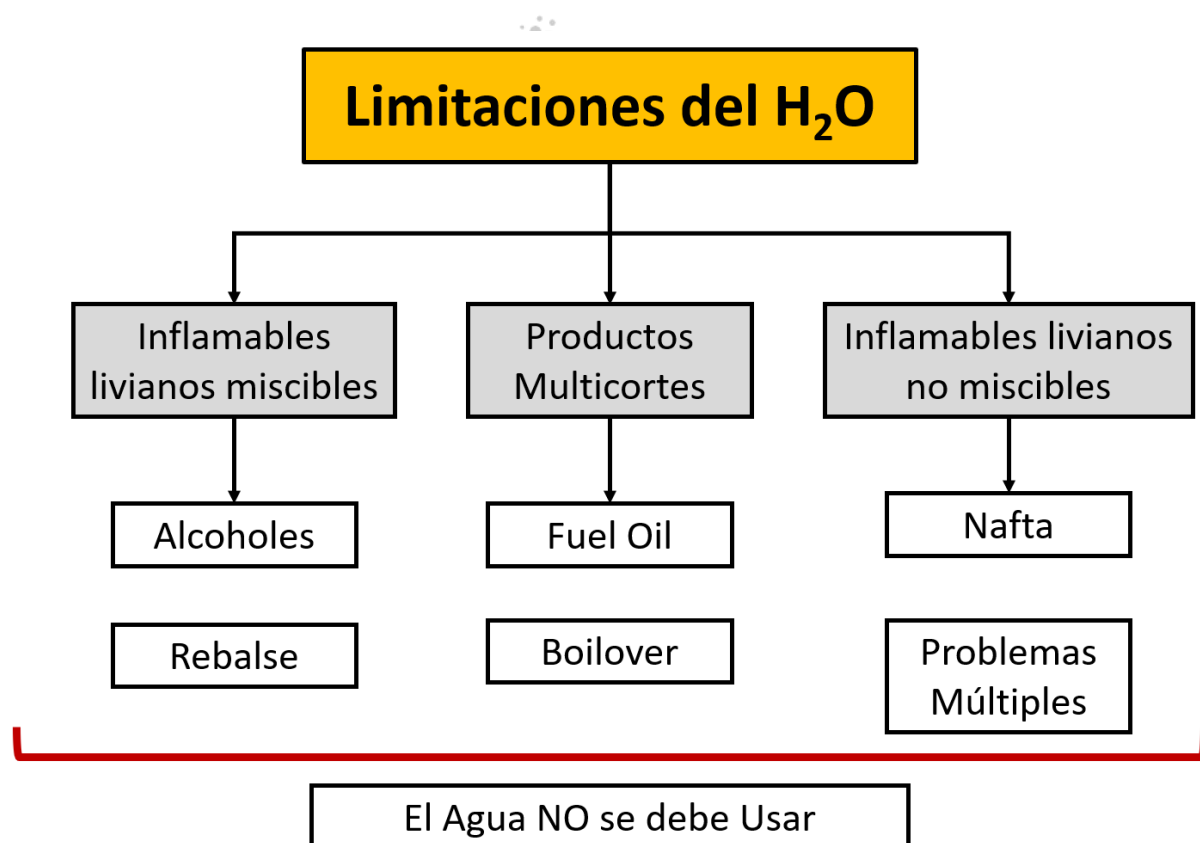
- 1) ¿Por qué Usar la Espuma Como Agente Extintor?
- 2) Breve Historia
- 3) ¿Qué es la Espuma?
- 4) Tipos De Espumas
- 5) Mecanismos de Extinción de las Espumas
 - 5.1) Aislamiento
 - 5.2) Enfriamiento
 - 5.3) Apantallamiento de la Radiación
- 6) Generación de Espuma
 - 6.1) Primera Etapa o Inducción
 - 6.2) Segunda Etapa o Generación
 - 6.3) ¿Qué Significa el Porcentaje?
 - 6.4) Importancia de la Proporción de la Mezcla Agua/Espumígeno
- 7) Calidad del Agua y del Aire
- 8) Limitaciones Generales
 - 8.1) La Espuma Versus los Fuegos Clase C
 - 8.2) La Espuma Versus Fuegos Tridimensionales
 - 8.3) La Espuma Versus los Gases Presurizados
 - 8.4) La Espuma Versus los Metales Combustibles
- 9) Parámetros que Debe Cubrir una Espuma
- 10) Clasificación de las Espumas Según la Expansión
 - 10.1) ¿Qué es la Expansión?
 - 10.2) Clasificación
 - 10.3) Espuma de Baja Expansión (20:1)
 - 10.4) Espuma de Media Expansión (desde 20:1 a 200:1)
 - 10.6) Efectos de la Espuma de Mediana y Alta Expansión sobre los Incendios
 - 10.7) Limitaciones de las Espumas de Mediana y Alta Expansión

- 10.8) Seguridad Personal con las Espumas de Mediana y Alta Expansión
- 10.9) La Espuma como Agente Humectante
- 10.10) La Espuma de Alta Expansión y el GNL
- 11) Dispositivos Dosificadores de Espumígenos
 - 11.1) Solución Premezclada
 - 11.2) Tanque Dosificador Tipo Vejiga o Membrana
 - 11.3) Método Venturi
- 12) Dispositivos de Descarga de Espuma Baja Expansión
- 13) Dispositivos de Descarga de Espuma Media Expansión
- 14) Dispositivos de Descarga de Espuma Alta Expansión
- 15) Tipos de Espumígenos o Concentrados
 - 15.1) Clasificación de Combustibles Líquidos
 - 15.2) Tipos de Espumígenos
- 16) Efecto del Flúor en las Espumas
 - 16.1) ¿Por qué se Utiliza el Flúor en las Espumas?
 - 16.2) ¿Qué es el Flúor Presente en las Espumas?
 - 16.3) ¿Qué Hace Exactamente el Flúor Durante la Extinción?
 - 16.5) Posibles Efectos Sobre la Salud
 - 16.6) Riesgo para los Bomberos
 - 16.7) Tendencia Actual
- 17) Agentes Combinados o Equipos Gemelos

1) ¿POR QUÉ USAR LA ESPUMA CÓMO AGENTE EXTINTOR?

El agua presenta limitaciones cuando interactúa con inflamables livianos miscibles agua y no se puede usar contra inflamables livianos no miscibles en agua. El agua también presenta problemas con ciertos tipos de líquidos combustibles, como ser los aceites combustibles y las mezclas multicorte.

La conclusión es que el agua, en general, y salvo situaciones muy particulares y especiales, no se debe usar como agente extintor contra líquidos inflamables y líquidos combustibles.



En este punto hay que distinguir entre el agua como agente extintor de incendios, y el agua como agente refrigerante de instalaciones, entre las que se encuentran los tanques e instalaciones que depositan y transforman a estos líquidos inflamables y combustibles.

Pese a que existen otros agentes extintores que podrían, en teoría usarse, ninguno de ellos en forma individual logran apagar y/o contralar un incendio donde estén involucrados este tipo de materiales combustibles.

La espuma como agente extintor viene a cubrir este hueco que deja el agua como agente extintor de incendios.

2) BREVE HISTORIA¹

²El primer antecedente histórico es la patente concedida bajo el número 560 y conocida como "la patente de Johnson", de 1877, que señalaba que su objeto era "producir una composición, que debido a su característica espumosa pudiera flotar en la superficie del petróleo de forma de extinguir los incendios y prevenir su reignición". A comienzos del siglo XX, la espuma química para alcoholes cobra especial auge, en particular hasta la década de los años 30.

Otra versión³ le atribuye al ingeniero ruso Aleksandr Loran el desarrollo de la espuma química por primera vez alrededor del año 1902. Éste descubrió que el agua sola no era eficaz, ya que el combustible flotaba y el fuego se expandía. Su solución fue crear una espuma que cubriera el combustible. El sistema mezclaba sulfato de aluminio + bicarbonato de sodio, generando burbujas de CO₂ que formaban espuma.

Fue en la Ciudad de Boston de los EE.UU., en el año 1938 donde comenzó a aplicarse el sistema de espuma mecánica.

Más allá de la fechas, lo que está claro es que las espumas se comenzaron a utilizar en la lucha contra los incendios en minas carboníferas, y de ahí se propagaron a otros tipos de industrias entre las que se destacan las del rubro petroquímico.

¹ Sobre la base de "Espumas. Tipos, Características y Conceptos de Aplicación" de sobreincendios.com, de "Introducción a la Espuma Contra-incendios" de Guerrero Velázquez, Jose María, PublicacionesDidacticas.com y de la norma NFPA 11:2016.

² "Espumas Contra Incendio" de Start Fire.

³ ChatGPT

En las minas de carbón se dan determinadas condiciones de presión, temperatura y humedad a la que está sometido el carbón, y que hacen que su constituyente básico reaccione químicamente con el hidrógeno, que forma parte de los vapores de agua en esas extremas condiciones, formando un gas que, combinado con el aire en determinada relación tiene características inflamables.

El gas que se forma en esta reacción entre el carbono y el hidrógeno se llama metano, gas grisú o gas de los pantanos.

Al formarse la mezcla de aire y metano reaccionaban con la llama de los faroles, que eran usados para la iluminación de la zona de trabajo, provocando incendios y explosiones.

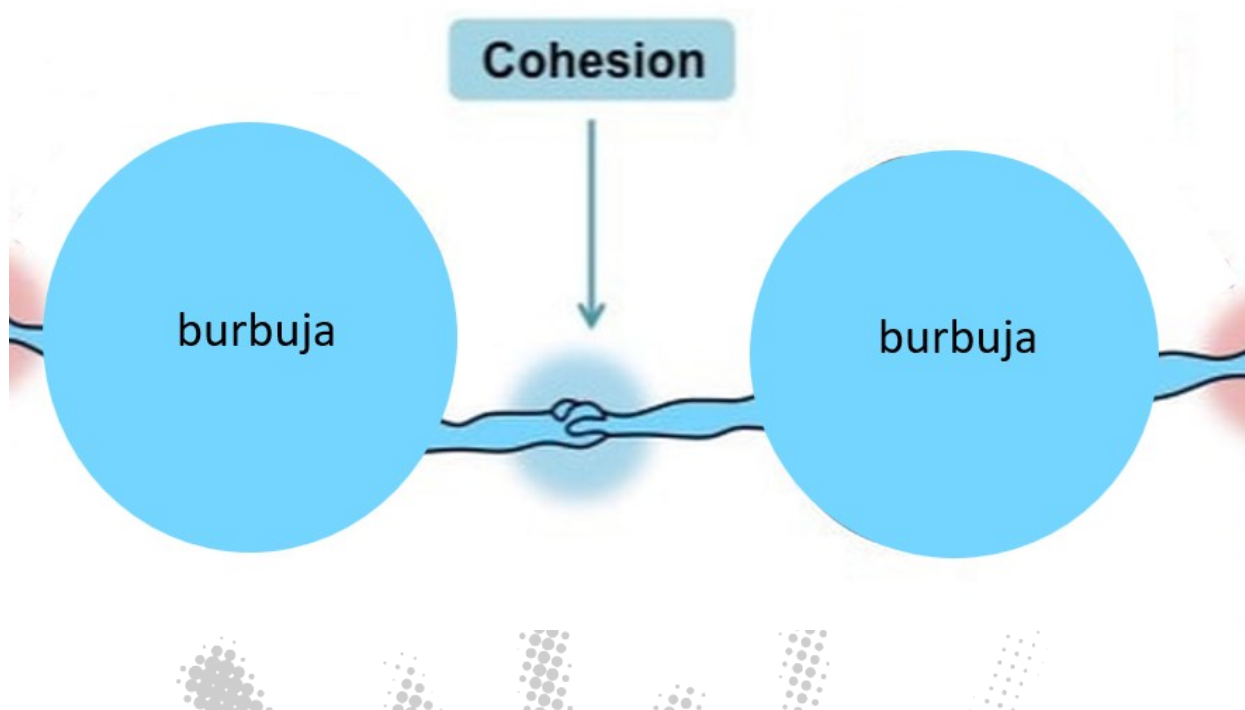
El problema era complejo y dificultoso a la hora de su extinción debido al pequeño espacio que ofrecía una mina subterránea para transportar elementos extintores, por lo que hizo necesario la utilización de técnicas nuevas para sofocar fuegos provocados en lugares confinados y de poco acceso como las minas carboníferas.

Según la norma NFPA 11:2016 (C.1) el desarrollo de las espumas de alta expansión para combate de incendios empezó con el trabajo del Establecimiento de Seguridad en Investigación de Minas de Buxton, Inglaterra, basado en el difícil problema de los incendios en minas de carbón.

3) ¿QUÉ ES LA ESPUMA?

La espuma es una masa de burbujas formada de una solución acuosa llena de aire. Es por consiguiente más liviana que la solución acuosa de la que se forma, es decir el agua, y más liviana que los líquidos inflamables o combustibles, flota sobre éstos, produciendo una capa cohesiva continua flotante y estable, también llamada manta o manto de espuma.

La espuma es de menor densidad que los líquidos inflamables.



La norma NFPA 11:2016 la define como:

“3.3.10 Espuma. Un agregado estable de burbujas de densidad menor que el aceite o el agua.”

“A.1.1 La espuma para combate de incendios es un agregado de burbujas llenas de aire formadas de soluciones acuosas y es de más baja densidad que los líquidos inflamables.”

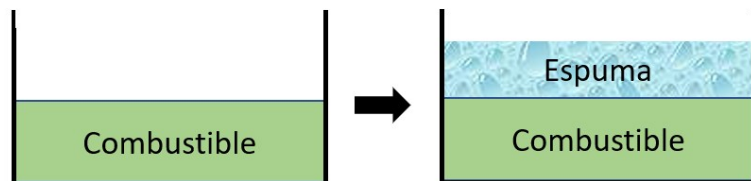
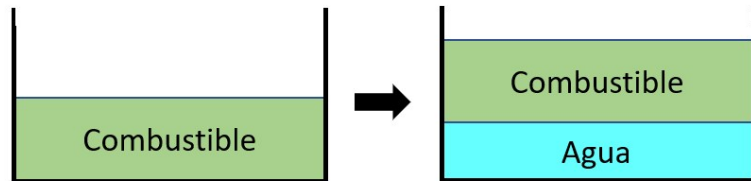
Se usa principalmente para formar una capa cohesiva flotante sobre líquidos inflamables y combustibles, y evita o extingue el incendio por exclusión de aire y enfriamiento del combustible.

También evita la reignición al suprimir la formación de vapores inflamables. Tiene la propiedad de adherirse a las superficies,, lo que proporciona un grado de protección a la exposición de incendios adyacentes.

La espuma puede usarse como agente de prevención, control o extinción de incendios para riesgos de líquidos inflamables.

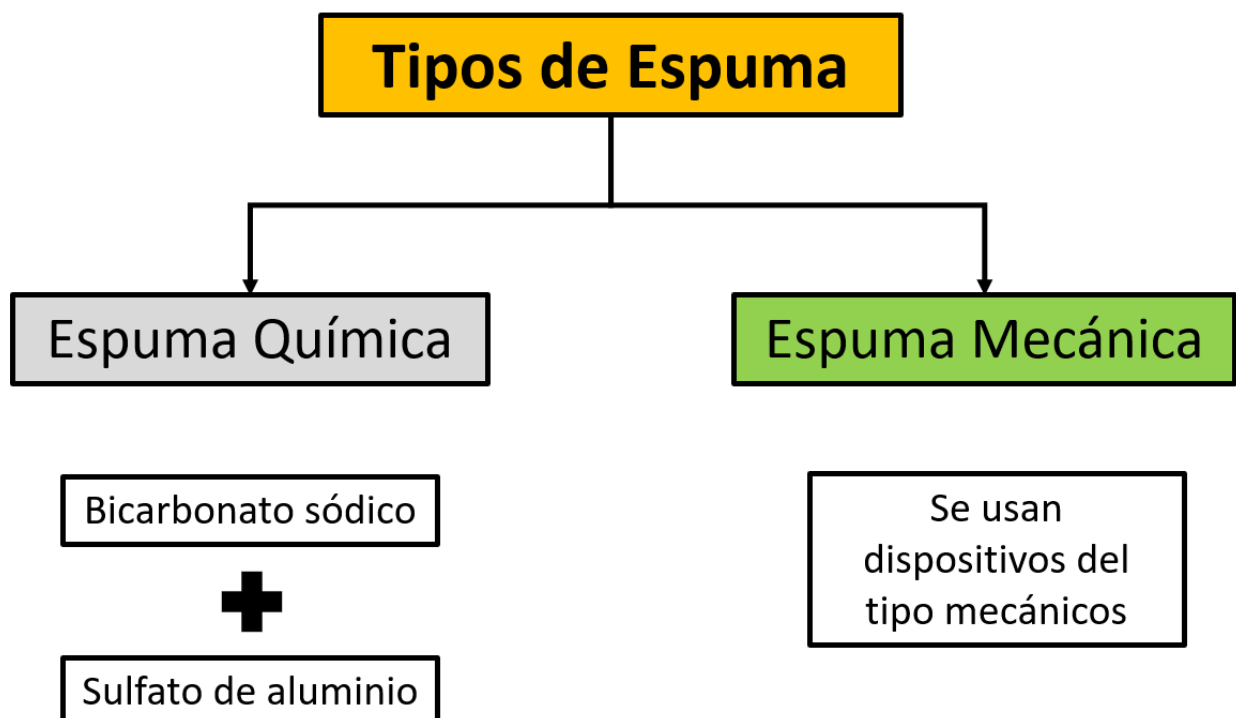
La espuma no se destruye rápidamente y, cuando se aplica al régimen adecuado, tiene la capacidad de extinguir el fuego progresivamente. A medida que continúa la aplicación, la espuma fluye fácilmente sobre la superficie incendiada en forma de capa hermética, evitando la reignición en las superficies ya extinguidas.

Se puede decir, en términos simples, que la espuma modifica la densidad del agua haciéndola más liviana que los líquidos combustibles.



4) TIPOS DE ESPUMAS

Las espumas según la forma de producirse se dividen en químicas y mecánicas. Las primeras ya no se usan y se producían por la reacción química al mezclar bicarbonato sódico y sulfato de aluminio, que además generan CO_2 .



Las espumas mecánicas son las que se usan actualmente y se denominan así porque se usan dispositivos del tipo mecánicos que producen la mezcla y posterior agitación del agua, el espumígeno y del aire.

5) MECANISMOS DE EXTINCIÓN DE LAS ESPUMAS

Las espumas presentan tres mecanismos de extinción, siendo el mecanismo de aislamiento el principal, dada su íntima relación con los líquidos inflamables, y por el cual son reconocidas las espumas.

- Aislamiento
- Enfriamiento
- Apantallamiento de la Radiación

5.1) Aislamiento

El efecto del aislamiento se puede estudiar en cuatro facetas a saber:

- Lo primero que hace la espuma es formar progresivamente un manto que tapa al líquido inflamable incendiado y corre progresivamente a las llamas de la superficie del mismo, evitando el ingreso del aire a la zona ya cubierta como así también la salida de vapores inflamables.

La espuma no se disgrega rápidamente y, cuando se aplica al régimen adecuado, tiene la capacidad de extinguir el fuego progresivamente. A medida que continua la aplicación, la espuma fluye fácilmente sobre la superficie incendiada en forma de capa hermética evitando la reignición en las superficies ya extinguidas.

- Una vez apagada la llama, lo segundo que hace es evitar el ingreso del aire a la zona de vapores inflamables calientes que se encuentran en la superficie

del líquido inflamable cubierto por la manta de espuma, evitando así una posible reignición por falta de aire.

El poco aire atrapado debajo del manto no logra mantener una combustión por superar el LSI. Hay que considerar que los líquidos inflamables tienen generalmente un LSI muy bajo, es decir, necesitan de mucho aire para sustentar una combustión. El LSI del kerosene es de 5%, es decir, necesita como mínimo más del 95% de aire.

- Lo tercero que hace al mismo tiempo es evitar la salida de los vapores inflamables de la superficie del combustible, eliminando la posibilidad de una nueva combustión en otra zona o sector.
- Lo cuarto que hace al separar las llamas de la superficie del combustible, es reducir la cantidad de calor que recibe el combustible y por consiguiente reduce la emisión de vapores inflamables.

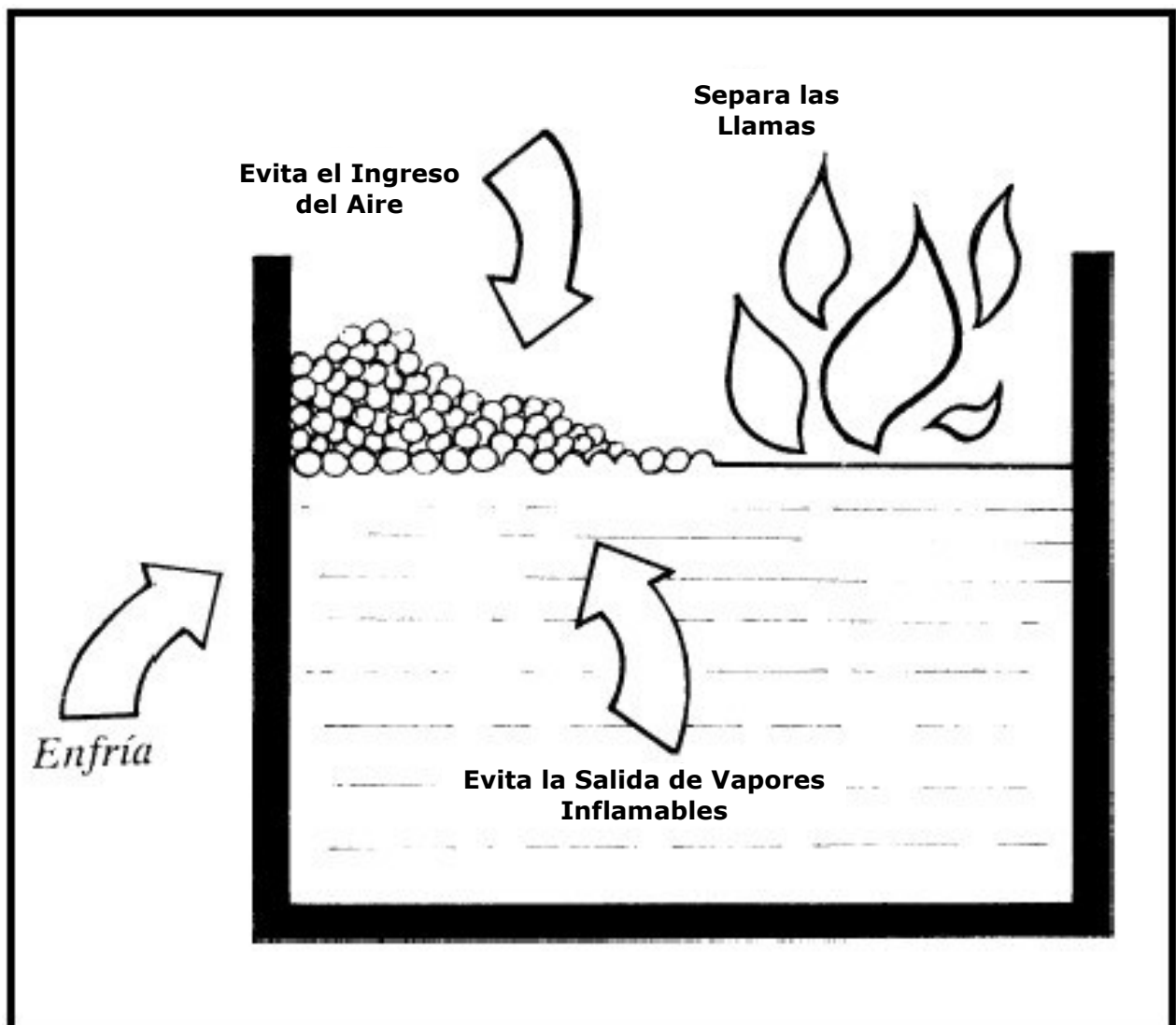
Este efecto de aislamiento es permanente mientras dure la manta de espuma flotando sobre el líquido inflamable.



5.2) Enfriamiento

Absorbe calor de la superficie del combustible y del metal del contenedor o tanque, al drenar el agua contenida en la espuma que se va rompiendo, siendo este un mecanismo secundario, resultante de la ruptura de la espuma.

A la espuma no se la usa porque enfría, sino principalmente porque AÍSLA, aunque en algunos casos el efecto del enfriamiento puede ser una intervención más que considerable en el proceso de la extinción y control.



5.3) Apantallamiento de la Radiación

El combustible necesita del calor que genera la propia combustión para poder seguir vaporizando suficiente cantidad de vapores combustibles para alimentar al proceso de la combustión. El calor que usa es que se mueve por radiación.

La espuma de mediana y alta expansión detiene la convección y radiación retrasando la liberación de vapores inflamables.

Para incendios de GNL, la espuma de alta expansión normalmente no extingue, pero reduce la intensidad del fuego al bloquear la retroalimentación de radiación al combustible.

⁴Las pruebas patrocinadas por la American Gas Association (AGA) demuestran que la cantidad de radiación de un derrame de GNL incendiado puede reducirse hasta un 95% con algunas espumas de alta expansión. Esta reducción se debe en parte a la barrera de espuma que reduce la vaporización al bloquear la retroalimentación de calor de las llamas al GNL.

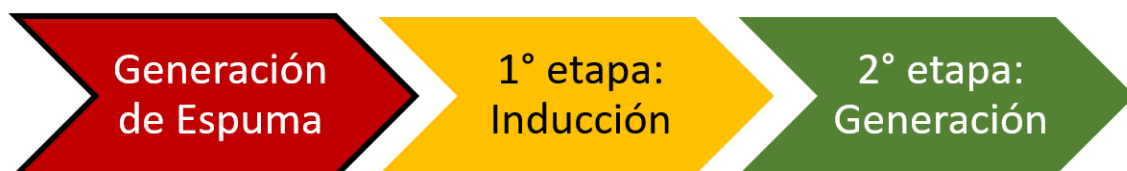
6) GENERACIÓN DE ESPUMA

Las espumas mecánicas, que son las que se usan actualmente, se generan por medio de un proceso que consta de dos etapas básicas y consiste en:

- Suministro de agua.
- Suministro de concentrado de espuma o espumígeno.
- Equipo proporcionador.
- Sistema de tuberías o mangueras.
- Generadores de espuma y dispositivos de descarga diseñados para distribuir la espuma eficientemente sobre el riesgo.

⁴ A.6.14 de NFPA 11:2016.

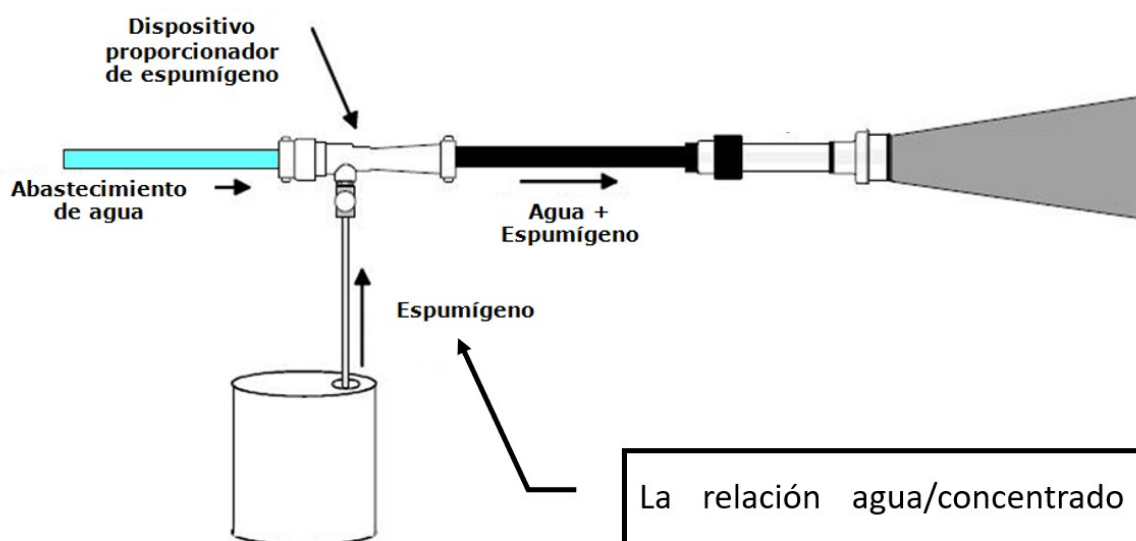
La provisión de agua se hace por medio de cañerías en el caso de instalaciones fijas contra incendio o mangueras en el caso de los vehículos de bomberos o equipos móviles.



6.1) Primera Etapa o Inducción

Es la etapa en la cual se introduce al flujo de agua, el concentrado o espumígeno, mediante un dispositivo llamado proporcionador o dosificador, generando lo que se da por llamar el preparado (agua + espumígeno).

El preparado no es otra cosa más que agua aditivada con un producto químico líquido.



La relación agua/concentrado se gradúa en el proporcionador desde un 1% - 3% - 6%.

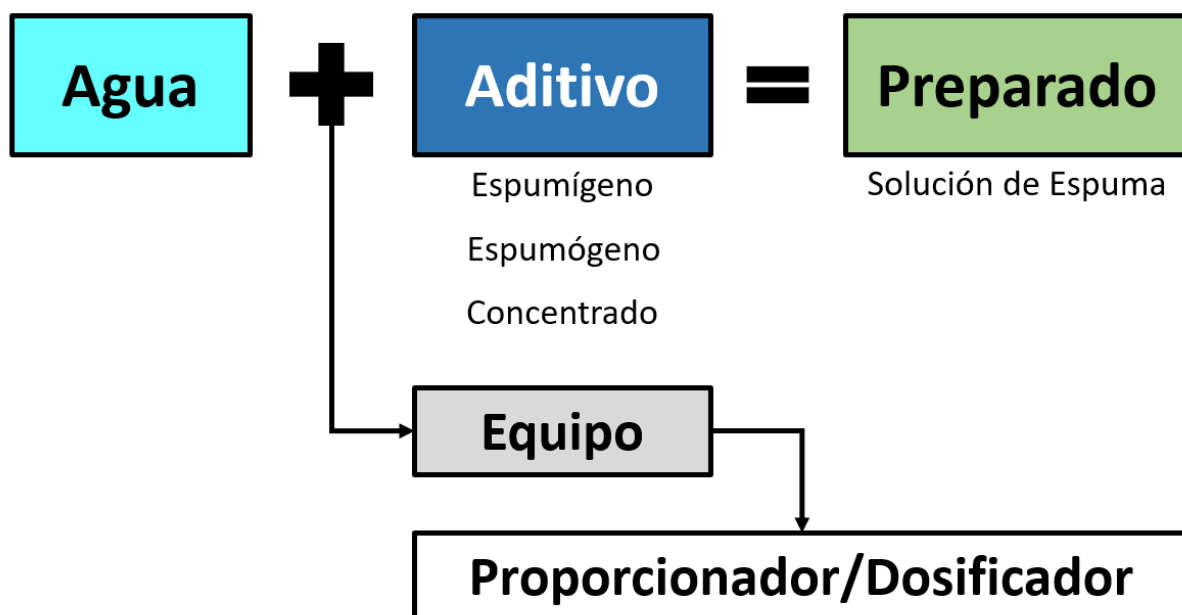
El concentrado o espumígeno se encuentra almacenado en un tanque diseñado a tal fin o dentro del recipiente aportado por el fabricante (bidón, tambor o container), estos pueden ser fijos o móviles.

El concentrado se mezcla con el agua a través del dispositivo proporcionador en un porcentaje que debe ser exacto y se obtiene así una solución de espuma o preparado (agua + espumígeno).

La relación agua/concentrado se gradúa en el proporcionador o dosificador, desde un 1% hasta un 6%, vale decir desde 1 litro de concentrado por 99 litros de agua, hasta 6 litros de concentrado por 94 litros de agua. La concentración a usar está definido principalmente por el tipo de espumígeno que se usa y por el fabricante del mismo.

En fuegos será de 3% en derrames y con solventes polares (que se mezclan con el agua) será del 6% y en alta expansión de 1%.

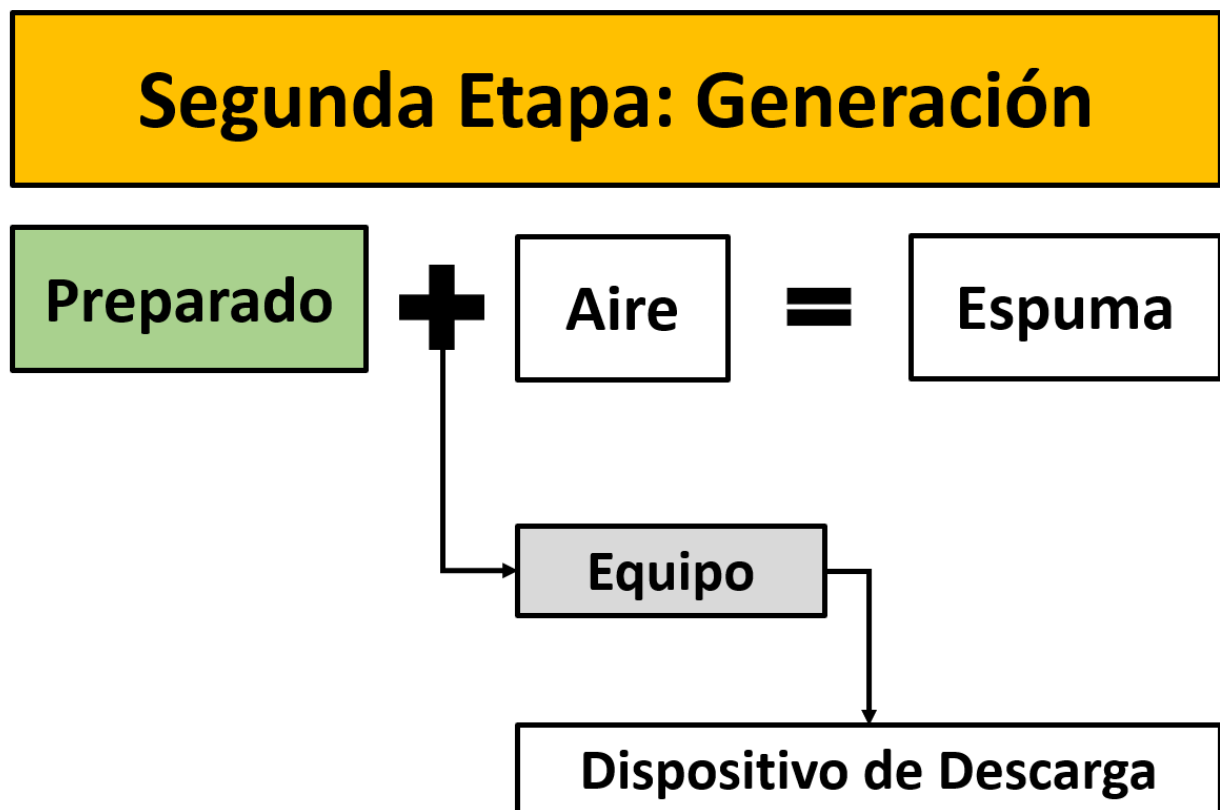
Primera Etapa: Inducción

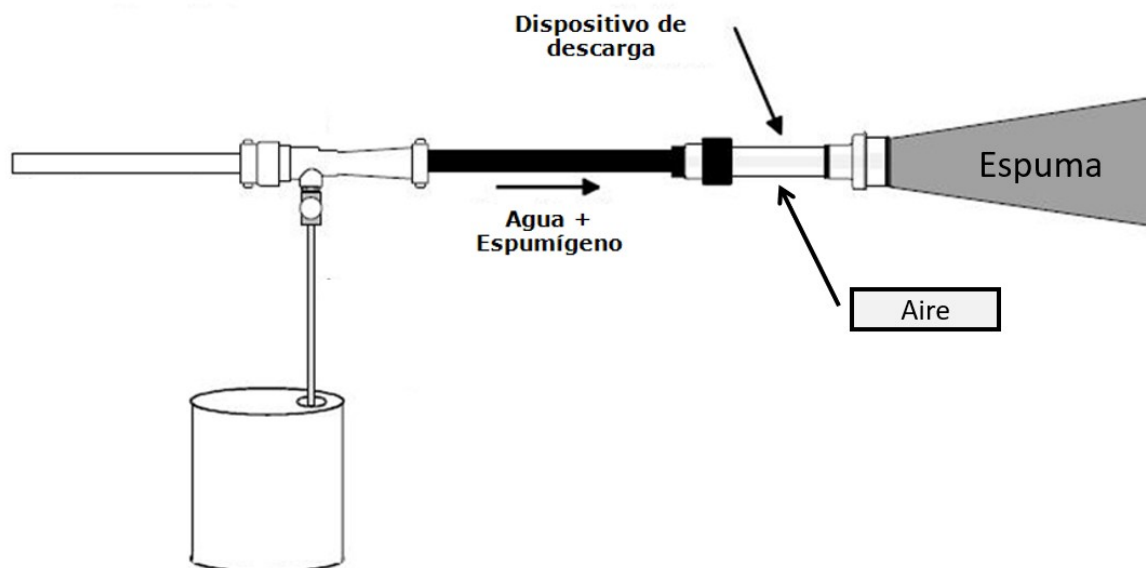


Por último, para formar la espuma, al preparado se lo debe agitar mecánicamente e incorporar aire. Este proceso ocurre en el dispositivo generador de espuma y de descarga.

6.2) Segunda Etapa o Generación

Es la etapa donde se le agrega aire al preparado (agua + espumígeno) en el dispositivo de descarga produciéndose la espuma en un ambiente abierto.





6.3) ¿Qué Significa el Porcentaje?

Los espumígenos se diseñan para ser mezclados con agua en los porcentajes especificados por los fabricantes. Los espumígenos de 6% se mezclan con agua en una proporción de 94 porciones de agua cada 6 porciones de espumígeno. Por ejemplo, si se fuera a mezclar el espumígeno con agua para hacer 100 litros de preparado, se deberá mezclar 6 litros de espumígeno con 94 litros de agua. Al usar 3% se deberán mezclar 3 litros de espumígeno con 97 litros de agua. Una vez que el preparado está listo, las espumas que resultan de un espumígeno del 3% o un espumígeno del 6% serán virtualmente iguales con respecto a características de funcionamiento.

Un espumígeno del 3% es más concentrado que uno 6%, por lo tanto requiere menos producto para producir el mismo resultado final.

La tendencia de la industria es reducir los porcentajes de los espumígenos tan bajos como sea posible. Los espumígenos más concentrados, como el de 3% permiten que el usuario reduzca al mínimo la cantidad de espacio requerida para almacenar el producto concentrado.

Cambiando de una espumígeno del 6% a una espumígeno del 3% se puede aumentar al doble la capacidad de lucha contra el fuego teniendo el mismo número de litros, o se puede reducir a la mitad de espumígeno sin comprometer la capacidad de supresión.

Los espumígenos que proporcionan valores de concentrado más bajos pueden también reducir el coste del producto almacenado, al igual que el transporte.

Algunos espumígenos resistentes al alcohol tienen dos porcentajes. Por ejemplo, un espumígeno de 3% y 6%, y se diseñan para ser utilizados en los combustibles de hidrocarburos en el 3% y los combustibles solventes polares en el 6%. Esto es debido a la cantidad de ingrediente activo que provee la capa de espuma resistencia a alcohol.

Las nuevas formulaciones de AR-AFFF han mejorado la resistencia al alcohol para poder utilizarlas en el 3% para los hidrocarburos o los solventes polares.

6.4) Importancia de la Proporción de la Mezcla Agua/Espumígeno

Una mezcla con más cantidad de agua que la indicada, dará origen a una solución pobre, resultando tras la expansión en una espuma que no tiene las características de extinción deseadas.

Una solución de espuma rica (mayor cantidad de concentrado en la proporción que agua) determinará una espuma espesa con un fluir más lento ocasionando la demora en el apague y en la posibilidad de que la espuma sea incapaz de recorrer toda la superficie incendiada, sobre todo en rincones intrincados.

7) CALIDAD DEL AGUA Y DEL AIRE

Los concentrados o espumígenos vienen preparados para ser usados con agua dura o blanda, dulce o salada, pero deben ser de tal calidad que no se presenten efectos adversos en la formación o estabilidad de la espuma, en este sentido no

debe haber presencia de inhibidores de corrosión, químicos que eviten emulsiones o aditivos sin consultar previamente con el proveedor del concentrado.

El agua reciclada, agua procesada, o agua gris pueden ser utilizadas para la producción de espuma, pero se debería realizar una evaluación competente de la conveniencia de la calidad del agua.

Las espumas en general son más estable cuanto más fría es el agua con la que se mezclan los concentrados. La temperatura del agua para producir una espuma óptima debe estar entre 4 °C y 37 °C. Para otros rangos fuera de esta escala siempre se debe consultar previamente con el proveedor del espumígeno.

Es deseable tener aire limpio en la tobera de eyección. No obstante, el efecto de aire contaminado en la calidad de las espumas de baja expansión, ha probado ser insignificante.

8) LIMITACIONES GENERALES

Las espumas no son eficaces para todos los tipos de incendios y presentan ciertas limitaciones que son comunes a todas ellas. Las espumas no son eficaces en:

- Fuegos clase C (eléctricos)
- Fuegos tridimensionales
- Gases presurizados
- Fuegos clase D (metales combustibles).

8.1) La Espuma Versus los Fuegos Clase C

Los fuegos de clase C involucran equipos eléctricos energizados o combustibles clase A o B que tienen en su entorno próximo riesgo eléctrico. El agua conduce la electricidad. Dado que la espuma contiene entre el 94% al 97% de agua, no es seguro para usar en este tipo de fuego.

En algunos casos, el concentrado de espuma es aún más conductor que el agua. Los incendios de clase C pueden ser extinguidos usando agentes de extinción no conductores tales como un producto químico seco, dióxido de carbono (CO₂) o halón.

El procedimiento más seguro para este tipo de situación es desenergizar el equipo si es posible y tratarlo como un incendio de Clase A (material combustible ordinario) o Clase B (inflamables / líquidos combustibles).

8.2) La Espuma Versus Fuegos Tridimensionales

Se denomina incendio tridimensional o fuego tridimensional, si el combustible ardiendo se derrama en forma de cascadas desde planos elevados a una menor altura, creando una piscina de combustible en la superficie inferior.

Se pueden distinguir tres zonas:

- **Primera**

Líquido fugando desde la altura.

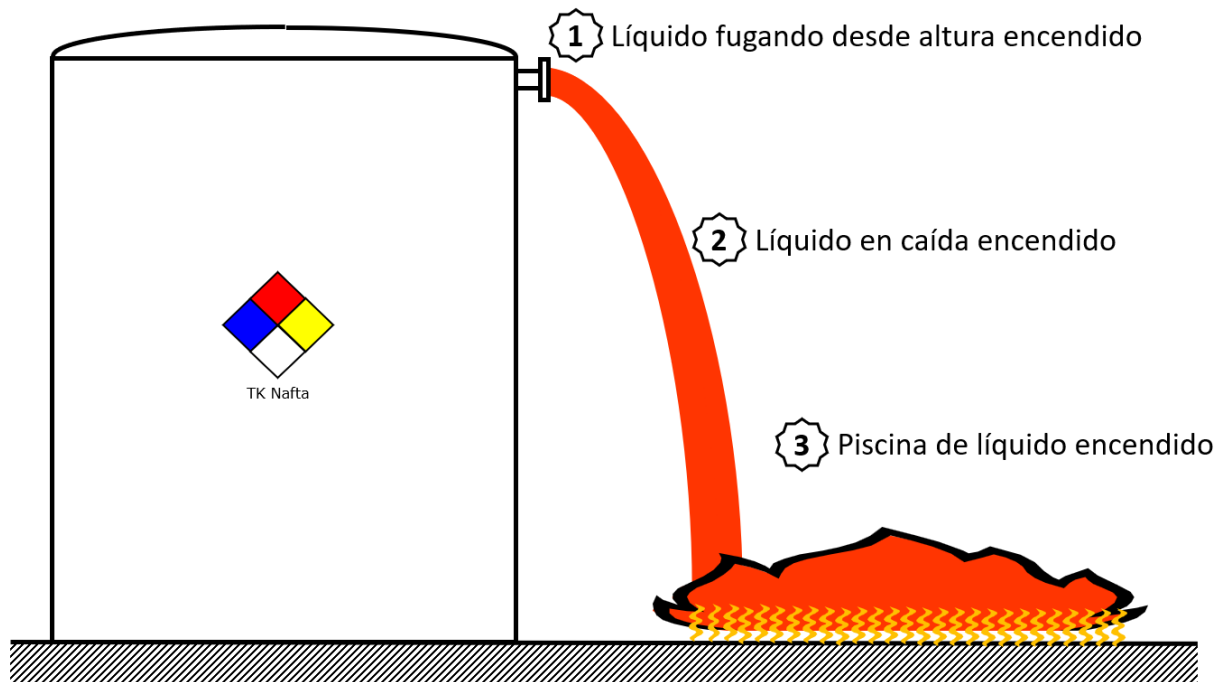
- **Segunda**

Líquido en caída.

- **Tercera**

Líquido derramándose y acumulándose en los niveles más bajos propios del sistema o terreno.

Las espumas no son eficaces en el control de los incendios tridimensionales que fluyen. Se recomienda primero el control del fuego derramado, y ahí es donde la espuma es útil, y posteriormente extinguir el fuego que fluye usando un agente químico seco.



8.3) La Espuma Versus los Gases Presurizados

Las espumas no son eficaces en incendios que involucran gases presurizados. Estos materiales suelen almacenarse como líquidos, pero normalmente son gases a temperatura ambiente. La presión de vapor de estos tipos de combustibles es demasiado alta para que la espuma sea eficaz. Para ser eficaz, la espuma debe configurarse como una manta bidimensional encima de un líquido derramado.

Ejemplos de gases presurizados incluyen:

- Acetileno
- Butano
- Gas Licuado de Petróleo (GLP)
- Propano
- Cloruro de Vinilo

8.4) La Espuma Versus los Metales Combustibles

Los fuegos de clase D involucran metales combustibles tales como aluminio, magnesio, titanio, sodio y potasio.

Los metales combustibles generalmente reaccionan con el agua; por lo tanto, las espumas no son un agente eficaz de extinción.

Los incendios que involucran metales combustibles requieren técnicas especializadas y agentes extintores que han sido desarrollados para hacer frente a este tipo de incendios. Un extintor de clase D o polvo de clase D es la opción recomendada para incendios que involucren metales combustibles.

9) PARÁMETROS QUE DEBE CUBRIR UNA ESPUMA⁵

Para ser efectiva una espuma debe cumplir con los siguientes parámetros a saber:

- **Velocidad de abatimiento y escurrimiento**

Es el tiempo requerido para que la película formada por la espuma recorra la superficie del combustible cubriendo todos los obstáculos y rincones de forma tal de extinguir completamente el fuego.

Un abatimiento extremadamente rápido sacrifica la seguridad post incendio, que es requerida para una manta de espuma duradera y estable.

- **Resistencia al calor**

La espuma debe ser capaz de resistir los efectos destructivos del calor irradiado por el fuego de los vapores aún encendidos o por el calor aportado por superficies calientes que estuvieron en contacto directo con las llamas (metales, maderas, etc.).

⁵ Según manual de DEMSA "Seguridad Contra Incendios" Cuarta edición 2020.

- **Resistencia al combustible**

Una espuma efectiva minimiza el efecto de arrastre de combustible. De esta forma no se satura la espuma y no se quema.

- **Supresión de vapores**

La película producida por la espuma debe ser capaz de bloquear y suprimir la producción de vapores, de esta forma se evita la re ignición del combustible.

- **Resistencia a alcoholes**

Es la capacidad del manto de espuma para crear una barrera polimérica entre el combustible y la espuma, evitando así la absorción del agua de las burbujas de espuma. Esta absorción resultaría en la destrucción de la manta de espuma.

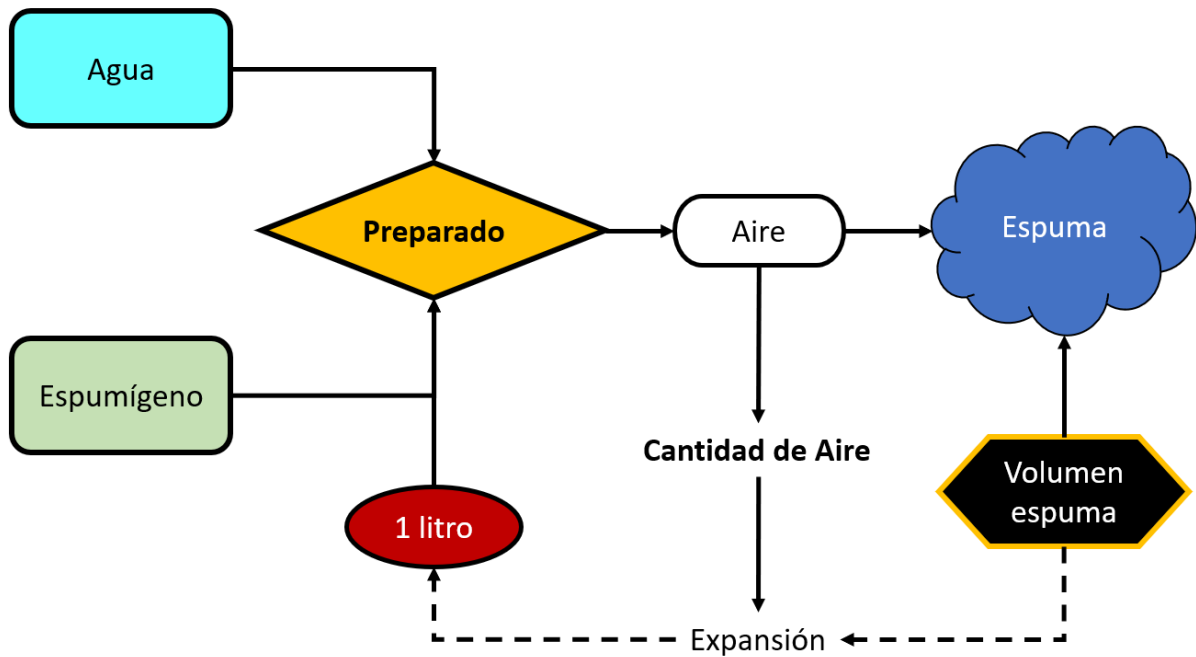
Dada la avidez de los alcoholes por el agua y debido a que la espuma en sí es 90% agua, la película producida por las espumas que no son resistentes a los alcoholes se destruirá no pudiendo el incendio ser controlado, es por ello que existen formulaciones especiales resistentes a los alcoholes específicas para este tipo de combustibles y sus mezclas.

10) CLASIFICACIÓN DE LAS ESPUMAS SEGÚN LA EXPANSIÓN

10.1) ¿Qué es la Expansión?

Es la relación del volumen de espuma final en relación con el volumen del preparado (agua + espumígeno). Es decir, cuantos litros o m³ de espuma se hacen por cada litro o m³ de preparado.

En términos simples se puede decir que es la cantidad de aire que se le agrega al preparado.

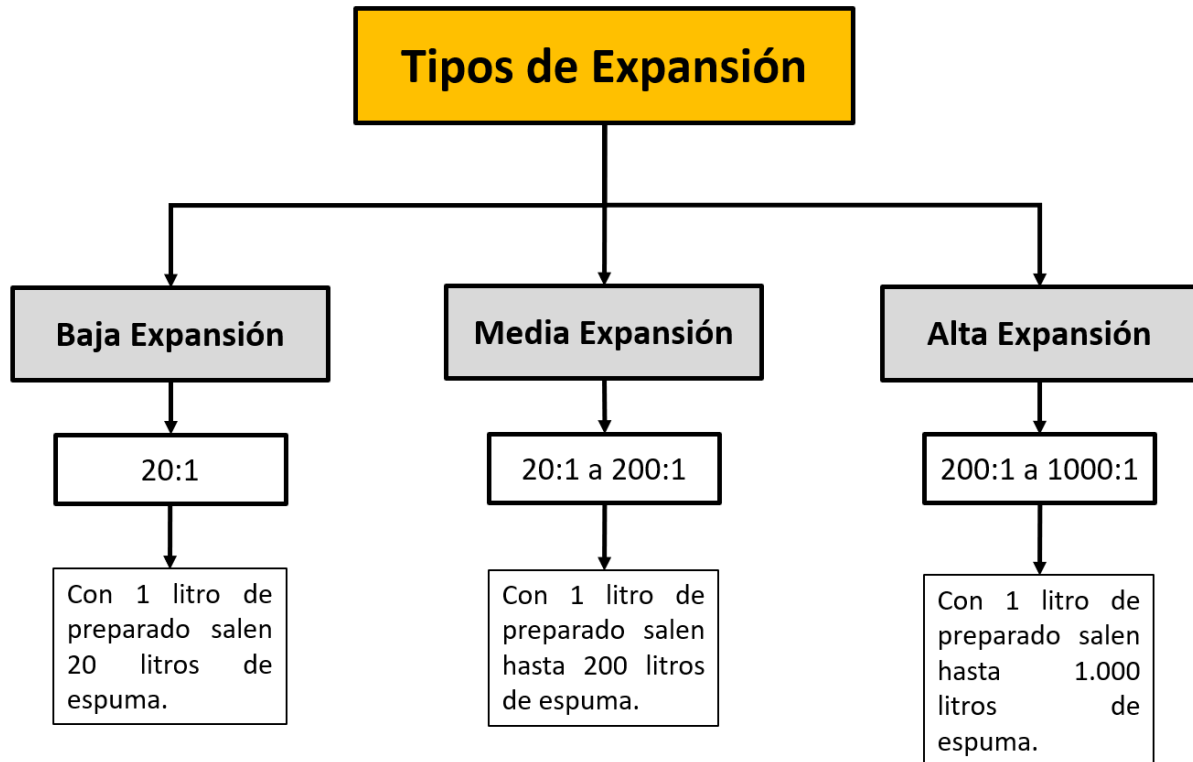


10.2) Clasificación

La norma NFPA 11:2016 (A.3.3.10) las clasifica en tres tipos.

- Espuma de Baja Expansión (20:1)
- Espuma de Media Expansión (desde 20:1 a 200:1)
- Espuma de Alta Expansión (desde 200:1 a 1.000:1)

Los rangos de expansión pueden variar según la normativa del país de que se trata la normativa que se aplica, por ejemplo, hay países donde la espuma de baja expansión es a partir de 30:1.



10.3) Espuma de Baja Expansión (20:1)

Expansión **hasta 20:1**, es decir que con 1 litro de preparado o mezcla se producen 20 litros de espuma.

Estas espumas están diseñadas para líquidos inflamables. Son efectivas en controlar, extinguir y confinar la mayoría de los fuegos clase B. También se las ha utilizado con éxito en fuegos clase A en donde los efectos de enfriamiento de la espuma son de gran importancia.

10.3.1) Usos

Es una espuma fuerte y de una gran cohesión o llamada rígida, que soporta muy bien las inclemencias del exterior y de los incendios de gran intensidad.

La espuma de baja expansión ha demostrado ser las más eficaces para controlar, extinguir y asegurar la combustión de la mayoría de los líquido inflamable (fuegos de clase B).

Es una espuma diseñada para proteger tanques de almacenamiento exterior, riesgos interiores de líquidos inflamables, estanterías de carga, áreas canalizadas y áreas de derrame sin dique o sin canalizar.

Se usan para la protección de procesos y tanques de almacenamiento a la intemperie. También para la protección de riesgos en plantas manufactureras al igual que en grandes patios de tanques, refinerías de petróleo y plantas químicas.

La espuma también se utiliza con éxito en los fuegos de clase A donde es importante el efecto refrescante y penetrante que se logra con la “solución o preparado de la espuma” no con la espuma propiamente dicha, en especial con los espumígenos del tipo AFFF o FFFP.

También se usa para controlar y sellar salidas de vapores de diversos productos combustibles e inflamables e incluso, existen espumas especiales para productos químicos, tales como ácidos, bases y neutros, sobre los cuales es lanzada para controlar sus efectos en derrames.

10.3.2) Restricciones o Limitaciones⁶

Se han reportado casos donde se creyó que la aplicación de espuma a través de chorros sólidos que se precipitaban dentro del líquido inflamable fue la causa de ignición del incendio que sobrevino. Las igniciones se atribuyen a las descargas estáticas resultantes del chapoteo o salpicadura y turbulencia. Por lo tanto, cualquier aplicación de espuma a un líquido inflamable no incendiado debe ser lo más suave posible.

⁶ A.5.1 de NFPA 11:2016.

Los métodos adecuados de aplicación con equipos portátiles podrían incluir un patrón de aspersión o represar, estrellar el chorro de espuma contra un respaldo fijo de manera que la espuma fluya suavemente sobre la superficie del líquido.

10.4) Espuma de Media Expansión (desde 20:1 a 200:1)

Expansión desde **20:1 hasta 200:1**, es decir que con 1 litro de preparado o mezcla se producen hasta 200 litros de espuma.

Estas espumas están básicamente diseñadas para suprimir la vaporización de químicos peligrosos. Empíricamente, se ha comprobado que la expansión óptima para suprimir a químicos reactivos con el agua y líquidos orgánicos de bajo punto de ebullición se encuentran en el rango de expansión 30:1 y 50:1.

10.4.1) Usos

La espuma de medio expansión se puede utilizar para suprimir la vaporización de productos químicos peligrosos o líquidos inflamables no incendiados, es decir, derrames.

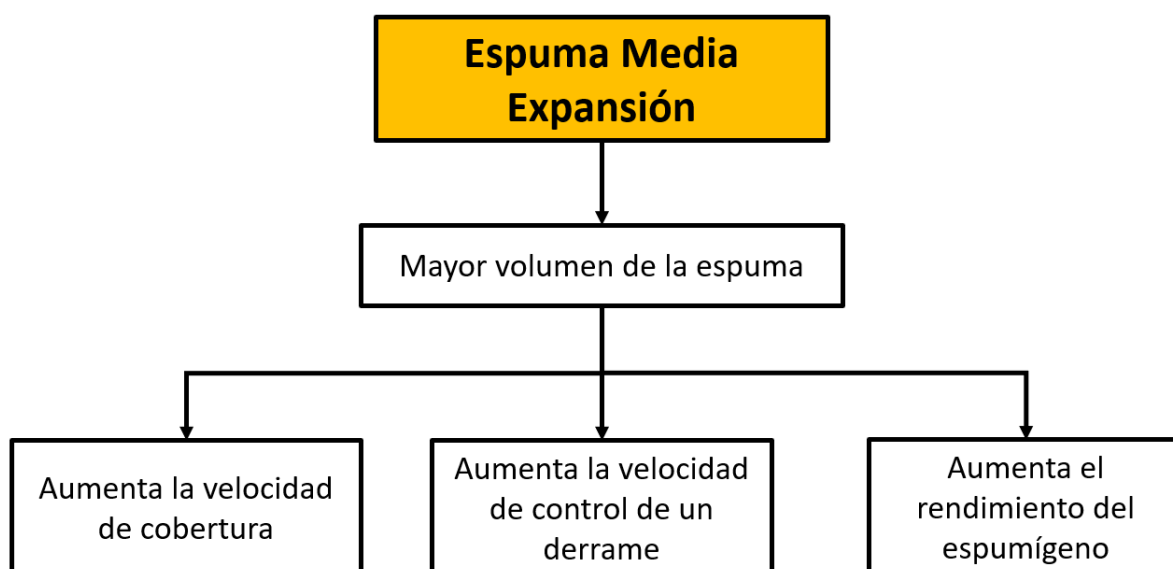
Puede usarse en incendios de combustibles sólidos y líquidos donde sea necesario algún grado de cobertura en profundidad, por ejemplo, para la inundación total de volúmenes pequeños encerrados o parcialmente encerrados tales como celdas para prueba de motores y salas de transformadores.

La espuma de mediana expansión puede proveer cobertura rápida y eficiente de derrames de líquidos inflamables o algunos derrames de líquidos tóxicos donde es esencial la supresión rápida de vapores.

El uso de este tipo de espuma aumenta la velocidad de cobertura por el mayor tamaño de la espuma, y con ello la velocidad de control de un derrame, además, aumenta el rendimiento del concentrado o espumígeno, en relación al uso de una espuma de baja expansión.

Es eficaz tanto en interiores como exteriores.

Con expansiones entre 30:1 y 55:1 se utiliza para producir una capa de espuma óptima para la mitigación de los vapores de productos químicos altamente reactivos del agua.



10.5) Espuma de Alta Expansión (desde 200:1 a 1.000:1)

Expansión desde **200:1 hasta 1.000:1**, es decir que con 1 litro de preparado o mezcla se producen hasta 1.000 litros de espuma.

Las espumas de mediana y alta expansión son burbujas generadas mecánicamente por el pasaje del aire a través de una malla, criba u otro medio poroso que está humedecido con una solución acuosa de agentes espumantes activos.

10.5.1) Usos

La espuma de alta expansión es un agente de control y de extinción de incendios de clase A y B, y es especialmente adecuada para uso como agente de inundación en grandes espacios cerrados o grandes volúmenes.

Se usa en espacios tales como sótanos, minas, hangares, bodegas de buques, bibliotecas, etc., y también puede usarse para extinguir incendios en recintos como sótanos y pasajes subterráneos donde podría ser peligroso enviar personal.

Es particularmente adecuada para incendios interiores en espacios confinados. Su uso en exteriores puede ser limitado debido a los efectos del viento y falta de contención.

La espuma de alta expansión constituye un agente único para transportar agua a lugares inaccesibles; para inundación total de espacios encerrados; y para el desplazamiento volumétrico de vapor, calor y humo.

La espuma de alta expansión puede usarse también en incendios de combustibles sólidos y líquidos, pero la cobertura en profundidad que proporciona es mayor que para la espuma de mediana expansión. Por lo tanto, es más apropiada para llenar volúmenes en los cuales hay incendios a varios niveles. Por ejemplo, los experimentos han demostrado que puede usarse eficazmente la espuma de alta expansión contra incendios de depósitos de estanterías altas, siempre y cuando la aplicación de espuma se inicie temprano y la profundidad de la espuma se aumente rápidamente.

Se puede usar para controlar incendios de gases naturales licuados (GNLs) y gases licuados de petróleo (GLPs) y para proporcionar control de dispersión de vapor para derrames de GNLs y amoníaco.

10.5.2) Restricciones o Limitaciones

Su empleo al exterior puede verse limitado por los efectos climáticos y especialmente del viento, y a la falta de contención. Es una espuma frágil y sensible a los efectos de la intemperie.

Por su ligera composición, no debe usarse en fuegos clase B de líquidos inflamables, pues se contamina rápidamente, además de abrirse con facilidad, produciendo la reignición.

Los productos de la combustión y de la pirólisis pueden reducir el volumen de espuma producido. La alta temperatura del aire rompe la espuma mientras se genera. También aparece la rotura física de la espuma aparentemente causada por el vapor y las partículas sólidas del proceso de combustión. Estos factores, que causan la rotura de las burbujas de la espuma, pueden compensarse generándola a velocidades mayores.

No se debe intentar la entrada a pasajes rellenos de espuma sin aparatos respiratorios de aire. La masa de espuma también reduce la visión y el oído, debiéndose utilizarse cuerdas de seguridad por el personal que deba entrar en la zona repleta de espuma.

10.6) Efectos de la Espuma de Mediana y Alta Expansión sobre los Incendios⁷

La espuma de mediana y alta expansión extingue los incendios al reducir la concentración de oxígeno en el lugar del incendio, por enfriamiento, deteniendo la convección y radiación, excluyendo aire adicional y retrasando la liberación de vapor inflamable.

Las espumas de alta y media expansión causan en el fuego los siguientes efectos:

- a) Cuando se generan en volumen suficiente, la espuma de mediana y alta expansión puede impedir el movimiento libre del aire, que es necesario para la continuidad de la combustión.
- b) Al forzarse dentro del calor de un incendio, el agua en la espuma se convierte en vapor, reduciendo así la concentración de oxígeno por dilución del aire.
- c) La conversión del agua a vapor absorbe el calor del combustible incendiado. Cualquier objeto caliente expuesto a la espuma continuará el proceso de disolución de la espuma, conversión del agua en vapor, y enfriamiento.

⁷ C.1. de NFPA 11:2016.

- d) Debido a su tensión superficial relativamente baja, la solución de la espuma que no se convierte en vapor tenderá a penetrar los materiales de clase A. Sin embargo, los incendios arraigados profundamente podrían requerir para su extinción el desmantelamiento de los materiales incendiados.
- e) Cuando se acumulan en profundidad, la espuma de mediana y alta expansión puede suministrar una barrera de aislamiento para proteger los materiales y estructuras expuestas no involucradas en el incendio y puede así evitar la propagación del incendio.
- f) Para incendios de GNL, la espuma de alta expansión normalmente no extingue, pero reduce la intensidad del fuego al bloquear la retroalimentación de radiación al combustible.
- g) Los incendios de clase A se controlan cuando la espuma cubre totalmente el fuego y el material incendiado. Si la espuma está suficientemente húmeda y se mantiene por un tiempo suficiente, el incendio puede extinguirse.
- h) Los incendios clase B de líquidos con punto de inflamación alto pueden extinguirse cuando la superficie se ha enfriado por debajo del punto de inflamación.
- i) Los incendios clase B de líquidos con punto de inflamación bajo se pueden extinguir cuando una capa de espuma de suficiente profundidad se establece sobre la superficie del líquido.
- j) Los incendios de gases refrigerados o criogénicos licuados pueden controlarse en forma segura, y las concentraciones de vapor a favor del viento de los derrames no incendiados se pueden reducir con la aplicación de espuma de alta expansión cuando la densidad del vapor a temperatura ambiente y la presión es menor que la del aire.
- k) No se debería aplicar espuma de alta expansión a incendios de gas refrigerado de petróleo licuado (GLP) a menos que se consideren cuidadosamente las situaciones peligrosas que posiblemente puedan resultar. La extinción puede ocurrir con el desarrollo de vapores más pesados que el aire debajo de la capa

de espuma. Los vapores se acumularán o escurrirán por debajo de la capa de espuma hacia áreas bajas con peligro de formación de nubes de vapor o de reignición, o ambas.

10.7) Limitaciones de las Espumas de Mediana y Alta Expansión

Los sistemas de espuma de mediana y alta expansión no se deben usar en incendios de los siguientes riesgos excepto cuando la evaluación de los componentes, incluyendo pruebas indican aceptabilidad:

- Productos químicos como nitrato de celulosa, que liberan suficiente oxígeno u otros agentes oxidantes para sustentar la combustión.
- Equipos eléctricos energizados no encerrados.
- Metales reactivos al agua, como el sodio, potasio, NaK (aleaciones de sodio y potasio).
- Materiales peligrosos reactivos al agua como el triethyl-aluminio y pentóxido de fósforo.
- Gas inflamable licuado.

10.8) Seguridad Personal con las Espumas de Mediana y Alta Expansión⁸

La descarga de grandes cantidades de espuma de media o alta expansión pueden inundar al personal, obstruyendo la visión, haciendo difícil oír, dificultando la respiración y causando desorientación espacial.

La espuma es opaca, imposibilitando ver cuando se está sumergido en ella. Es peligroso entrar a un edificio donde ha ocurrido un incendio si no se puede ver.

Con respecto a la seguridad personal, los sistemas de espuma de mediana y alta expansión deben usarse con los siguientes criterios:

⁸ 6.6 de NFPA 11:2016.

- En lo posible, la localización de los puntos de descarga de espuma con relación a las salidas del edificio se deben disponer para facilitar la evacuación del personal.
- Podría necesitarse salidas adicionales y otras medidas para asegurar la evacuación segura del personal.
- Para volver a ingresar a un edificio lleno de espuma, se permite usar una aspersión gruesa de agua para abrir camino en la espuma. El personal no debe entrar en la espuma.
- No se debe usar máscara de gas tipo cartucho en la espuma. Los productos químicos del cartucho puede reaccionar con el agua de la espuma y causar asfixia.
- Si el reingreso de emergencia es esencial, se debe usar aparatos de respiración autónoma en conjunción con la cuerda de vida.
- Los aparatos eléctricos no encerrados se deben desconectar de la fuente de energía cuando se activa el sistema a menos que se considere innecesario a través de una evaluación competente.

10.9) La Espuma como Agente Humectante

Si bien las AFFF han sido concebidas para combatir fuegos clases B, las mismas son excelentes agentes humectantes para fuegos clase A.

Por definición un agente humectante es un compuesto químico que al añadirse al agua, reduce su tensión superficial e incrementa sus capacidades de penetración y de escurrimiento.

La espuma de alta expansión puede usarse también en incendios de combustibles sólidos, pero la cobertura en profundidad que proporciona es mayor que para la espuma de mediana expansión. Por lo tanto, es más apropiada para llenar volúmenes en los cuales hay incendios a varios niveles. Por ejemplo, los experimentos han demostrado que puede usarse eficazmente contra incendios de

depósitos de estanterías altas, siempre y cuando la aplicación de espuma se inicie temprano y la profundidad de la espuma se aumente rápidamente.

Son usadas también para fuegos clase A, pues sofoca el fuego produciendo muy poco daño por efecto del agua a las instalaciones que se aplica o aquellos lugares donde hay equipos delicados.

10.10) La Espuma de Alta Expansión y el GNL⁹

Se ha demostrado que la espuma de alta expansión es efectiva para controlar incendios de prueba de derrames de gas natural licuado (GNL) y para reducir la concentración de vapores corrientes debajo de incendios de prueba no encendidos de derrames de GNL en área encerradas hasta 111 m².

10.10.1) Conceptos de Aplicación para Control de Incendios

Las pruebas patrocinadas por la American Gas Association (AGA) demuestran que la cantidad de radiación de un derrame de GNL incendiado puede reducirse hasta un 95% con algunas espumas de alta expansión.

Esta reducción se debe en parte a la barrera de espuma que reduce la vaporización al bloquear la retroalimentación de calor de las llamas al GNL.

Las espumas con una relación de expansión baja contienen una gran cantidad de agua a temperatura ambiente que tiende a aumentar la velocidad de vaporización cuando escurren dentro del GNL.

En las pruebas de la AGA se estableció el control con relaciones de expansión mayores a 250:1 aunque la relación de expansión de 500:1 demostró ser más efectiva.

Diferentes marcas de espuma muestran variaciones considerable en su capacidad de controlar incendios de GNL. Una espuma que escurra rápidamente aumentará

⁹ A.6.14 de NFPA 11:216.

la velocidad de vaporización del GNL y exagerará la intensidad del incendio. La espuma más seca que queda es menor resistente a los efectos térmicos y se descompone más rápidamente. Otros factores como el tamaño de la burbuja, fluidez y velocidad de quema lineal pueden afectar el control del incendio. Por lo tanto, deberían revisarse los resultados de pruebas en incendios de GNL antes de escoger una espuma para control de incendios de GNL.

10.10.2) Control de Riesgo de Vapor a Favor del Viento

Recién producidos por el derrame, los vapores no incendiados de GNL son más pesados que el aire. A medida que estos vapores reciben el calor del sol o por contacto con el aire, eventualmente se hacen boyantes y se dispersan hacia arriba. Antes de que ocurra esta dispersión hacia arriba, sin embargo, se puede formar una alta concentración de vapor a favor del viento de un derrame no incendiado en o cerca del nivel del suelo.

La espuma de alta expansión puede usarse para reducir esta concentración de vapor agregando a los vapores de GNL calor del agua en la espuma a medida que pasan a través de la capa de espuma. Debido a la flotabilidad inducida, la aplicación de espuma de alta expansión puede reducir las concentraciones de gas a favor del viento al nivel del suelo. Se ha encontrado que las expansiones en el campo de 750:1 hasta 1.000:1 proporcionan el control de dispersión más efectivo, pero las expansiones más altas pueden afectarse adversamente por el viento.

Sin embargo, lo mismo que con el control de incendios, la capacidad de controlar la dispersión del vapor varía con diferentes espumas y debería demostrarse por medio de pruebas.

11) DISPOSITIVOS DOSIFICADORES DE ESPUMÍGENOS¹⁰

La dosificación, es el proceso de mezclar componentes en cantidades predeterminadas, para obtener un producto único.

En este caso los elementos a mezclar de forma dosificada, son el espumígeno con el agua para obtener así el preparado.

En un incendio los caudales de agua son muchas veces variables, especialmente en el combate manual, para poder lograr una buena espuma es de suma importancia conseguir que la dosificación del espumígeno sea proporcional al caudal de agua, y con esto mantener el porcentaje de dosificación constante durante todo el tiempo que sea necesario.

Los equipos de dosificación, los equipos de descarga y el caudal de agua que por ellos circula deben poder ajustarse mutuamente, cualquiera que sea la presión del agua que por ellos circula. Si la dosificación es baja, resultará espuma floja e inestable; si la dosificación es demasiado alta, la espuma será rígida y se desperdiciará concentrado, con la consiguiente pérdida de eficacia y de tiempo de trabajo.

Para que se pueda tomar una cantidad determinada de concentrado espumante líquido e introducirlo en la corriente de agua para formar una solución de concentración fija, existen métodos que pueden clasificarse en tres grupos generales:

- Solución premezclada.
- Tanque de Membrana o Vejiga.
- Método Venturi.
- Métodos que se valen de bombas para inyectar el concentrado en la corriente de agua. Este tipo de sistemas escapa al nivel pretendido por este

¹⁰ Punto desarrollado sobre la base del “Manual de Instalaciones Contra Incendio”. Edición Enero 2019. DEMSA

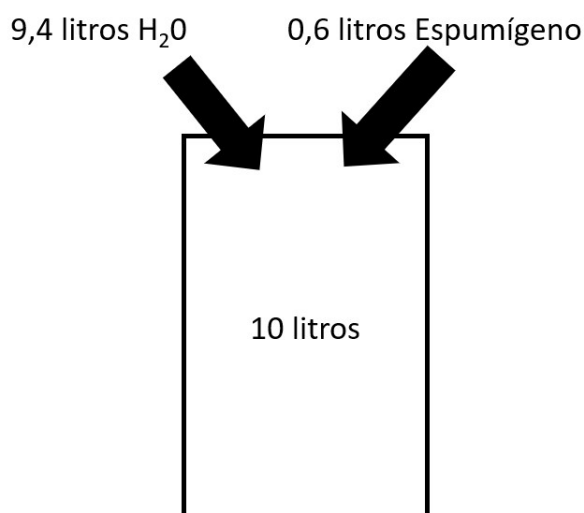
material de lectura y estudio. Se recomienda la lectura del “Manual de Instalaciones Contra Incendio” Edición Enero 2019 de DEMSA y la norma NFPA 11.

11.1) Solución Premezclada

Es el método más simple de dosificación. Se trata de mezclar en proporciones exactas, dentro de un contenedor, las cantidades de concentrado y de agua. Es decir, si se dispone de un extintor de 10 litros de volumen donde se va a formar un preparado con espumígeno al 3%, se debe mezclar 0,3 litros de espumígeno y 9,7 litros de agua.

El contenedor es en general un recinto presurizado, que utiliza un gas inerte como propulsor, este es el caso de los extintores portátiles a base de espumas.

La premezcla también puede ser utilizada en tanques a presión atmosférica y utilizar una bomba para llevar la solución a través de la línea y hacia el elemento de descarga (lanza, monitor, etc.).



Ventajas

- Facilidad de mezcla.
- Independencia de las cañerías de agua, es decir, el equipo no requiere de un sistema de abastecimiento de agua para ser usado en un incendio.
- Exactitud de la mezcla.
- No requiere instalaciones extras para su uso, como por ejemplo el extintor portátil.
- Alta movilidad.

Desventajas

- El tanque de almacenaje debe contener el agua y el concentrado, en consecuencia su tamaño es de importancia y se transforma en un limitante.
- Limitada cantidad de preparado y por consiguiente la disponibilidad de espuma.
- No todos los concentrados de espumas pueden ser premezclado.
- Se desconoce la vida útil de las soluciones premezcladas.

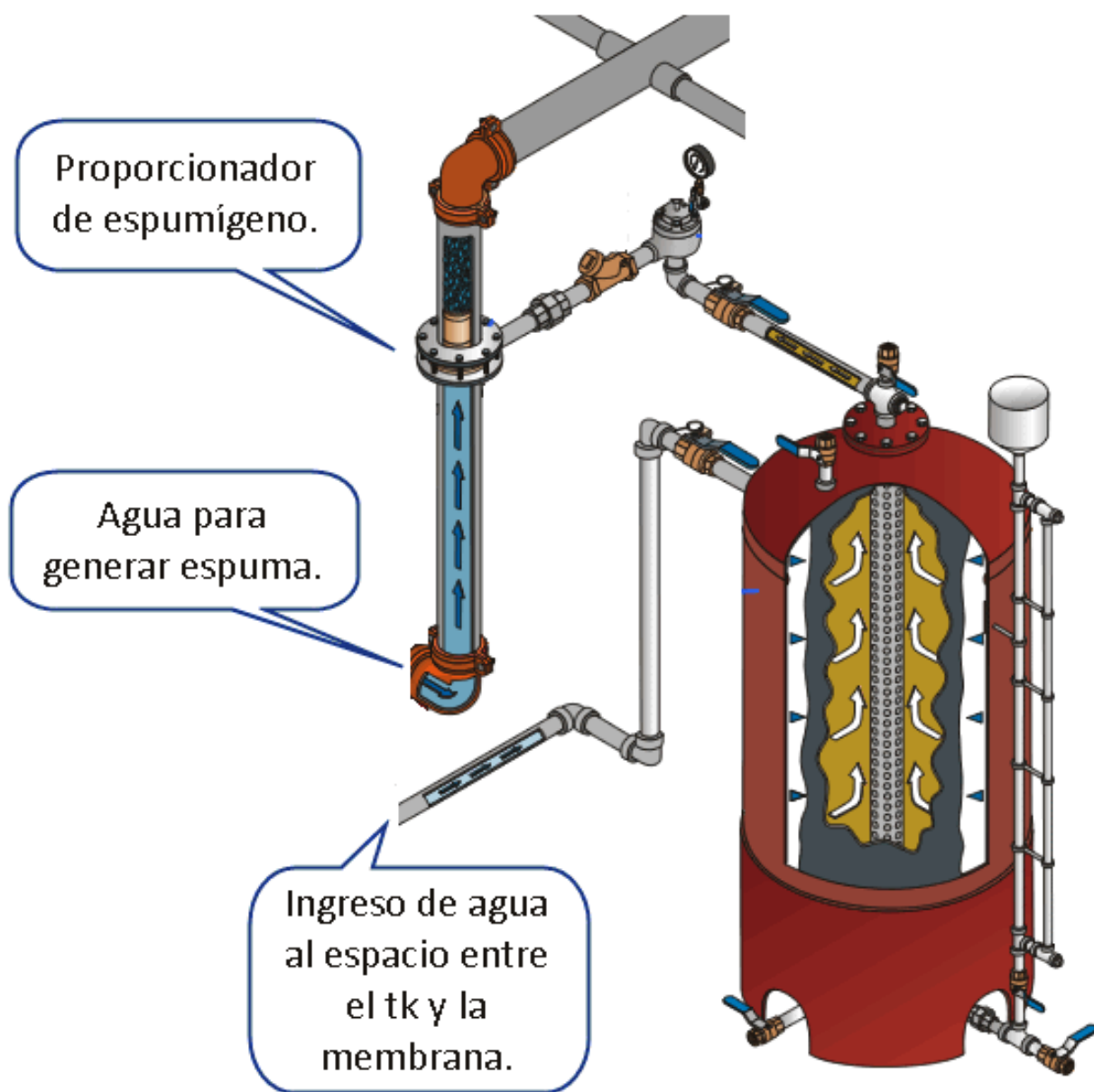
11.2) Tanque Dosificador Tipo Vejiga o Membrana

El tanque tipo vejiga, es un sistema de dosificación de presión balanceada, que para su operación, sólo requiere una provisión de agua adecuada.

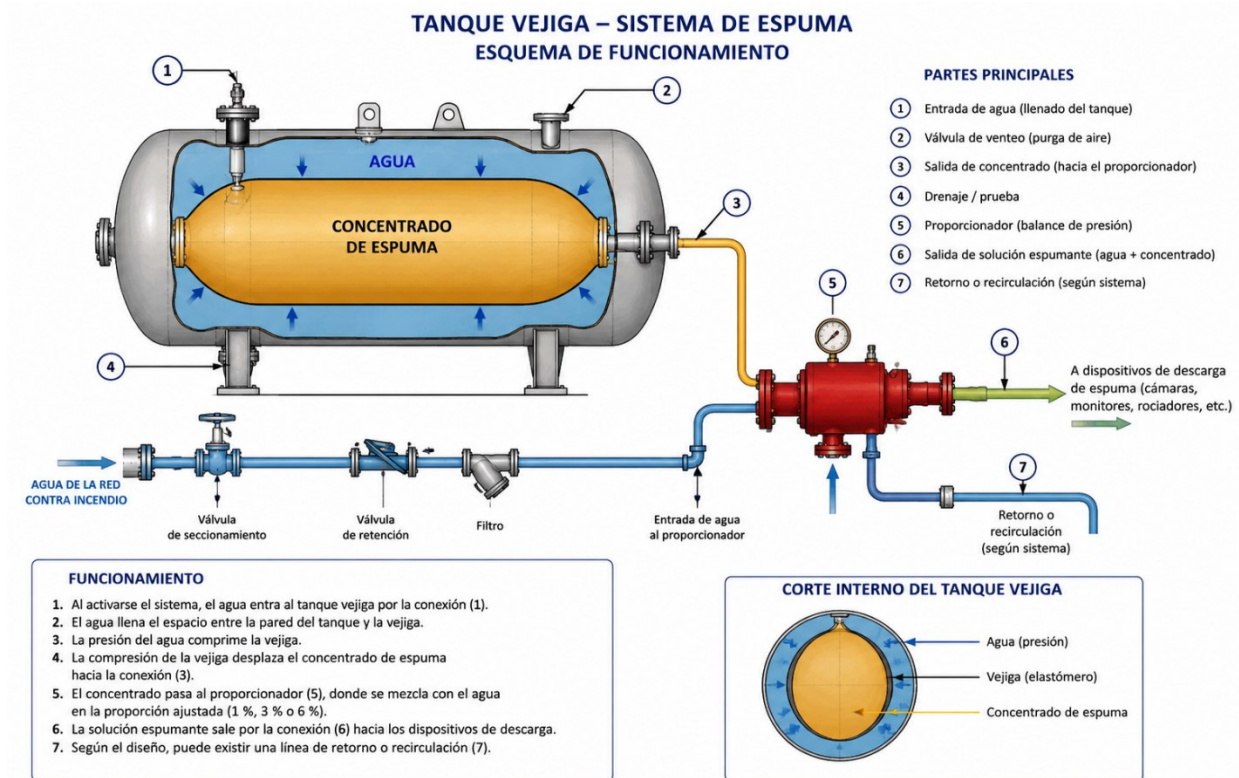
El tanque de almacenamiento del concentrado, es un recinto de acero presurizado, que en su interior tiene una vejiga que permite que el concentrado esté físicamente separado de la provisión de agua.

Durante la operación, parte del agua de la red de incendios que va al mecanismo de dosificación, es desviada hacia el tanque para presurizarlo. Al aumentar la presión dentro del tanque, se comprime la vejiga, y esto hace fluir el concentrado

hacia la cámara de mezcla a una presión aproximadamente igual que la de alimentación del agua. Allí, la dosificación se realiza a través de un dispositivo similar a un Venturi.



Tanque de Membrana o Vejiga



Ventajas

- Este sistema de dosificación no requiere manipulación ni automatización. Opera bajo un simple principio físico. No requiere mucho más que una provisión de agua para operar.
- No se ve afectado por variaciones de presión.
- Bajo mantenimiento.
- El sistema de vejiga puede ser aislado permitiendo que fluya solamente agua.

Desventajas

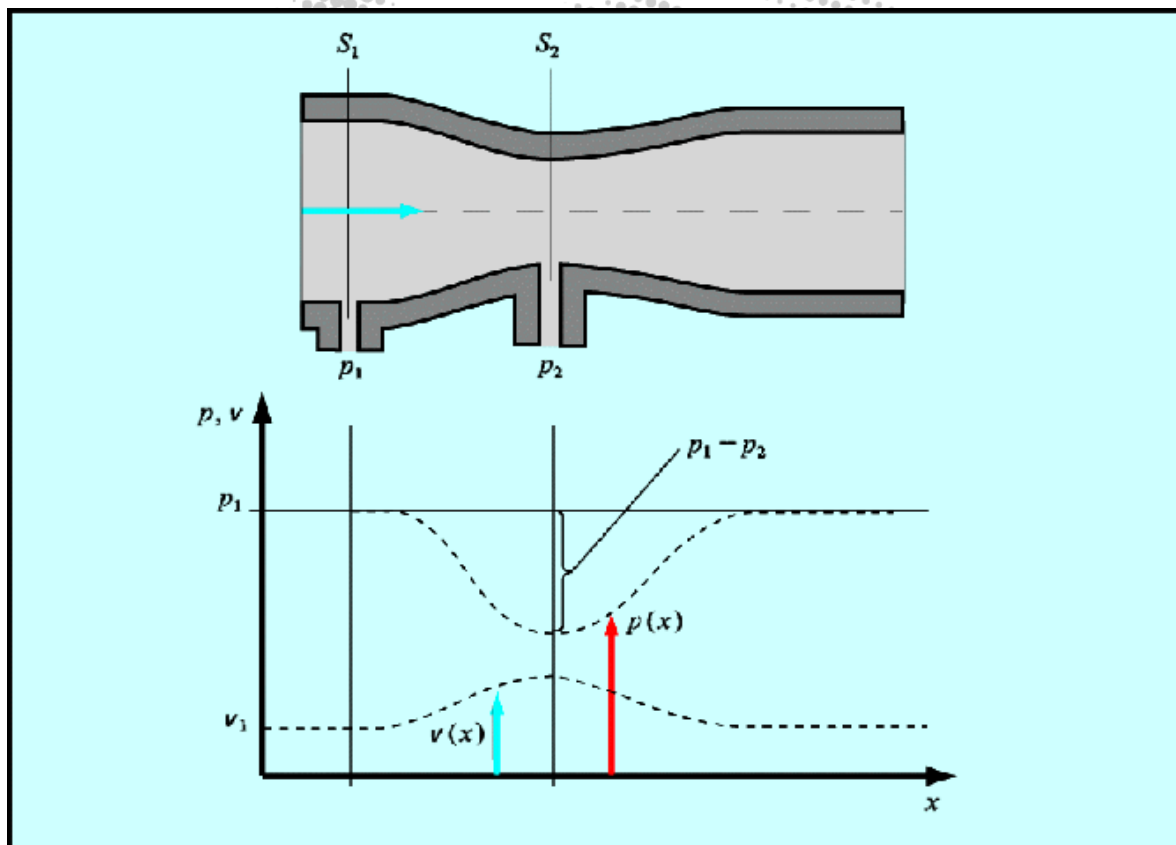
- Dado que el sistema está presurizado, no se puede recargar la vejiga con concentrado durante la operación.

- La capacidad de provisión de concentrado, está limitada al volumen de la vejiga.
- Se requiere tiempo y cuidado al recargar la vejiga. Se debe drenar todo el contenido y prestar atención al llenado.

11.3) Método Venturi

Es quizás el método más usado por la simpleza del funcionamiento. Los dosificadores del tipo Venturi introducen el espumígeno dentro del flujo constante de agua en una proporción predeterminada. El dispositivo es de un funcionamiento sencillo basado en el principio hidráulico de Venturi.

La reducción del área de S_1 (A_1) a S_2 (A_2), produce un incremento en la velocidad del agua en el punto 2, y por consiguiente una disminución en la presión, este efecto hace que el espumígeno sea succionado por la corriente de agua, e introducida en ésta.



Las variaciones de presión de la línea de agua, influyen directamente en el flujo del concentrado, asegurando la correcta dosificación de la mezcla.

Debido a que la producción de la mezcla viene determinada por la relación de presión entre la entrada y salida del Venturi, el rango operativo se encuentra limitado. En consecuencia cada modelo de dosificador de línea, tendrá su propio rango de presión de trabajo y para mantenerlo el suministro de entrada de agua deberá conservarse a determinadas presiones.

Una presión de alimentación de agua, mayor a la operativa, resultará en una mezcla pobre de concentrado con agua. Contrariamente con una presión menor a la sugerida se obtendrá una mezcla rica.

Adicionalmente, este tipo de sistemas dosificadores, son sensibles a la denominada presión de fondo. Se entiende por presión de fondo a la presión necesaria a la salida del dosificador para descargar el total de la solución de espuma.

Esto incluye la presión requerida en la entrada de los dispositivos de descarga (lanzas, monitores, etc.), las pérdidas por rozamiento en la línea y la elevación de descarga. Es por ello que la máxima presión de fondo admisible a la salida del dosificador es del orden del 65% que la presión de entrada de agua.

Si la presión de fondo excediese dicho valor, el dosificador podría no incorporar el concentrado de una forma adecuada, resultando una mezcla pobre de solución de espuma.

Los dosificadores de línea del tipo Venturi pueden ser utilizados en equipos portátiles o bien en instalaciones fijas.

Ventajas

- Método de dosificación económico y confiable, dado que no tiene partes móviles, requiriendo un mantenimiento mínimo.

- Su capacidad de operación, abarca presiones de agua, que van desde los 5 hasta 14 bares, siendo la presión óptima de operación alrededor de los 9 bares.
- El concentrado de espuma puede ser reabastecido durante la operación.

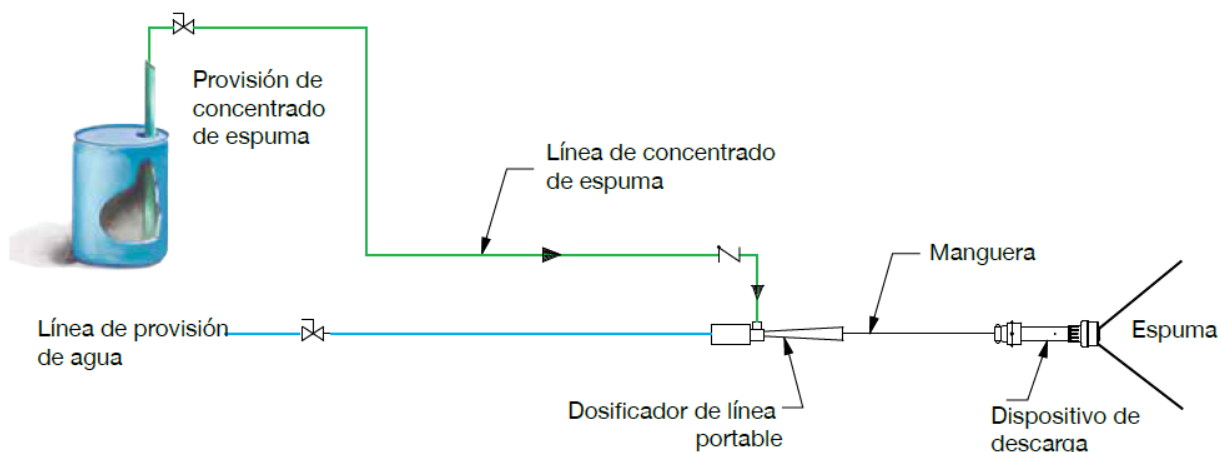
Desventajas

- Se requiere alta presión de agua.
- Son sensibles a las presiones de fondo.
- No son indicados para trabajar en sistemas de aplicación que requieran presiones variables.
- No son indicados en instalaciones con sistemas de rociadores o con orificios de descarga pequeño, dado que un eventual taponamiento del mismo, resultaría en un aumento de presión que podría desequilibrar el sistema de dosificación del concentrado.

11.3.1) Dosificador en Línea

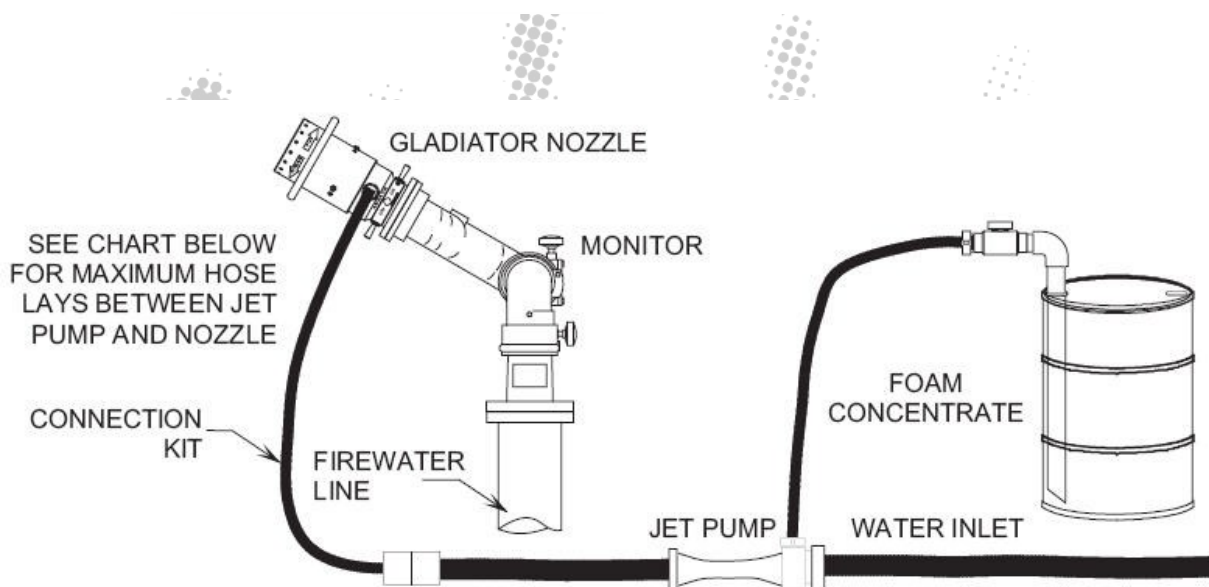
El proporcionador o dosificador de espumígeno está instalado alejado del sistema de descarga.

El dosificador puede colocarse en un punto de la línea de manguera que conduzca al aparato generador de espuma. También puede instalarse un equipo de este tipo en el depósito del concentrado espumante en los sistemas fijos.

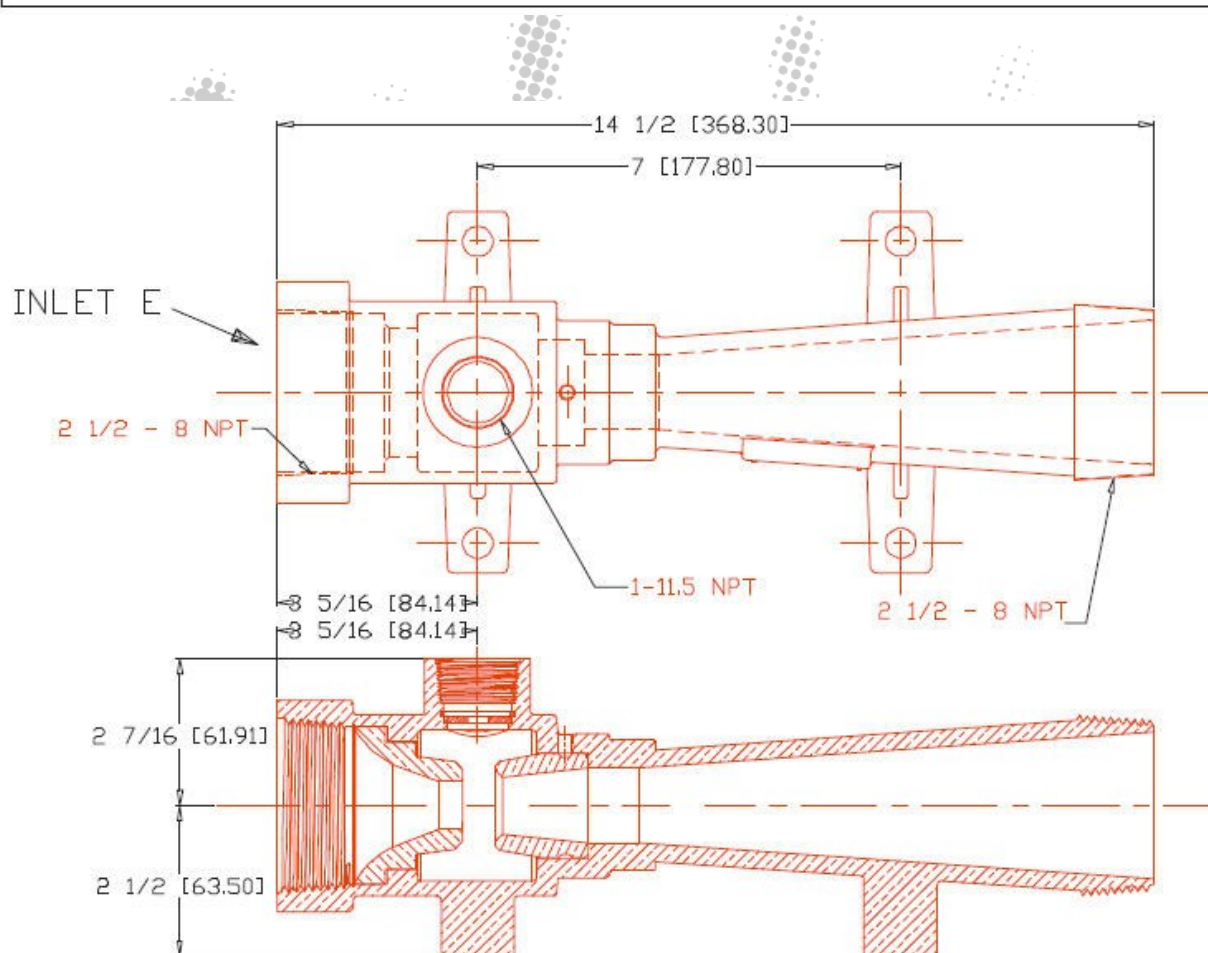


Referencias:

-  Válvula globo
-  Válvula de chequeo



Typical Installation for Jet Pump



11.3.2) Dosificador en Lanza

También llamado sistema de “tobera de aspiración o tobera de arrastre”. En este caso, el dosificador esta junto al extremo de la lanza.

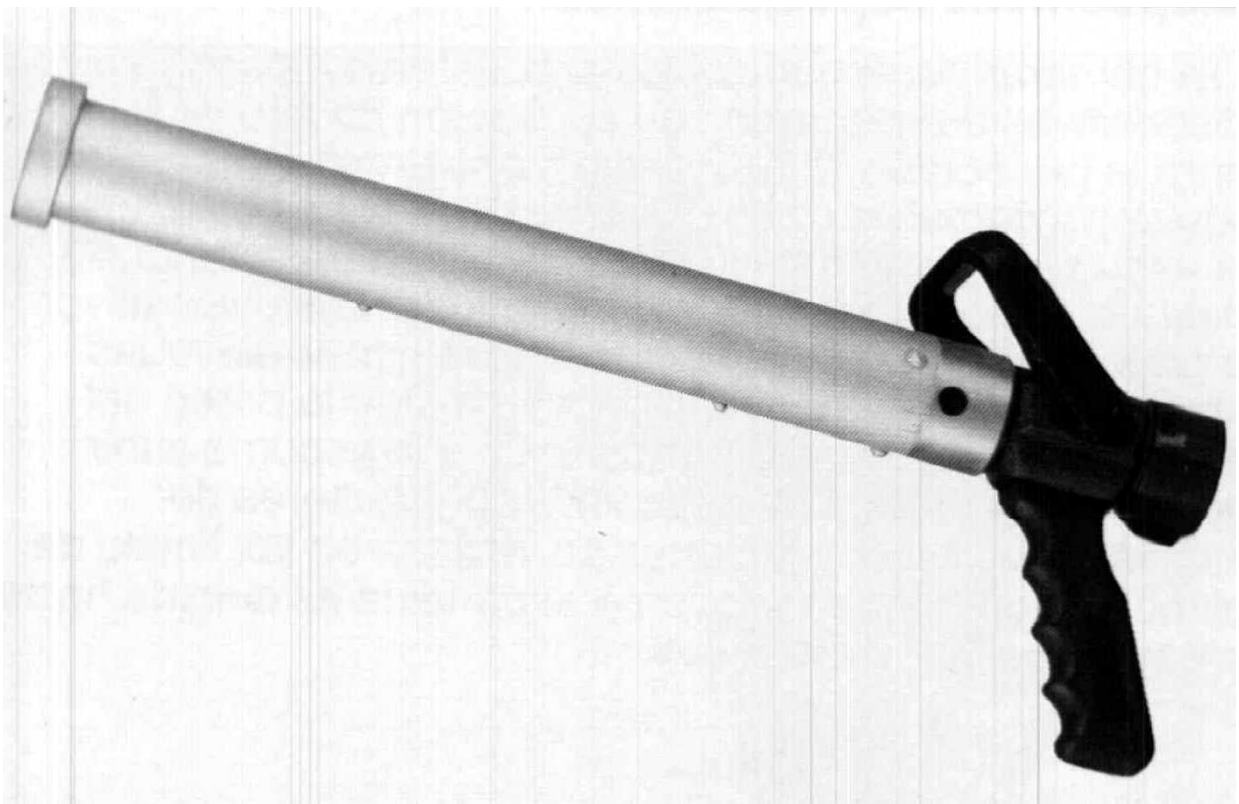


Ventajas

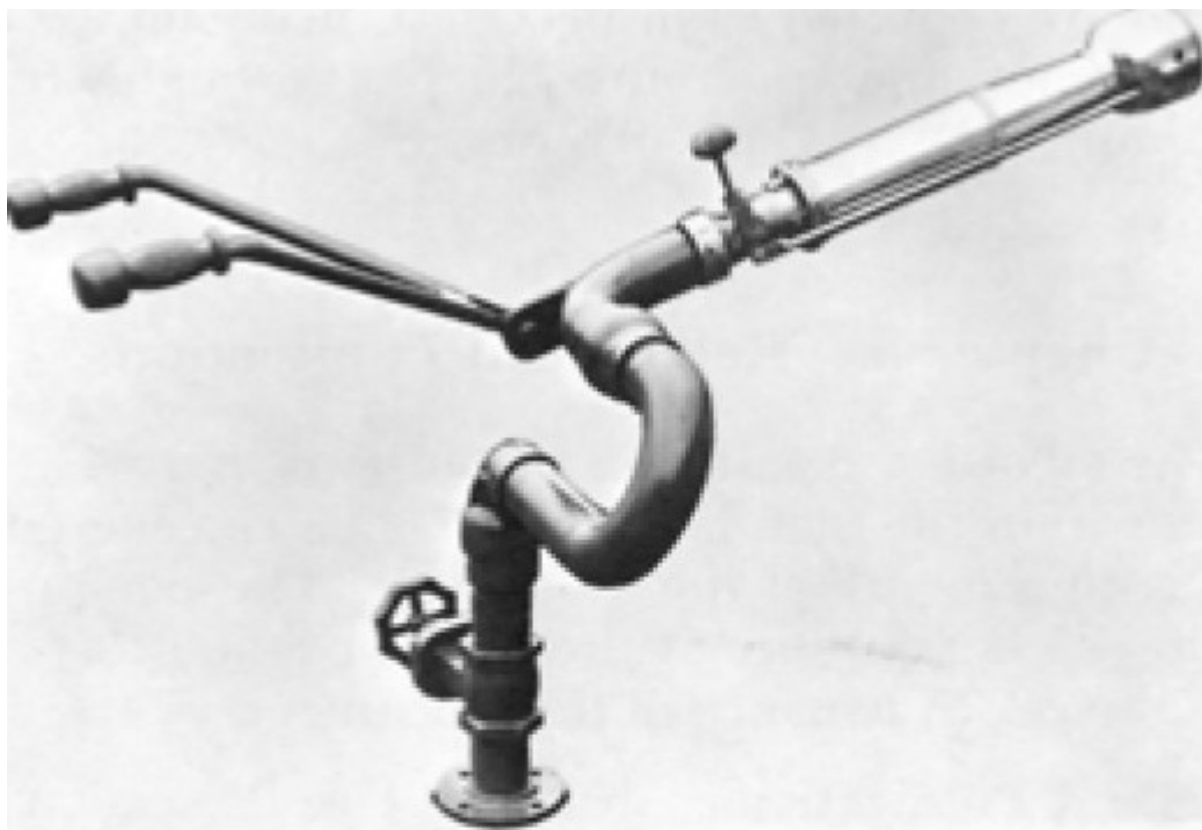
- Sistemas económicos
- Operación simple
- Puede utilizarse con distintos tipos de concentrados
- Pueden estar presentes como instalaciones móviles o fijas

Desventajas

- Usualmente requieren una alta presión para su funcionamiento.
- Limita el movimiento del operador en dispositivos móviles dado que el concentrado debe suministrarse en la tobera.

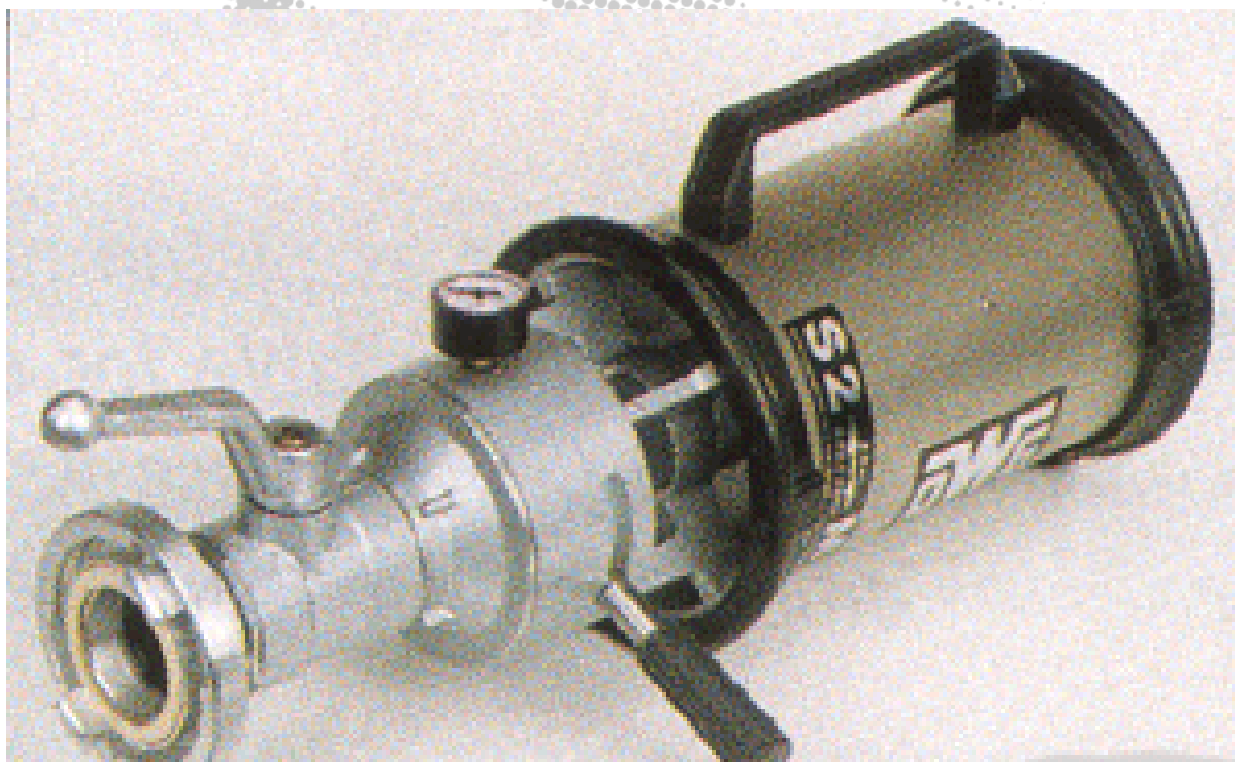
12) DISPOSITIVOS DE DESCARGA DE ESPUMA BAJA EXPANSIÓN

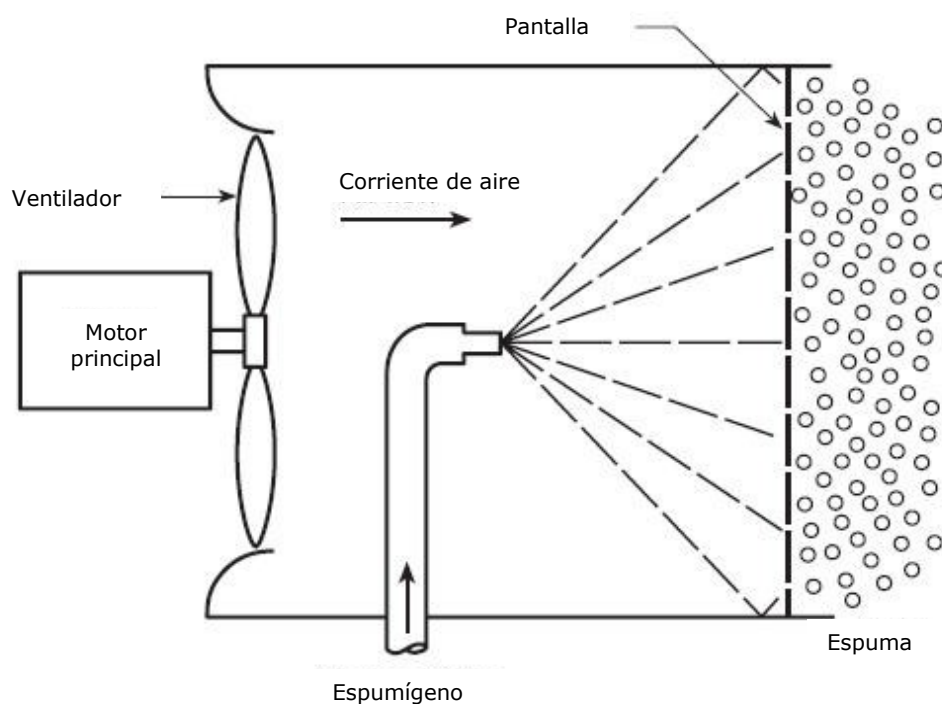
Lanza de Mano



Monitor Fijo

13) DISPOSITIVOS DE DESCARGA DE ESPUMA MEDIA EXPANSIÓN



14) DISPOSITIVOS DE DESCARGA DE ESPUMA ALTA EXPANSIÓN



15) TIPOS DE ESPUMÍGENOS O CONCENTRADOS

15.1) Clasificación de Combustibles Líquidos

Para entender mejor los tipos de espumas desde su composición química, es importante hacer la división de líquidos inflamables y combustibles entre hidrocarburos y solventes polares.

Hidrocarburos

La mayoría de los hidrocarburos son subproductos del petróleo crudo o se extraen de fibras vegetales. Los combustibles líquidos tienen una densidad inferior a la del agua cuyo valor es de 1,0 g/ml y por lo tanto flotan sobre el esta y, además, no son miscibles en agua. Ejemplos de estos son:

- Gasolina
- Diesel
- Heptano
- Keroseno
- Nafta

Solvente Polar

Los combustibles polares son sustancias que se disuelven en el agua en diferentes grados. Los combustibles polares son destructivos para las espumas que se utilizan con los hidrocarburos, dado que al disolverse en agua, destruyen el manto de espuma. Algunos ejemplos de combustibles de polares incluyen:

- Cetonas
- Esteres
- Alcoholes incluyendo el etanol
- Acetona

15.2) Tipos de Espumígenos

Según la base química con que se fabrican los concentrados o espumígenos, éstos se dividen en dos grandes grupos dependiendo a qué tipo de combustible van destinados: hidrocarburos o solventes polares, y en función de su composición base: proteínicos o sintéticos.

Las proteicas son concentrados que consisten principalmente de productos de una proteína hidrolizada, más aditivos estabilizadores e inhibidores. Las del tipo sintéticas son concentrados a base de agentes espumantes diferentes a las proteínas hidrolizadas y que incluye concentrados de espuma de formación de película acuosa (AFFF) y concentrados de espuma de mediana y alta expansión.

Los tipos de espumígenos son los siguientes:

- **Proteína o proteínica (P)**

Concentrado que consiste principalmente de productos de una proteína hidrolizada, más aditivos estabilizadores e inhibidores para protegerla contra la congelación, para evitar corrosión del equipo y recipientes, resistir la descomposición bacterial, controlar la viscosidad, y además, asegurar la disponibilidad para uso en emergencias.

- **Fluoroproteína o fluoroproteínica (FP)**

Concentrado muy similar al concentrado de espuma proteica, pero con un aditivo surfactantes sintéticos fluorados.

- **Espuma formadora de película acuosa (AFFF)**

Concentrado a base de surfactantes fluorados más estabilizadores de espuma para producir una película acuosa fluida para suprimir los vapores de hidrocarburos combustibles y usualmente diluido con agua para formar una solución al 1%, 3% o al 6%.

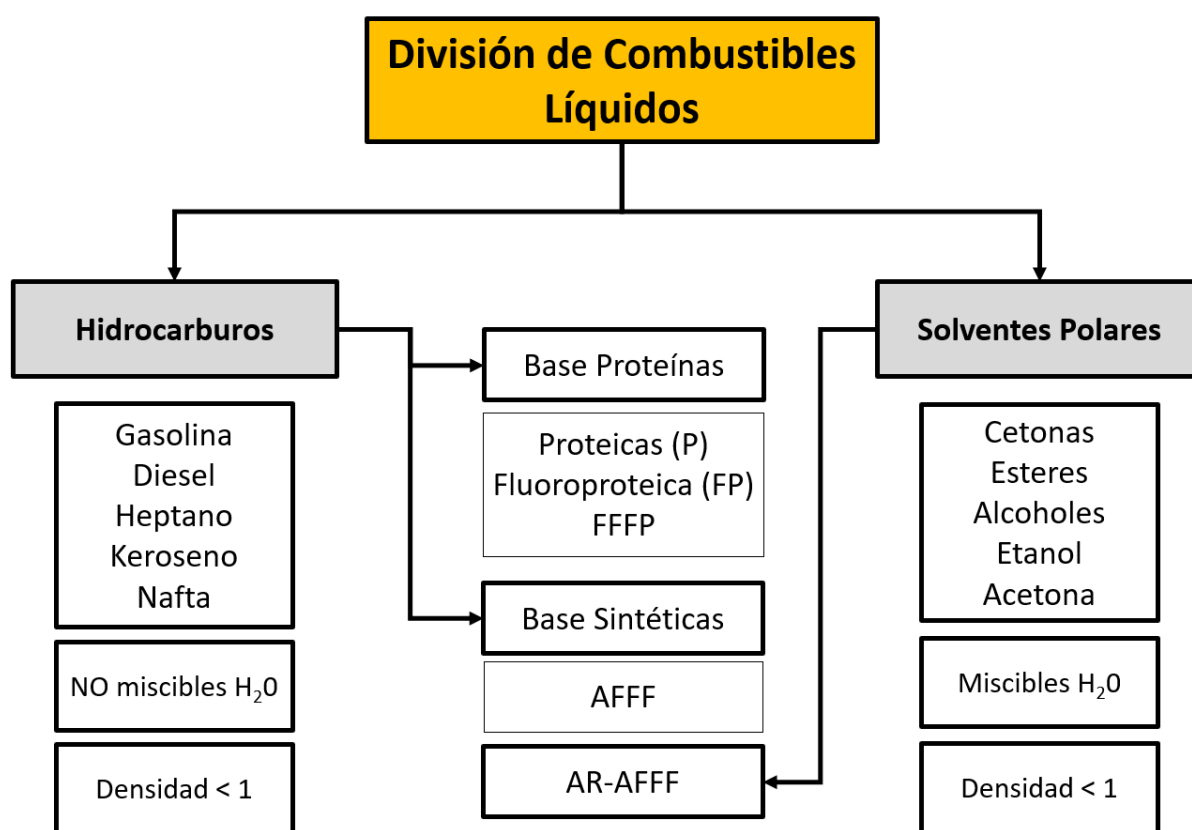
- **Fluoroproteína formadora de película (FFFP)**

Concentrado de espuma de proteína que usa surfactantes fluorados para producir una película fluida acuosa para suprimir los vapores de combustibles hidrocarbonados.

- **Resistentes a alcohol (AR o AR-AFFF)**

Concentrado que se usa para combatir incendios sobre materiales solubles al agua y otros combustibles que se pueden destruir por espumas AFFF o PFFF, lo mismo que incendios que involucren hidrocarburos.

Propiedad	Proteína	Fluoroproteína	AFFF	FFFP	AR-AFFF
Abatimiento	Pobre	Buena	Excelente	Buena	Excelente
Resistencia al Calor	Excelente	Excelente	Pobre	Buena	Buena
Tolerancia al Combustible	Pobre	Excelente	Moderada	Buena	Buena
Supresión de Vapores	Excelente	Excelente	Buena	Buena	Buena
Resistencia al Alcohol	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Excelente



15.2.1) Proteínicos (P)

Estos concentrados contienen polímeros proteínicos naturales de alto peso molecular derivados de la transformación e hidrólisis de proteínas sólidas

naturales; se fabrican a partir de desechos orgánicos, tales como huesos, pezuñas, plumas, etc.

A estos concentrados también se le agregan aditivos tales como sales metálicas disueltas y disolventes orgánicos, que refuerzan la capacidad de los polímeros proteínicos para formar burbujas cuando la espuma está expuesta al calor y las llamas, para mejorar la capacidad de espumación y su uniformidad, para regular la viscosidad a bajas temperaturas, para evitar la corrosión de los equipos y recipientes, resistir la descomposición bacterial y controlar la viscosidad.

Los polímeros confieren a las espumas que se generan con ellos elasticidad, resistencia mecánica y capacidad de retención del agua.

Los agentes proteínicos tienen aspecto viscoso y olor nauseabundo.

Estos concentrados producen espumas densas y viscosas de alta estabilidad y elevada resistencia al calor, pero presentan menos resistencia a la combustión que la mayor parte de los agentes espumantes.

No son tóxicos y son biodegradables después de diluirse.

15.2.2) Fluoroproteínicos (FP)

Los agentes fluoroproteínicos tienen la misma base que las anteriores, pero se les han agregado aditivos fluorados, que le dan mayor fluidez (mayor rapidez para desplazarse sobre la superficie del producto), y a su vez, le dan mayor resistencia a la contaminación.

Además de los polímeros proteínicos contienen en la superficie agentes fluorados activos que le confieren la propiedad de no adherirse al combustible, lo que les hace especialmente eficaces para luchar contra fuegos en que la espuma queda sumergida o cubierta por el combustible, como por ejemplo en el método de inyección de la espuma por debajo de la superficie para combatir incendios de grandes depósitos.

Las espumas de fluoroproteínas alcanzan su máxima eficacia en la lucha contra fuegos de líquidos derivados del petróleo o de hidrocarburos en depósitos de gran profundidad, debido a esta propiedad de falta de adherencia a líquidos combustibles.

Estas espumas demuestran ser más compatibles con agentes en polvo que las espumas de proteínas simple.

También poseen superiores características en lo que se refiere a la supresión del vapor y a la autocombustión.

No son tóxicos y son biodegradables después de disolverse.

15.2.3) Fluoroproteínicos que Forman Película (FFFP)

Los agentes fluoroproteínicos que forman película están compuestos de proteínas junto con agentes fluorados superficialmente activos, que los hacen capaces de formar películas de solución acuosa sobre la superficie de líquidos inflamables y les confieren la propiedad de separar el combustible de la espuma formada.

Las espumas de aire formadas a partir de soluciones de FFFP tienen características de rápida propagación y aumento.

Debido a la rapidez y a la facilidad de la capacidad espumante de las soluciones FFFP, se pueden utilizar en dispositivos de pulverización de agua. Sin embargo, las espumas producidas drenan con rapidez y no son de absoluta confianza tras el incendio.

Pueden utilizarse junto con agentes de productos químicos secos sin problemas de compatibilidad, y no son tóxicas.

15.2.4) Espumantes Formadores de Películas Acuosas (AFFF)

A estos productos se conocen por sus iniciales en inglés, AFFF “Aqueous Film Forming Foam” o “espumas formadoras de película acuosa”.

Los agentes espumantes formadores de películas acuosas se componen de materiales sintéticos que forman espumas similares a las producidas por materiales a base de productos proteicos. Son capaces de formar películas de soluciones acuosa sobre la superficie de los líquidos inflamables.

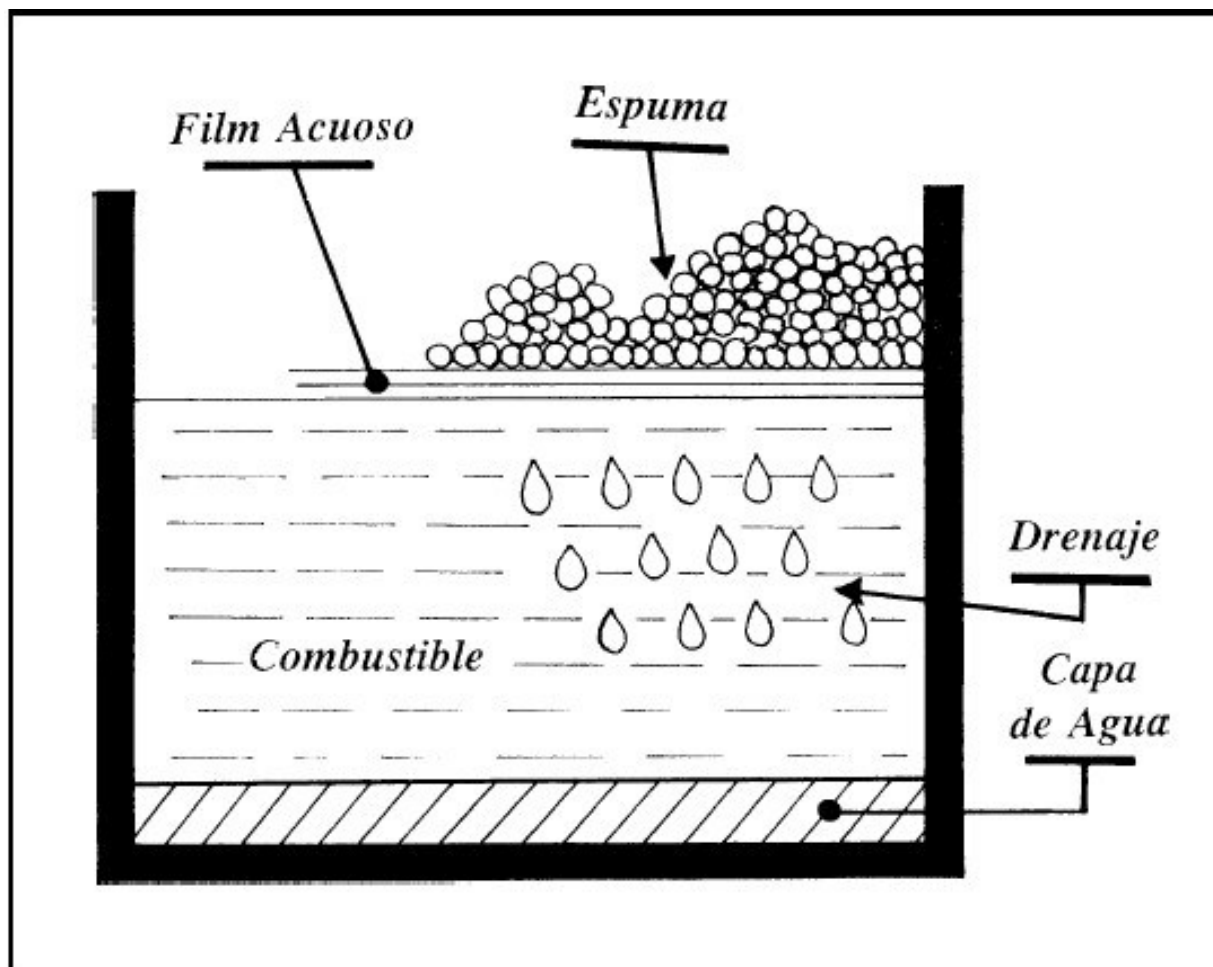
Las espumas generadas por las soluciones de AFFF poseen baja viscosidad, rápida extensión y nivelación. La película puede perder su eficacia cuando la superficie está muy caliente, y también en su empleo contra incendios de hidrocarburos aromáticos.

En el kerosene, los agentes AFFF fluyen bien y forman películas muy resistentes, por lo que son especialmente adecuados para extinguir los incendios de derrames de combustibles de aviación.

Los concentrados de AFFF no son tóxicos y son biodegradables en forma diluida. Los concentrados de AFFF pueden almacenarse durante largos períodos de tiempo sin que se degraden sus características.

Debido a la tensión superficial extremadamente baja de las soluciones que se obtienen con AFFF, pueden ser útiles para fuegos de clase A en los que se necesita la profunda penetración del agua además de la acción de protección superficial de la espuma.

Pueden emplearse en combinación con polvo químico sin que se presenten problemas de incompatibilidad.



15.2.5) Tipo Alcohol (AR o AR-AFFF)

También se las conoce como espumas formadoras de film acuoso resistente a alcoholes (AR-AFFF).

La denominación AR-AFFF proviene de las siglas "Alcohol Resistant Aqueous Film Forming Foam" o "espumas formadoras de película acuosa resistentes al alcohol".

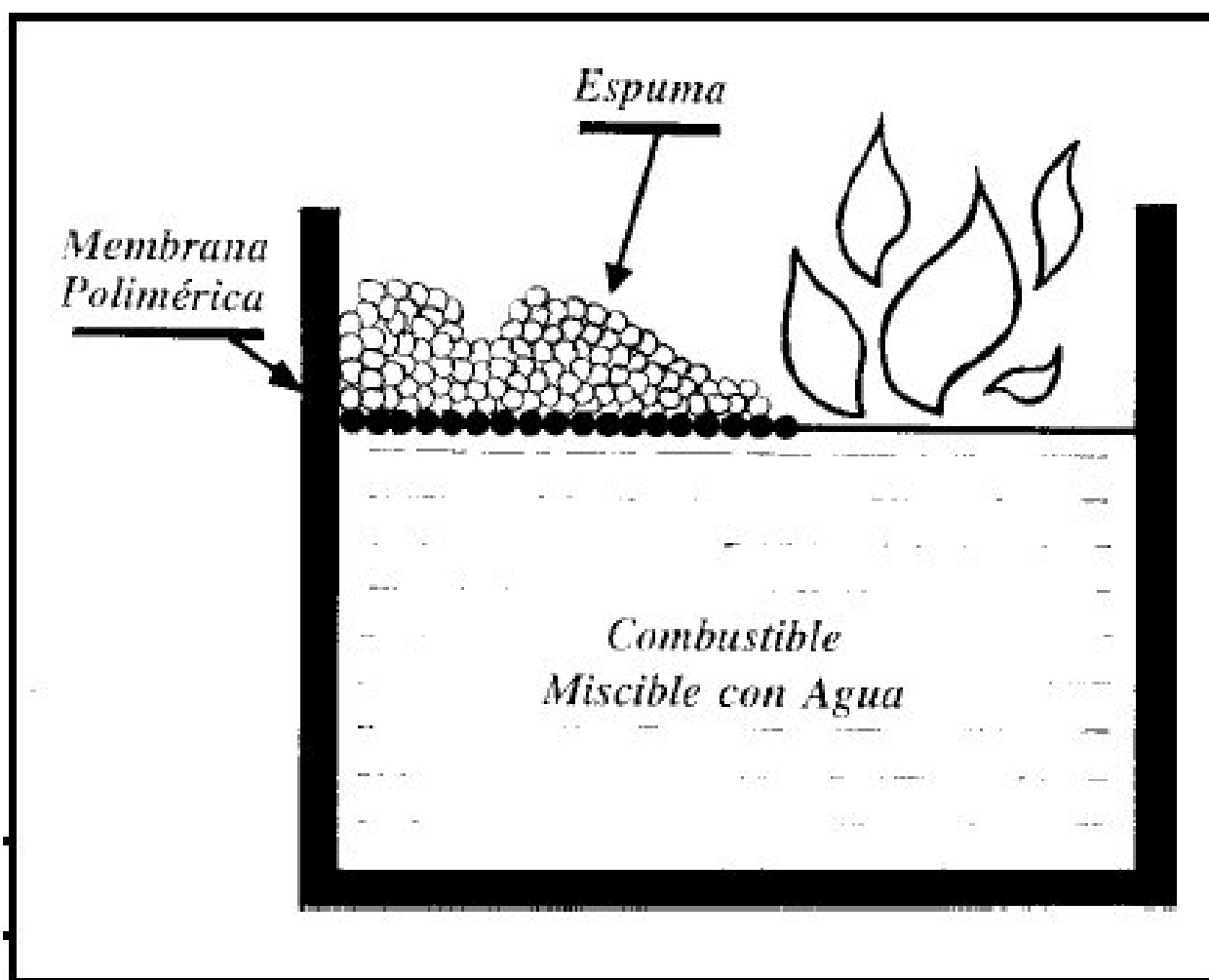
Las espumas que generan los agentes ordinarios están expuestas a la disolución rápida y pérdida de efectividad cuando se emplean en fuegos de líquidos combustibles hidrosolubles, hidromiscibles o del tipo de disolvente polar.

Ejemplos de este último tipo de líquidos son los alcoholes, esmaltes y disolventes de laca, metil etil cetona, acetona, éter isopropílico, acrilonitrilo, acetatos de etilo y de butilo y las aminas y los anhídridos. Incluso pequeñas cantidades de estas

sustancias mezcladas con combustibles de hidrocarburos comunes producirán la rápida disolución de las espumas contra incendios normales.

Estos concentrados son producidos en base a la combinación de detergentes sintéticos y polímeros polisacáridos.

Las proteínas polisacáridas de las AR-AFFF forman una membrana resistente que separa el combustible, impidiendo en consecuencia la perforación de la espuma y la ignición de los vapores.



16) EFECTO DEL FLÚOR EN LAS ESPUMAS¹¹

Durante más de cincuenta años, las espumas fluoradas fueron consideradas el agente extintor más eficaz para incendios de líquidos inflamables (Clase B). Su excelente rendimiento se debe a la presencia de surfactantes fluorados, sustancias químicas capaces de modificar las propiedades del agua y de la espuma para lograr una rápida extinción del fuego.

Sin embargo, las investigaciones científicas desarrolladas en las últimas dos décadas demostraron que muchos de estos compuestos presentan una elevada persistencia ambiental, capacidad de bioacumulación y posibles efectos tóxicos sobre los seres humanos y la fauna. Como consecuencia, numerosos países comenzaron a restringir su utilización y a promover el desarrollo de espumas libres de flúor.

16.1) ¿Por qué se Utiliza el Flúor en las Espumas?

La respuesta está en una propiedad física extraordinaria. El enlace químico Carbono-Flúor (C-F) es uno de los enlaces más fuertes de toda la química orgánica. Su energía es aproximadamente 485 kJ/mol comparada con Carbono-Hidrógeno de ≈ 413 kJ/mol. Esto hace que estas moléculas sean:

- Extremadamente estables.
- Resistentes al calor.
- Resistentes a la oxidación.
- Resistentes a ácidos.
- Resistentes a bases.
- Resistentes a microorganismos.

¹¹ En colaboración con ChatGPT.

En otras palabras, prácticamente no se degradan. Ese mismo beneficio industrial es el origen del problema ambiental.

Estos proporcionan propiedades que las espumas convencionales no poseen:

- Reducen la tensión superficial del agua a niveles muy bajos.
- Permiten formar una película acuosa sobre los hidrocarburos, de allí el nombre AFFF, Aqueous Film Forming Foam (Espuma formadora de película acuosa).
- Favorecen una rápida propagación de la espuma sobre el combustible.
- Mejoran la supresión de vapores inflamables.
- Aumentan la resistencia de la espuma al calor y a la contaminación con combustible.

Estas características hicieron que las espumas fluoradas fueran durante décadas el estándar para aeropuertos, refinerías, terminales de combustibles y otras instalaciones de alto riesgo.

16.2) ¿Qué es el Flúor Presente en las Espumas?

Existe una confusión frecuente. Las espumas no contienen flúor gaseoso ni flúor elemental (F_2). Lo que contienen son compuestos organofluorados, es decir, moléculas orgánicas en las cuales varios átomos de hidrógeno fueron reemplazados por átomos de flúor.

Los más conocidos pertenecen a la familia denominada PFAS Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances (Sustancias perfluoroalquílicas y polifluoroalquílicas).

Existen más de 15.000 sustancias dentro de esta familia química. Las más estudiadas son:

- PFOS Perfluorooctane Sulfonate (sulfonato de perfluorooctano).

- PFOA Perfluorooctanoic Acid (ácido perfluorooctanoico).
- PFHxS
- PFNA
- GenX (sustituto más moderno).

16.3) ¿Qué Hace Exactamente el Flúor Durante la Extinción?

La mayor ventaja aparece cuando la espuma entra en contacto con un hidrocarburo.

Sin flúor

- El agua posee una tensión superficial alta.
- Esto provoca que forme gotas.
- Las gotas permanecen unidas.
- No pueden extenderse fácilmente sobre el combustible.
- La espuma avanza lentamente.

Con flúor

- Los surfactantes fluorados disminuyen enormemente la tensión superficial.
- El agua "moja" mucho mejor el combustible.
- La solución se extiende rápidamente.
- Se forma una película muy delgada sobre el hidrocarburo.

Esta película recibe el nombre de Película Acuosa. Es justamente el origen del nombre AFFF.

La película líquida logra que cubra rápidamente el combustible, disminuye la salida de vapores inflamables, reduce la posibilidad de reignición, y facilita el

desplazamiento de la espuma. En muchos casos la película avanza incluso por delante de la espuma.

Por eso las espumas AFFF extinguen incendios mucho más rápido que las antiguas espumas proteicas.

16.4) Efectos Ambientales

El principal problema de los PFAS es que son extremadamente persistentes. Se los conoce como "químicos eternos" (forever chemicals) porque:

- Prácticamente no se degradan en la naturaleza,
- Permanecen durante décadas o incluso siglos.
- Contaminan suelos y aguas superficiales.
- Pueden alcanzar acuíferos utilizados para consumo humano.
- Se transportan largas distancias por el agua y el aire.

Además, tienden a bioacumularse, es decir, pueden concentrarse en organismos vivos y pasar de un nivel de la cadena alimentaria a otro.

16.5) Posibles Efectos Sobre la Salud

La evidencia científica ha asociado la exposición prolongada a determinados PFAS (especialmente PFOA y PFOS) con un mayor riesgo de:

- Alteraciones del sistema inmunológico.
- Aumento del colesterol.
- Trastornos de la función hepática.
- Alteraciones de la glándula tiroides.
- Disminución de la respuesta a algunas vacunas.

- Problemas reproductivos y del desarrollo fetal.
- Incremento del riesgo de ciertos tipos de cáncer, como cáncer de riñón y de testículo, para algunos compuestos específicos.

Es importante señalar que el riesgo depende de factores como el tipo de PFAS, la dosis, la duración de la exposición y la vía de ingreso al organismo. No toda exposición ocasional implica un daño inmediato.

16.6) Riesgo para los Bomberos

Los bomberos pueden estar expuestos durante:

- Entrenamiento con espuma.
- Incendios de combustibles.
- Limpieza de equipos.
- Mantenimiento de sistemas de espuma.

Las principales vías de exposición son:

- Contacto con la piel.
- Inhalación de aerosoles.
- Ingestión accidental por contaminación de manos, alimentos o bebidas.

Por ello, actualmente se recomienda:

- Utilizar el equipo de protección personal completo.
- Evitar entrenamientos con espumas que contengan PFAS cuando existan alternativas.
- Descontaminar el equipo y el material utilizado.

- Gestionar adecuadamente los residuos para evitar la contaminación ambiental.

16.7) Tendencia Actual

Debido a estos riesgos, numerosos países están restringiendo o eliminando progresivamente el uso de espumas con PFAS.

La tendencia mundial es sustituirlas por espumas libres de flúor (F3, Fluorine-Free Foam), que:

- No contienen PFAS.
- Reducen significativamente el impacto ambiental.
- Ofrecen un buen desempeño en muchos escenarios, aunque en algunas aplicaciones de alto riesgo la transición requiere validar cuidadosamente el rendimiento según las normas y los requisitos de cada instalación.

El flúor revolucionó la extinción de incendios de líquidos inflamables al permitir el desarrollo de espumas AFFF capaces de formar una película acuosa que suprime rápidamente los vapores y acelera la extinción. Sin embargo, la extraordinaria estabilidad química de los compuestos fluorados, la misma propiedad que les otorga su eficacia, hace que permanezcan durante décadas en el ambiente, contaminando suelos y aguas y pudiendo acumularse en organismos vivos. Este equilibrio entre alto rendimiento operativo y alto impacto ambiental ha impulsado un cambio global hacia tecnologías libres de flúor, que hoy representan el principal camino de evolución de las espumas contra incendios.

17) AGENTES COMBINADOS O EQUIPOS GEMELOS

Está comprobada la superior capacidad de los polvos químicos seco para dominar rápidamente las llamas y para la extinción de incendios tridimensionales de líquidos combustibles corrientes. También es bien conocida su insuficiencia para impedir la reignición de las superficies combustibles ya aparentemente extinguidas, dado su pobre capacidad de enfriamiento y nula capacidad de cobertura. Con los concentrados de espuma compatibles es posible aplicar un revestimiento de espuma de seguridad de vapor sobre una superficie de combustible en ignición que haya sido recientemente extinguida por la acción química de descargas de polvos químicos secos.

La consecuencia lógica de lo anterior ha sido la producción de aparatos portátiles móviles para un solo hombre con lanzas dobles accionadas con válvulas de gatillo y lanzas monitoras que descargan AFFF y polvo químico seco unidas para un funcionamiento y control coordinados (gemelos).

El ataque con este aparato combinado permite la extinción de líquidos inflamables con velocidad y, al mismo tiempo, evitando la reignición.

El enorme poder extintor del sistema de agente doble lo hace apropiado para muchos tipos de riesgos. Estos riesgos incluyen, pero no se limita a:

- Incendios causados por derrames de líquidos inflamables.
- Incendios causados por derrames de líquidos inflamables con fuente de combustible incendiado.
- Incendios de grasas y aceites.
- Incendios de naves aéreas.
- Incendios de vehículos.
- Incendios de gas licuado de petróleo y gas natural.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Manual NFPA de Protección Contra Incendios – Editorial MAPFRE NFPA - Cuarta Edición en castellano – 1993.
- NFPA 11:2016. Norma para Espumas de Baja, Mediana y Alta Expansión.
- Manual de Instalaciones Contra Incendio. DEMSA. Enero 2019.
- Seguridad Contra Incendios. DEMSA. Edición 2020.
- Manual del Bombero Profesional. Capítulo 11.
- Espumas. Tipos, Características y Conceptos de Aplicación de sobreincendios.com
- Introducción a la Espuma Contra-incendios de Guerrero Velázquez, José María de PublicacionesDidacticas.com.