

73  
2ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA



EXAMENES PROFESIONALES  
FAC. DE QUÍMICA

PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA SELECCIÓN  
DE CONCENTRADOS ESPUMÓGENOS EN  
INCENDIOS CLASE B.

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO QUÍMICO  
PRESENTA:  
ALAIN GUTIERREZ HUESCA



MEXICO, D.F. SEPTIEMBRE 1997.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**JURADO ASIGNADO:**

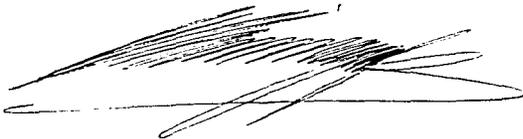
<b>PRESIDENTE:</b>	PROF. MAURICIO CASTRO ACUÑA
<b>VOCAL:</b>	PROFA. BERTHA LILIA AMENEYRO FLORES
<b>SECRETARIO:</b>	PROF. RAMON E. DOMINGUEZ BETANCOURT
<b>1er. SUPLENTE</b>	PROF. AMANDO JOSE PADILLA RAMIREZ
<b>2do. SUPLENTE</b>	PROF. JOSE LUIS LOPEZ MARTINEZ

**SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:**

INSTITUTO NACIONAL DE CONTROL TOTAL DE PERDIDAS S.A. DE C.V.

**NOMBRE COMPLETO Y FIRMA DEL ASESOR DEL TEMA:**

I.Q. RAMON EDGAR DOMINGUEZ BETANCOURT

A large, dark, and somewhat messy handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ramon Edgar Dominguez Betancourt'.

**NOMBRE COMPLETO Y FIRMA DEL SUSTENTANTE:**

ALAIN GUTIERREZ HUESCA

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Alain Gutierrez Huesca'.



## AGRADECIMIENTOS

---



**A MI PADRE**  
POR SU FIRME DESEO, ENCAMINADO A MI  
EDUCACION.

**A MIS HERMANOS**  
CON LOS QUE TANTO ESPERE PODER  
COMPARTIR ESTE MOMENTO.

**A GRACIELA**  
MI FIEL COMPAÑERA CON QUIEN COMPARTO  
MUCHOS DE MIS EXITOS.

**A MIS AMIGOS**  
QUE ME APRECIAN Y SIEMPRE ME  
DEMOSTRARON SU CONFIANZA.

**A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO, LA FACULTAD DE QUIMICA Y  
MIS PROFESORES**  
POR LAS ENSEÑANZAS QUE RECIBI, PARA  
FORJAR MI FORMACION ACADEMICA.

**AL ING RAMON DOMINGUEZ BETANCOURT**  
CON UN ENORME AGRADECIMIENTO POR  
ACEPTAR LA DIRECCION DE ESTE TRABAJO Y SU  
AMISTAD.

**AL ING. MAX OYOLA**  
POR SU APOYO Y MOTIVACION PARA EL DESARROLLO DE ESTE TRABAJO.

**AL PROFESOR MAURICIO CASTRO ACUÑA**  
POR LA PACIENCIA Y LA ATENCION PARA LA FINALIZACION DE ESTE TRABAJO.

**A LA PROFESORA BERTHA LILIA AMENEYRO FLORES**  
POR SU COMPRENSION Y APOYO EN EL DESARROLLO DE ESTE TRABAJO.

**A MIS COMPAÑEROS DE INCTP**  
"VALIOSAS JOYAS DEL COLLAR DE LA AMISTAD"  
**ALAIN GUTIERREZ**

---



## INDICE DE MATERIAS

## CAPITULO I

<b>INTRODUCCION</b> .....	<b>1</b>
---------------------------	----------

## CAPITULO II

<b>¿QUE SON LAS ESPUMAS</b> .....	<b>4</b>
Clasificación de las dispersiones coloidales .....	6
Propiedades de las espumas .....	7
Geometría de las espumas .....	7
Estabilidad de las espumas .....	9
Aditivos para la formación de espumas .....	13

## CAPITULO III

<b>LAS ESPUMAS MECANICAS</b> .....	<b>21</b>
Clasificación de las espumas mecánicas .....	22
Componentes para la generación de espuma .....	25
Sistemas de proporcionamiento .....	27
Proporcionamiento en línea .....	30
Proporcionamiento a presión (sin diafragma) .....	34
Proporcionamiento a presión con tanque de vejiga (con diafragma) .....	37
Proporcionamiento de presión balanceada .....	40
Proporcionamiento de presión balanceada en línea .....	43
Formadoras de espuma .....	47
Aplicación de la espuma .....	52
Determinación de concentrado para generar espuma .....	55

## CAPITULO IV

<b>¿COMO OPERAN LAS ESPUMAS MECANICAS?</b> .....	<b>57</b>
Salocamiento .....	59
Represión de vapores .....	60
Separación de las llamas .....	60
Enfriamiento .....	60
Operación de las espumas formadoras de película AFFF .....	60
Operación de las espumas de media y alta expansión .....	63

**CAPITULO V**

<b>LOS CONCENTRADOS ESPUMOGENOS</b>	<b>64</b>
Tipos de Concentrados	64
Desarrollo de los concentrados	65
Propiedades y comparaciones en el desempeño del combate en el incendio de los diferentes tipos de espumas	65
Concentrados proteicos	67
Concentrados fluoroproteicos	68
Concentrados del tipo formadores de película fluoroproteica FFFP	70
Concentrados del tipo formadores de película acuosa AFFF	70
Concentrados del tipo formadores de película acuosa resistentes al alcohol AFFF-AR	73
Concentrados a base de detergentes sintéticos	74
Concentrados de alta y media expansión	74
¿Qué significan los porcentajes de los concentrados ?	76
Condiciones para el almacenamiento	77

**CAPITULO VI**

<b>LOS LISTADOS UL</b>	<b>78</b>
UNDERWRITERS LABORATORIES, INC.	78
Norma UL 162	81
Pruebas para determinar el desempeño	81
Metodología de prueba	91
Aplicación de espuma y duración para determinar la resistencia a la reignición	96

**CAPITULO VII**

<b>LOS LISTADOS EPA</b>	<b>100</b>
Biodegradabilidad	100
Tratamiento de aguas	101
Listados de materiales considerados como peligrosos para ser usados en agua	103

**CAPITULO VIII**

<b>LA SELECCIÓN DE LOS CONCENTRADOS ESPUMOGENOS</b>	<b>115</b>
Procedimiento para la selección de concentrados espumógenos	117

**CAPITULO IX  
CONCLUSIONES**

118

**CAPITULO X  
BIBLIOGRAFIA**

121



---

## CAPITULO I

### INTRODUCCION

#### **OBJETIVO:**

**Dar a conocer las propiedades más importantes con las que debe contar un concentrado espumógeno, para la generación de espuma mecánica; los parámetros para seleccionarlo adecuadamente, así como, las pruebas a las que se debe someter dicho producto para verificar su eficiencia.**

El hombre ha tenido la necesidad y el interés de convivir con el fuego desde la prehistoria. Inicialmente le tuvo miedo, después aprendió a controlarlo y a generarlo. Este conocimiento tan importante, ha dado pie a que la industria nos permitiera avances tecnológicos muy relevantes. Actualmente la seguridad y estabilidad económica de muchas industrias petroquímicas depende de la operación segura e ininterrumpida de sus instalaciones.

Una de las amenazas potenciales más grandes para ellas, es el incendio descontrolado de líquidos inflamables y otros elementos combustibles. En sentido estricto, los líquidos inflamables no causan incendios; son meros vehículos que conducen a dichos eventos; son los vapores que se desprenden de dichos líquidos, los que en combinación con oxígeno y una fuente de ignición provocan los incendios. Históricamente, los incendios han causado importantes pérdidas de vidas humanas así como de instalaciones industriales o bien, han conseguido dejarlas fuera de operación por largo tiempo, no hay que pasar por alto los acontecimientos que han hecho historia, de hacerlo se puede caer en la repetición de desastres que se presentaron anteriormente, estos hechos fueron motivo de que se consideraran cambios en Normas de construcción, Ingeniería, regulaciones ambientales, que fueron enfocadas a garantizar instalaciones seguras, con el objeto de que el peligro que pudieran presentar para el personal que labora en ellas, sea el mínimo, así como, para las instalaciones y medio ambiente circundante. Debido a lo anterior, surgió la necesidad de desarrollar sistemas y equipos basados en sólidos principios de Ingeniería, que ofrecieran



protección a las instalaciones y alta tecnología en el desarrollo de las técnicas para el combate de incendios, estos sistemas para combate y prevención de incendios varían de acuerdo al riesgo en el cual van a actuar en las diferentes ramas de la industriales, aquellas plantas que manipulan grandes cantidades de líquidos inflamables exigen una atención especial. Como parte de las diferentes técnicas y sistemas para combatir un incendio con líquidos inflamables, se desarrollaron las espumas mecánicas contra incendio. Estas espumas, representan una herramienta eficaz y poderosa para combatir un gran problema: en lo que se refiere a incendios con líquidos inflamables y combustibles, en este trabajo manifiesto mi juicio sobre cuales son las propiedades que deben tener los concentrados espumógenos y cuál el más adecuado para el tipo de combustible y situación física. Para cumplir con el objetivo planteado a lo largo del trabajo, presento los tipos de concentrados que existen y los diferentes métodos que se pueden utilizar para generar la solución de espuma adecuadamente, lo que representa una buena elección de concentrado y las condiciones necesarias para que un sistema de protección a base de espuma mecánica, pueda dar desempeños y resultados eficientes en el momento que se presente la amenaza de un incendio. En el Capítulo II se encuentran las bases técnicas que justifican, el por qué se pueden aprovechar las propiedades de las espumas para ser usadas adecuadamente en el combate de incendios clase B. En el Capítulo III expongo los principales componentes con los que se deben contar para formar un sistema generador de espuma mecánica y los intervalos de operación a los que trabajan; esto es con la finalidad de que alguien tome del presente trabajo lo necesario para enfrentar el problema de incendios clase B, tenga la información y la Ingeniería básica adecuada en función del tipo de riesgo que tenga que enfrentar. La forma en que opera cada tipo de espuma, una vez formada la solución, depende de la formulación del concentrado que se escogió. Por esto, en el Capítulo IV, indico la forma en que operan las espumas, cuando son utilizadas en condiciones reales y cuáles deben ser los puntos que nos indiquen la forma en que operan, para seleccionarlos adecuadamente una vez que se tenga la necesidad de adquirir concentrados



---

espumógenos. Conociendo el tipo de riesgo que se enfrenta y después de revisar las características y forma de operación de las espumas mecánicas, en el Capítulo V, presento los tipos de concentrados que existen para la generación de solución de espuma y los componentes que les permiten lograr un desempeño eficiente, una vez que se depositan sobre las superficies incendiadas, para que la selección sea la adecuada y cubra las necesidades de cada tipo de riesgo. Una vez que se decida utilizar específicamente el tipo de concentrado, la pregunta que el usuario debe pensar es ¿ Qué proveedor cumple técnicamente con las características que deseo ?. Debido a la gran demanda que se tiene en todo el mundo del uso de derivados del petróleo para cubrir toda una gama de aplicaciones y necesidades, también existen muchos fabricantes de concentrados y equipo contra incendio, es por ello que en el Capítulo VI, presento los laboratorios encargados de certificar, probar y respaldar técnicamente las propiedades de los concentrados, que funcionan bajo las condiciones que asegura el fabricante y para garantizar al cliente lo que está adquiriendo. Para desarrollar la Seguridad Industrial, no sólo se considera al hombre y sus centros de trabajo, también, se toma en cuenta el impacto ambiental que resulte del uso de sustancias químicas. En mi opinión, debe ser un punto muy importante la selección del concentrado, que no represente una agresión al medio ambiente, por lo que consideré muy importante elaborar el Capítulo VII, dando a conocer las sustancias que son consideradas como peligrosas. Así la persona que seleccione el concentrado, tendrá una base para definir, cuál de los fabricantes que le ofrecen sus productos, es el más adecuado para no ocasionar daños a nuestros entornos nacionales. Conociendo y teniendo los puntos de vista y características necesarias para una buena elección, en el Capítulo VIII, presento como debe hacerse la selección, para las diferentes situaciones que se presenten. Finalmente doy a conocer mis conclusiones en el Capítulo IX, y por último, detallo la bibliografía en el Capítulo X, donde anoto las referencias que utilicé y considero que lo expuesto es la base para seleccionar adecuadamente un concentrado espumógeno.

---



---

## C A P I T U L O   I I

### ¿ QUE SON LAS ESPUMAS ?

Las espumas se pueden definir de muchas maneras entre las cuales se tienen:

#### **DEFINICIONES**

Las espumas son agregados de burbujas estables de menor densidad que los hidrocarburos y que el agua.

Son sistemas heterogéneos constituidos por un gas disperso en un líquido.

Aglomeraciones de burbujas de gas cubiertas con una película.

Las espumas son una masa de burbujas rellenas de gas que se forman a partir de soluciones acuosas de agentes espumantes de distintas formulaciones.

Las espumas son dispersiones de un gas en una pequeña cantidad de líquido.

Las espumas son dispersiones coloidales formadas por dos fases. una que recibe el nombre de dispersa y otra fase dispersante.

Aglomeración de finas celdas formadas por un líquido englobando a un gas, con densidad relativamente baja.

Conjunto de burbujas formadas por la inclusión de un gas en un líquido y estabilizadas por la acción de un agente tensoactivo.



---

Son dispersiones coloidales constituidas por burbujas dispersas en un líquido como medio continuo y estabilizadas por la acción de un agente espumógeno.

Conjunto de pequeñas celdillas formadas por finas capas de líquido extendidas y estabilizadas por aditivos adsorbidos y que engloban a un gas.

De las definiciones anteriores se puede notar que algunos autores consideran que las espumas son coloides que pertenecen a una clasificación llamada dispersión coloidal y los estudian bajo los principios de la química coloidal.

De acuerdo a las definiciones que reporta la literatura, reciben el nombre de coloides aquellas sustancias que consisten de un medio homogéneo y de partículas dispersas (que miden entre  $10^{-4}$  cm a  $10^{-7}$  cm). El medio homogéneo puede consistir en un gas, líquido o un sólido, cuya continuidad está interrumpida por las partículas dispersas.

Las partículas son las unidades distintivas de los coloides; dependiendo las fases que los constituyen están formadas por cristales, gotitas o burbujas.

Los coloides ocupan, una posición intermedia entre las soluciones y las mezclas lo que varía en cada caso es el tamaño de las partículas dispersas.

La línea divisora entre las soluciones y los coloides o entre éstos y las mezclas no es definida, puesto que muchas de las características de tales sistemas se comparten mutuamente sin discontinuidad.



Los coloides pueden ser clasificados en tres clases generales, esta clasificación es en función del tamaño de partícula, y son:

**COLOIDES**



- a) Dispersiones Coloidales.
- b) Soluciones de Macromoléculas.
- c) Coloides de Asociación.

Las **dispersiones coloidales** son aquellas formadas por dos fases, la fase dispersa y la fase dispersante y con partículas que varían en su tamaño desde cerca de los 50µM hasta varios milímetros.

Pueden prepararse dispersiones de toda clase de sustancias en varios medios, a diferencia de las soluciones ordinarias, que son homogéneas, las dispersiones coloidales se consideran heterogéneas. Los sistemas dispersos se clasifican a su vez de acuerdo a las fases que forman el sistema en la Tabla No. 1 se encuentran los nombres que reciben las dispersiones de acuerdo a las fases que las forman:

**CLASIFICACION DE LAS DISPERSIONES COLOIDALES**

FASE DISPERSANTE	FASE DISPERSA		
	GAS	LIQUIDO	SOLIDO
Gas	-	Niebla	Humos
Líquido	Espuma	Emulsión	Suspensión
Sólido	Espuma Sólida	-----	Suspensión

Tabla No. 1



---

De acuerdo a esta clasificación el término "Espuma" queda limitado a los sistemas dispersos en el que el gas constituye la fase englobada o discontinua y el liquido el medio continuo.

En el caso de las espumas las partículas están formadas por burbujas constituidas por un gran número de moléculas de gas, que constituyen lo que se conoce como fase dispersa, o coloide y el liquido es el medio dispersante, cuya continuidad está interrumpida por las partículas dispersas.

### PROPIEDADES DE LAS ESPUMAS

El tamaño de las burbujas de una espuma varían en tamaño desde 50 $\mu$ m hasta varios milímetros, el rango de densidades de las espumas es desde cerca de cero hasta 700 g/lit. por sus características las espumas son utilizadas en diferentes aplicaciones como pueden ser elaboración de shampoos, Cremas de afeitar, medios de combate de incendios, etc.

Es por ello que, las propiedades de las espumas dependen principalmente de la composición química y de las propiedades que adquiere la película de liquido por los aditivos adsorbidos.

Como este trabajo se enfoca a las espumas como medios de combate contra incendio más adelante se explicaran las propiedades que adquieren las espumas una vez que se les adiciona agentes de diferente composición química.

### GEOMETRIA DE LAS ESPUMAS

La geometría de las espumas se rige mediante las dos leyes de Plateau, llamadas así por ser el quien las propusiera, estas leyes rigen para todas las formas de arreglo de las burbujas y por la morfología de las espumas están basadas en la minimización del área superficial de las películas de liquido, lo cual es resultado directo de tensión superficial del liquido, estas leyes son:



- (a) En un vértice, siempre se conjuntan 3 planos laminares, estos planos están inclinados en forma equivalente uno a otro del vértice, por lo que la inclinación de sus ángulos es  $120^\circ$ .
- (b) En un punto, se conjuntan 4 de estos vértices, con la misma inclinación uno del otro en el espacio, por lo que los ángulos en los cuales ellos se encuentran sean tetraédricos ( $109^\circ 28' 10''$ ).

Las leyes de Plateau describen todas las estructuras de la espuma, donde a causa del contacto las burbujas no son esféricas. Si la estructura se modifica por la ruptura de un plano laminar, las burbujas se arreglan en forma semejante como lo enuncian las leyes citadas.

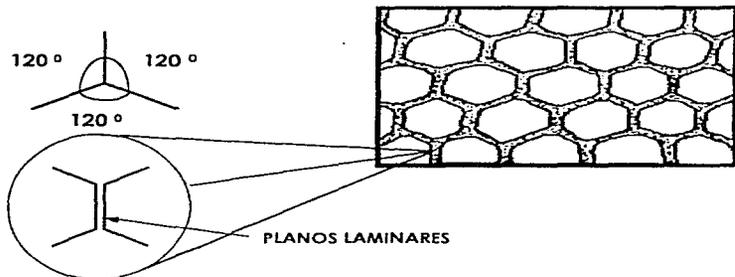


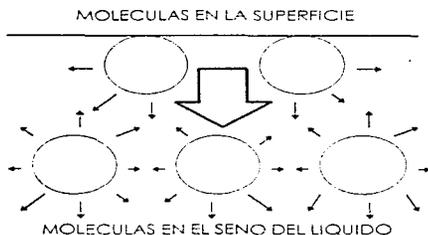
Fig 1



## ESTABILIDAD DE LAS ESPUMAS

La estabilidad de las espumas se ve afectada por varios factores los cuales son la tensión superficial del líquido, la excesiva adsorción de aditivo en la interfaz líquido - gas, difusión del gas del interior al exterior de las celdas de la espuma, presión externa y temperatura.

### TENSIÓN SUPERFICIAL



Dentro de un líquido alrededor de una molécula actúan fuerzas de atracción simétricas a causa de las moléculas que se encuentran alrededor, sin embargo, en la superficie las moléculas se encuentran sólo parcialmente rodeadas por otras y en consecuencia, experimentan una atracción hacia el seno del líquido.

Esta atracción tiende a arrastrar las moléculas superficiales hacia el interior, y al hacerlo el

líquido se comporta como si estuviera rodeado por una membrana invisible, a esta propiedad se le llama tensión superficial, y es la que les permite a los líquidos comportarse en su superficie como membranas con características elásticas resistentes a la penetración, observable en la forma esférica de las gotas de lluvia, partículas de Hg situadas en una superficie lisa, el ascenso en los tubos capilares y flotación de las hojas de metal en las superficies líquidas.



En la Fig 1-2, se ejemplifica el modelo de superficie, en el que las moléculas en la superficie están sujetas a una fuerza perpendicular a la superficie y dirigida hacia el seno del líquido y que tiende a contraerlas para ocupar una menor superficie.

A la fuerza que se necesita para separar las moléculas de la distancia a la que se encuentran en el seno del líquido a la distancia en el plano superficial equivale a la magnitud de la tensión superficial de los líquidos.

Desde el punto de vista puramente termodinámico, la tensión superficial puede considerarse como la tendencia de un líquido a disminuir su superficie hasta un punto en que su energía de superficie potencial es mínima, condición necesaria para que el equilibrio sea estable. Puesto que una esfera presenta un área mínima para un volumen dado, la tendencia de una partícula líquida deberá ser la de adquirir forma esférica bajo la acción de la tensión superficial, como acontece en la realidad.

Para aumentar la superficie las moléculas han de moverse desde el seno del líquido hasta la superficie contra las fuerzas de atracción intermoleculares. Por consiguiente para aumentar la superficie ha de realizarse trabajo, o lo que es lo mismo, suministrar energía, ya que la superficie de el líquido posee una energía libre mayor que el seno del líquido. Esta energía libre es mejor descrita como una tensión superficial, la cual se opone a cualquier intento de aumentar la superficie, si consideramos una capa de líquido contenido dentro de una estructura de alambre, ABCD, como la de la Fig1-3. El lado CD = l, es móvil.

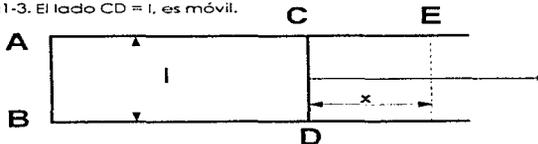


Fig 1-3



Si se requiere una fuerza  $f$  para desplazar el alambre CD contra la tensión superficial que actúa en la película a lo largo de CD, el trabajo hecho  $w$ , al mover el alambre de CD a EG, es

$$w = f x$$

La fuerza que actúa,  $f$ , se debe contrabalancear por la tensión superficial en CD. Si designamos por  $\sigma$  la fuerza por centímetro, y puesto que hay dos superficies, resulta

$$f = 2 \sigma l$$

$$w = f x = 2\sigma x$$

de la segunda ecuación se define como  $\sigma = f/2l$ , esto es, la fuerza en dinas que actúa en 1 cm de longitud de superficie. Sin embargo,  $2 l x$  es el área de la nueva superficie del líquido producido por CD,  $\Delta A$ . De aquí que la ecuación (3) se convierte también en:

$$w = \sigma (2 l x) = \sigma \Delta A$$

$$\sigma = w/\Delta A$$

En consecuencia,  $\sigma$  puede considerarse también como el trabajo en ergios necesario para formar un centímetro cuadrado de área superficial, y se encuentra, por lo tanto, referido a la energía libre superficial por centímetro cuadrado de área.

La tensión superficial es una propiedad característica de cada líquido y difiere considerablemente de unos líquidos a otros.

Los líquidos puros no pueden formar espumas estables, un simple argumento termodinámico hace esta aseveración entendible.



Para un sistema con dos componentes (un líquido puro en un gas completamente insoluble) que tenga suficiente área superficial para hacer significativa la contribución del valor de la energía superficial, a la energía total del sistema, la función de Helmholtz esta dada por:

$$dF = -SdT - pdV + \sigma dA + \mu_1 dn_1 + \mu_2 dn_2$$

Integrando la ecuación a T, V, ni constantes queda:

$$\Delta F = \sigma \Delta A$$

Donde  $\Delta F$  es el cambio de la energía libre de Helmholtz por burbuja, si nosotros aplicamos la ecuación anterior a las capas de burbujas que forman la espuma, nosotros notaremos que un decremento de la función de Helmholtz es el resultado de un decremento en el área, por lo tanto, una espuma compuesta de un gas insoluble en un líquido puro es termodinámicamente inestable.

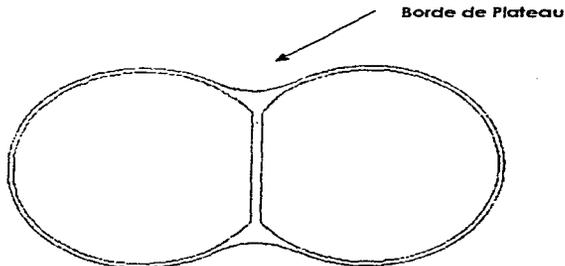


Fig 1-4



Este decremento se debe a las fuerzas que se presentan en el área de las paredes de las burbujas, una de ellas es el escurrimiento, el cual ocurre debido a que en el borde de Plateau está a una presión inferior que las otras partes de la pared de las burbujas, la Fig 1-4 muestra la localización de este borde, por lo que algo de succión es desarrollada por el borde de Plateau, el líquido se escurrirá desde toda la película alrededor de las burbujas hasta el borde, adelgazándose toda la película, la segunda fuerza que se presenta es la de la gravitación que promueve el escurrimiento de la espuma, ya que de los lugares de acumulación del líquido fluye lentamente hacia abajo.

## ADITIVOS PARA LA FORMACION DE ESPUMAS

A lo largo de su existencia se tiene el conocimiento de que la adición de pequeñas cantidades de aditivos (tensoactivos), afectan significativamente las propiedades de las espumas.

En la elaboración de estos aditivos se consideran 2 enfoques:

1) Para fortalecer las propiedades físicas de la película de la espuma y sea menos susceptible a los disturbios exteriores.

(2) Para modificar la desfavorable acción agresora al medio ambiente.

La combinación de estos dos enfoques permite tener espumas con mayor efectividad y que no representen un inconveniente para el medio ambiente.

Para que una espuma sea estable, debe presentar resistencia a los cambios dinámicos que la espuma experimenta una vez que es generada.

De acuerdo a los mecanismos que se reportan en la literatura, basados en la minuciosa revisión de la estructura de una película de espuma y los factores que afectan la estabilidad de la misma, se puede encontrar que hay varias razones para que los aditivos puedan ayudar a la estabilización como lo son:



1. Incrementar la elasticidad de la película de espuma.
2. Hacer más lento el drenado hacia abajo del líquido en la película extendida
3. Decrecer la difusión del gas a través de la película extendida.
4. Incrementar la superficie y la viscosidad de la película de la espuma

Las propiedades generales y comportamiento de los agentes tensoactivos se debe al carácter dual de sus moléculas (Grupo Hidrófilo y Grupo Hidrófobo); es así como el antagonismo entre las dos secciones de la molécula y el equilibrio entre ellas es la que da al compuesto sus propiedades activas en la superficie.

El grupo hidrófilo ejerce un efecto solubilizante y tiende a llevar a la molécula a disolución completa.

El grupo hidrófobo, en cambio y debido a su insolubilidad, tiende a contra restar la tendencia del otro.

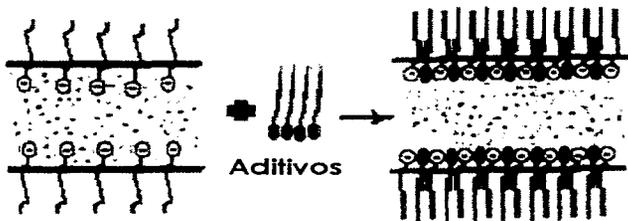


Fig 1-5



En la Fig 1-5, se muestra la forma que actúan los aditivos para estabilizar la película de espuma, mediante la disposición de las moléculas de surfactante que se acomodan de manera que se forma un arreglo empaçado logrando con esto incrementar la elasticidad de la película, mayor resistencia al drenaje y por lo tanto menos susceptible a los disturbios externos.

Todos los agentes con actividad en la superficie contienen en su molécula, uno o varios grupos hidrófilos, de naturaleza iónica o no iónica y generalmente, una estructura hidrocarbonada hidrófoba no polar.

Los grupos hidrófilos pueden estar cargados eléctricamente debido a la presencia de un par de iones de carga opuesta, o presentar cargas residuales, positivas y negativas que ponen de manifiesto la presencia de un dipolo.

### GRUPOS HIDROFILOS

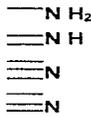
#### Grupos ácidos

Grupo Carboxilo	----COOH
Grupo Monoestersulfúrico	---O-SO <sub>2</sub> -OH
Grupo Sulfónico	---SO <sub>3</sub> H
Grupo Fosfato	---OP (OH) <sub>2</sub>

#### Grupos básicos

Amina Primaria  
Amina Secundaria  
Amina Terciaria  
Amonio Cuaternario

Piridino





Grupos no iónicos

Ester	---COO---
Amida	---CONH---
Imida	---NH---
Eter	---O---
Alcohol	---CH (OH)---

**GRUPOS HIDROFOBOS**

La parte hidrófoba de la molécula puede estar constituida por una variedad de estructuras alifáticas o alifáticas aromáticas puesto que las materias primas utilizadas en su preparación son hidrocarburos alifáticos, saturados o insaturados, ramificados o lineales e hidrocarburos aromáticos formados por anillos simples o condensados.

Algunos grupos hidrófobos pueden ser.

- Cadenas alquílicas lineales de C8-C18, derivados de ácidos grasos naturales.
- Cadenas alquílicas de C3-C8, frecuentemente unidos a núcleos aromáticos como benceno o naftaleno.
- Cadenas alquílicas olefinicas de C8-C18 o más, obtenidas por polimerización de propeno.
- Hidrocarburos hidrófobos derivados del petróleo, en rango entre C8-C20 o más.



---

La clasificación de los tensoactivos o surfactantes se dificulta con la gran variedad de tipos y tamaños, por lo que la que aquí se presenta la clasificación en función de la carga iónica presente (o ausente) de la porción hidrófoba del tensoactivo cuando se disuelve en agua.

- a) Aniónicos.
- b) Catiónicos
- c) No iónicos
- d) Anfófilos

#### **ANIONICOS.**

El grupo del tensoactivo, usualmente consiste de una cadena relativamente larga de hidrocarburo (alcano) en un anillo aromático. Le aparte Hidrófila con pocas excepciones, es ya sea, un grupo sulfato( $\text{O-SO}_3$ ), grupo sulfonato( $-\text{SO}_3$ ) o grupos fosfato( $-\text{O-P-O}_3$ )  
Los cationes pueden ser orgánicos o inorgánicos( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{CA}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4$ , etc.)

#### **CATIONICOS**

Son compuestos que contienen por lo menos una cadena de 8-25 átomos de carbono derivada de un ácido graso o derivado petroquímico y un nitrógeno cargado positivamente, el anión puede ser  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{OH}^-$  o  $\text{SO}_3^-$ .

La mayoría de los agentes cationicos están constituidos por una cadena larga de sales de amonio cuaternarios o sales alquilaminas.

La cadena larga constituye el grupo hidrófobo, en tanto que el hidrófilo, pequeño y altamente ionizado, lo constituye, así mismo, el nitrógeno tetravalente en forma de sales de amonio cuaternario.

Estos surfactantes son de menor interés que los aniónicos y no iónicos, pero su importancia reside en la industria por su eficiencia bactericida, germicida y algicida.

---



FORMULA GENERAL

### NO IONICOS

El término surfactante no ionico se refiere principalmente a los derivados polioxielilenados y polioxiipropilenados.

En los agentes no ionicos el grupo hidrofóbico esta formado por una cadena larga que contienen una serie de grupos solubilizantes(hidrofilicos), tales como enlaces etéreos o grupos hidroxilos en su molécula. La repetición de estas unidades débiles tienen el mismo efecto que un hidrófilo fuerte, salvo que no hay ninguna ionización.

### FORMULA GENERAL



Los surfactantes no ionicos tienen la ventaja de que son estables frente a la mayoría de los productos químicos en las concentraciones usuales al empleo. Al no ionizarse en agua forman sales con los iones metálicos y son igualmente efectivos en aguas blandas y duras.

Su naturaleza química los hace compatibles con otros agentes tensoactivos catiónicos y aniónicos.

### ANFOTERICOS

Presentan en su molécula grupos aniónicos y catiónicos, están principalmente constituidos por una cadena de grasa y un nitrógeno cuaternario conteniendo un radical aniónico.

Son productos completamente estables en sistemas ácidos y alcalinos, son básicos en el área cosmética por su buena tolerancia cutánea.



Para la generación de espumas contra incendio se utilizan tres elementos aire, agua y agentes aditivos, el uso de este tipo de compuestos es, ya que le confiere al agua una menor tensión superficial para la formación de burbujas más resistentes y que le permitan flotar sobre combustibles como benceno, gasolina entre otros líquidos inflamables.

Entre las moléculas del agua puede formarse un enlace débil que se conoce como " Puente de Hidrógeno" y que origina que el agua sea un líquido con mayor estructura que cualquier otro líquido y con mayor fuerza intermolecular, con excepción de los metales líquidos y por lo tanto con una elevada tensión superficial.

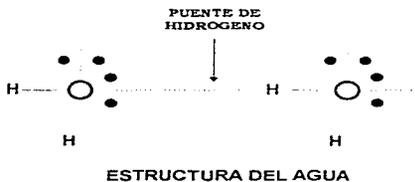


Fig 1-6

El agua presenta una Tensión Superficial tan alta que las burbujas que se forman en su interior al llegar al nivel del líquido se rompen en finas gotas.

Los agentes tensioactivos reducen la tensión del agua de 72 dinas/cm hasta un valor de 5 dinas/cm, valor más bajo que el de la tensión superficial que presentan los líquidos inflamables.



## CAPITULO II ¿QUE SON LAS ESPUMAS?



---

En el momento de la formación de las burbujas que originan el manto por la inclusión de aire en el seno del líquido, se debe tener una buena dosificación de aire, para que el manto formado tenga un tamaño de burbuja uniforme.

Hoy en día se han desarrollado concentrados espumógenos con formulaciones que permiten mayor abatimiento de la tensión superficial y no solo mayor resistencia a la ruptura, además, les confieren resistencia al calor y a la contaminación por combustible, teniendo como resultado espumas más estables.

Existen diferentes tipos de usos de las espumas, la protección industrial no queda excluida, es por ello que encuentran su mayor uso en el combate de incendios debido a la facilidad que resulta el combate de incendios y ser un medio de protección para líquidos inflamables, a nivel industrial las cantidades de combustibles inflamables que se utilizan para una gran variedad de aplicaciones, es necesario protegerlos de la amenaza que representa un incendio.



## CAPITULO III

### LAS ESPUMAS MECANICAS

El problema del fuego es algo que el hombre le a hecho frente a lo largo de la historia desarrollando diferentes técnicas, medios de mitigarlo controlarlos y extinguirlos, el uso de espumas para la mitigación resulto un hecho muy relevante en el combate de incendios clase B es decir líquidos combustibles, desde que se empezaron a usar hoy en día se a llegado a perfeccionar muchas de las formas de generarlas debido a las enormes ventajas que ofrecen en el Combate de incendios por sus propiedades.

Las espumas contra incendio aparecieron por primera vez a finés del siglo XIX, para combatir incendios en hidrocarburos.

Al agente original se le conoció como " Espuma Química " debido a que la burbuja de espuma era el resultado de una reacción química.

Las espumas químicas se han dejado de utilizar y hoy en día se han sustituido por las " **Espumas Mecánicas** ", ya que estas presentan ventajas mejoradas en el combate de incendios.

Las espumas mecánicas contra incendio reciben este nombre por que consisten en una masa de burbujas rellenas de gas que se producen como resultado de la introducción mecánica de aire atmosférico (de ahí que se les llame así), dentro de una solución de agua y un concentrado de agentes espumógenos.

Las espumas pueden formarse de diferentes maneras según su acción extintora. Algunas son espesas y viscosas, capaces de formar capas fuertemente resistentes al calor por encima de la superficie de los líquidos incendiados, incluso en superficies verticales.



Otras espumas son más delgadas pero se extienden más rápidamente, dependiendo de las formulaciones de los diferentes tipos de agentes espumógenos se puede genera mantos de espuma con características diferentes para el combate en los diferentes líquidos inflamables que se represente un riesgo por incendio.

Algunas producen una película que detiene el paso de vapor por medio de una solución acuosa superficialmente activa.

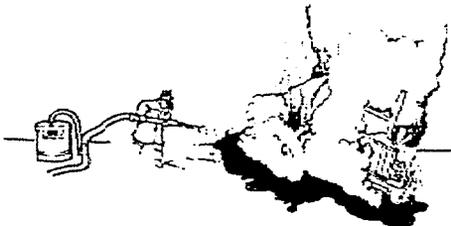
Existen aquellas que sirven para producir grandes volúmenes de celdillas de gas húmedo para inundar superficies u ocupar espacios totalmente.

### CLASIFICACION DE LAS ESPUMAS MECANICAS

La espumas contra incendio se clasifican en tres categorías de acuerdo a su factor de expansión. El factor de expansión se define como la relación de volumen de espuma formada derivada de la solución usada para generarla, es decir una relación de 8 quiere decir 800 galones (o litros), de espuma por 100 galones (o litros de solución).

#### ESPUMAS DE BAJA EXPANSION

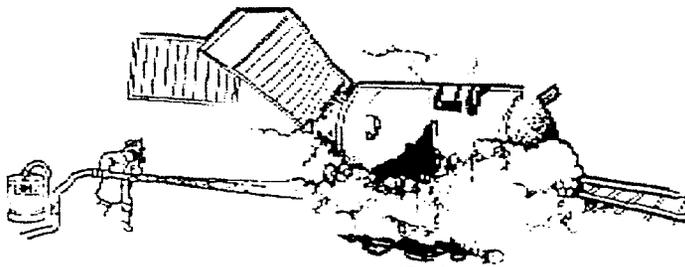
Las espumas de baja expansión tienen una proporción de expansión cerca de 20:1, las espumas de esta categoría han sido probadas con éxito y en la actualidad usadas como un medio efectivo para extinguir, controlar y brindar mayor seguridad para fuegos clase B.





### ESPUMAS DE MEDIA EXPANSION

Espumas diseñadas para formar un manto que cubra derrames de líquidos peligrosos evitando la generación de vapores al medio ambiente o algún otro entorno, el término media expansión se refiere a las espumas con un factor de expansión entre 200 : 1.



### ESPUMAS DE ALTA EXPANSION

Espumas diseñadas para el combate de incendios en espacios confinados.

Dependiendo del tipo de generador de espuma que se tenga, las espumas pueden tener un factor de expansión entre 500 : 1 y de hasta 1000 : 1.



### CAPITULO III LAS ESPUMAS MECANICAS



Las espumas de alta expansión sirven para dominar fuegos de clase A o de clase B y son especialmente aptas para producir inundaciones en espacios cerrados.

La espuma de alta expansión constituye un vehículo muy valioso para el transporte de masas de espuma húmeda a lugares inaccesibles, para la inundación total de espacios cerrados y para el desplazamiento volumétrico de vapores, calor y humo.

Las pruebas han demostrado que, en ciertas condiciones, la espuma de alta expansión, cuando se emplea en combinación de agua procedente de rociadores automáticos, proporciona una capacidad de dominio y extinción de fuego, mayor que cualquier otro agente extintor por sí solo (un ejemplo puede ser el almacenamiento en altura de papel en bobinas).

La eficiencia óptima frente a cualquier tipo de riesgo depende de la velocidad de aplicación, de la expansión de la espuma y de su estabilidad.

Hoy en día, se tienen varios métodos para generar y aplicar las espumas, además de una variedad de concentrados con distintas formulaciones, de acuerdo al tipo de riesgo que se desee combatir.

Todos los sistemas para la formación de las espumas mecánicas, no obstante su tamaño o complejidad, constan de los mismos componentes básicos; cada componente debe funcionar adecuadamente para lograr un resultado exitoso al combatir el incendio.

El abastecimiento de agua para incendio proviene de camiones - cisterna o un sistema de hidrantes.



Los volúmenes y presiones necesarios dependen del tipo y tamaño de riesgo del líquido inflamable. La Fig-3 muestra un diagrama de los principales componentes para la generación de la espuma.

### COMPONENTES PARA LA GENERACION DE ESPUMA

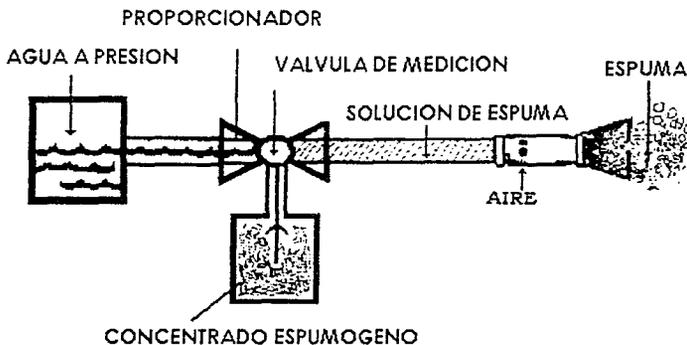


Fig-3



### CAPITULO III LAS ESPUMAS MECANICAS



Cada componente debe operar adecuadamente para generar un manto de espuma de óptimas condiciones.

El concentrado de espuma puede abastecerse en baldes, tambores o tanques de grandes capacidades. Los tanques de concentrado pueden ser estacionarios o montados sobre camiones remolques.

La cantidad y tipo de concentrado depende del tamaño y tipo de riesgo.

El proporcionador debe dosificar correctamente el concentrado de espuma con el abastecimiento de agua y producir una solución espumante.

Existen varios tipos de proporcionadores pero el tipo y capacidad del mismo depende del tipo y tamaño de riesgo del líquido inflamable.

El formador de espuma mezcla mecánicamente el aire atmosférico con la solución de espuma producida por el proporcionador, para generar finalmente la espuma que se descarga en la superficie deseada.

El formador de espuma debe descargar la espuma expandida en la superficie del líquido inflamable.

Hay muchos tipos de formadores de espuma para cubrir la variedad de tipos de incendio.



## SISTEMAS DE PROPORCIONAMIENTO

Los sistemas de proporcionamiento son aquellos que se encargan de dosificar el concentrado espumógeno y el agua en proporciones adecuadas.

Para poder extinguir incendios en líquidos inflamables es necesario producir una espuma de óptima cantidad y calidad, para lo cual se necesita el proporcionamiento correcto.

Algunos sistemas de proporcionamiento operan en base a la presión del agua disponible.

Si el porcentaje de concentrado espumógeno es muy alto, la espuma producida será demasiado espesa y no podrá fluir alrededor de posibles construcciones.

Además, se acortará el tiempo normal de operación para la cantidad de concentrado disponible, por lo contrario, una mezcla demasiado pobre puede producir una espuma con drenaje muy rápido y menos resistente al calor y con mayor tendencia al rompimiento por las llamas. Por lo tanto, el deterioro será más rápido que lo normal.

Para elegir el mejor método de proporcionamiento depende de muchos factores, cada uno de los cuales debe considerarse de acuerdo a las condiciones existentes en cada caso específico.

El tamaño de área a proteger, propiedades del líquido combustible, el tipo de concentrado que se utilice para generar la espuma, pero los dos factores más importantes son la **Tasa de Aplicación** y la **Presión del Agua** disponible en la zona del peligro.

La tasa de aplicación se define como " El mínimo volumen entregado de solución de espuma medido en GPM por unidad de superficie incendiada ". varía de acuerdo al producto, riesgo y tipo de aplicación, la presión de agua es un factor con mucha importancia ya que dependiendo de la presión con la que se cuente en la zona de peligro se puede escoger entre uno u otro sistema de proporcionamiento. En la tabla No. (3-1), se presentan los diferentes métodos de proporcionamiento su aplicación y limitantes en operación.



TABLA No. (3-1)

METODOS MAS COMUNES DE PROPORCIONAMIENTO Y SU APLICACION			
METODO DE PROPORCIONAMIENTO	COMPATIBILIDAD DE CONCENTRADO	APLICACION GENERAL	LIMITACIONES
Proporcionamiento en línea	TODOS	Sistemas con flujo pequeño	Rango de Proporcionamiento limitado a un mínimo de 90 PSI presión en la entrada.
Proporcionamiento a Presión (Provisto con tanque sin Diafragma)	Proteínas Flucroproteínas. No es aplicable con componentes sintéticos	Sistemas de flujo variable	No rellenable durante operación. Restringida a concentrados a base de proteínas.
Proporcionamiento a Presión (Provisto de tanque con Diafragma)	Todos	Sistemas de gran tamaño de flujo variable	No rellenable durante operación.
Proporcionamiento a Presión Balanceada	Todos	Sistemas de flujo variable o sencillas y múltiples	Requiere fuente de energía para la bomba de concentrado.
Proporcionamiento a Presión Balanceada en Línea	Todos	Sistemas múltiples	Requiere fuente de energía para la bomba de concentrado.



La elección no es tan complicada como parece cuando se considera las alternativas sistemáticamente, todos los sistemas de proporcionamiento trabajan en función al principio Venturi modificado, esta modificación se refiere a una perforación que tiene el Venturi en la zona de baja presión en la Fig.3-1 se ilustra un tubo Venturi sin modificaciones y en la Fig.3-2 la modificación.

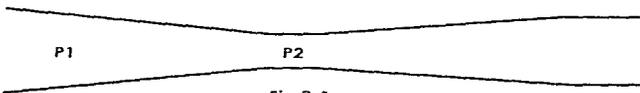


Fig 3-1

La presión en el punto uno es mayor que en el punto dos, la restricción en la tubería en el camino que recorre el agua, hace que este experimente una caída de presión a tal punto en que la presión en el punto dos es menor. En el siguiente dibujo se esquematiza el Venturi modificado, en el que se tiene un orificio en la zona de baja presión, para que pueda fluir otro fluido que este a presión menor, que la que se genera en esa zona y poder efectuar la dosificación.

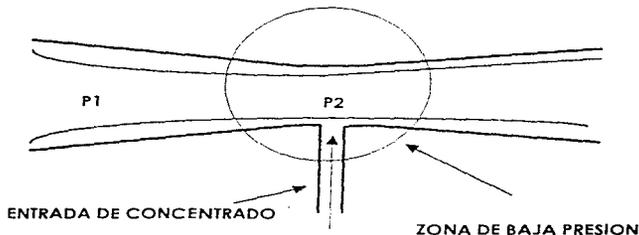


Fig 3-2



### PROPORCIONAMIENTO EN LINEA

Este tipo de proporcionamiento extrae el concentrado espumógeno de un recipiente o depósito por efecto Venturi, utilizando la presión de trabajo de la corriente de agua que pasa por la manguera en que está instalado.

A continuación inyecta el concentrado espumógeno en la corriente de agua, su funcionamiento correcto es muy sensible a las presiones y corrientes de agua, los cambios de cualquiera de estos factores sobre los que está calculado el proporcionador produce un proporcionamiento incorrecto.

Algunos modelos de este dispositivo proporcionador tienen incorporadas válvulas de medición en la toma del concentrado espumógeno de modo que se puedan obtener diversos porcentajes volumétricos de concentrado para mezclar con la corriente de agua.

Generalmente se sitúa una válvula de retención en esta toma, de modo que el agua no pueda retroceder hacia el recipiente de concentrado en caso de que se presentara un taponamiento o se cerrara una válvula corriente abajo de la manguera.

El empleo de los proporcionadores en línea ofrecen un método de proporcionamiento simple y relativamente barato cuando la presión del abastecimiento de agua es razonablemente alta.

Cada proporcionador es diseñado para una determinada tasa de descarga de agua a una determinada presión y automáticamente efectúa el proporcionamiento correcto a esa presión y a esa tasa de descarga.

Presiones de entrada de agua mayores o menores dan como resultado un incremento o disminución del flujo de agua, con un cambio en el proporcionamiento.



### CAPITULO III LAS ESPUMAS MECANICAS



Los proporcionadores en línea se diseñan en un rango de tamaños para satisfacer casi cualquier necesidad. En la tabla No. (3-2), contiene datos como presión de entrada y tasa de solución, manejados por este tipo de proporcionadores.

Los proporcionadores en línea son usados en sistemas con entubado fijo o con boquillas portátiles y deben ser correctamente seleccionados para que correspondan al formador de espuma o boquilla seleccionados.

En instalaciones fijas la ubicación preferida para un proporcionador en línea es en la base del tanque de almacenamiento de concentrado para permitir una condición de succión por inundación en todo momento.

Sin embargo, puede ser instalada a una altura máxima de 6 ft por encima del fondo del tanque.

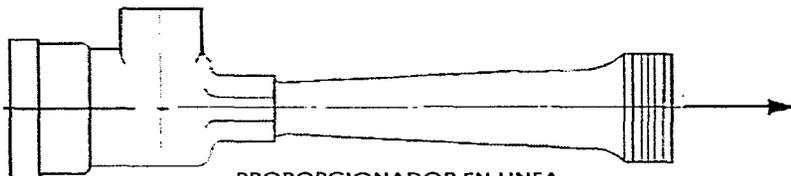
Generalmente los proporcionadores en línea operan adecuadamente con presiones de entrada del agua entre 100 psi a 200 psi, una presión de 125 psi o mayor es preferible.

Cuando el proporcionador en línea es usado como unidad portátil, éste viene equipado con un tubo flexible de succión que permite la inducción del concentrado de recipientes portátiles.

Se debe tener precaución ya que las capacidades de la boquilla y la de el proporcionador en línea deben corresponder para asegurar un proporcionamiento correcto.



CAPITULO III  
LAS ESPUMAS MECANICAS



PROPORCIONADOR EN LINEA

Fig 3-3

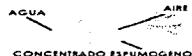
TABLA No. (3-2)

FLUJO DE SOLUCION EN EL SISTEMA DE PROPORCIONAMIENTO EN LINEA

MODELO	PRESION DE ENTRADA		TASA DE FLUJO DE SOLUCION				MODELO	PRESION DE ENTRADA		TASA DE FLUJO DE SOLUCION			
			3%		6%					3%		6%	
			GPM	LPM	GPM	LPM				GPM	LPM	GPM	LPM
LP75LP-6	90	521	44.3	168	45.7	173	90	521	246.9	935	254.8	964	
	110	759	48.2	182	49.6	188	110	759	258.0	977	266.3	1008	
	125	862	51.0	193	52.7	199	125	862	268.8	1017	277.3	1050	
	135	931	52.8	200	54.5	206	135	931	293.9	1112	303.3	1148	
	165	1138	57.2	215	59.0	223	165	1138	319.1	1208	329.3	1246	
	200	1379	63.0	238	65.0	246	200	1379	351.3	1306	362.6	1372	
LP102LP-9	90	521	65.1	246	57.2	254	90	521	294.7	1118	304.1	1151	
	110	759	70.9	268	73.2	277	110	759	309.0	1166	317.9	1203	
	125	862	75.0	284	77.4	293	125	862	320.8	1214	331.1	1253	
	135	931	77.6	293	80.0	303	135	931	350.8	1309	362.0	1370	
	165	1138	84.2	317	86.9	327	165	1138	380.9	1442	393.1	1426	
	200	1379	92.7	351	95.5	362	200	1379	419.4	1547	432.8	1638	



CAPITULO III  
LAS ESPUMAS MECANICAS



MODELO	PRESION DE ENTRADA		TASA DE FLUJO DE SOLUCION				MODELO	PRESION DE ENTRADA		TASA DE FLUJO DE SOLUCION			
			3%		6%					3%		6%	
			GPM	LPM	GPM	LPM				GPM	LPM	GPM	LPM
	90	621	69.5	339	92.3	349		90	621	348.5	1506	366.5	1349
	110	759	97.4	369	100.5	390		110	759	361.5	1366	371.5	1410
LP/SLP-12	125	862	103.0	393	106.3	400	LP/SLP-12	125	862	376.0	1453	386.0	1469
	135	931	106.5	403	109.9	416		135	931	411.0	1556	424.4	1556
	145	1033	115.7	438	119.4	452		145	1034	446.4	1669	450.7	1704
	200	1379	127.3	482	129.4	497		200	1379	471.5	1860	527.2	1920
	90	621	69.5	339	92.3	349		90	621	348.5	1506	366.5	1349
	110	759	97.4	369	100.5	390		110	759	361.5	1366	371.5	1410
LP/SLP-15	125	862	103.0	393	106.3	400	LP/SLP-15	125	862	429.0	1575	442.9	1675
	130	931	106.5	398	109.2	400		130	931	469.4	1777	484.4	1843
	135	931	106.5	398	109.2	400		135	931	509.5	1929	525.9	1993
	200	1379	127.3	482	129.4	497		200	1379	561.0	2109	576.9	2161
	90	621	69.5	339	92.3	349		90	621	348.5	1506	366.5	1349
	110	759	97.4	369	100.5	390		110	759	361.5	1366	371.5	1410
LP/SLP-17	125	862	103.0	393	106.3	400	LP/SLP-17	125	862	483.3	1829	498.3	1919
	130	931	106.5	398	109.2	400		130	931	520.0	2001	548.0	2074
	135	931	106.5	398	109.2	400		135	931	557.9	2172	592.0	2141
	200	1379	127.3	482	129.4	497		200	1379	631.9	2392	652.0	2459
	90	621	69.5	339	92.3	349		90	621	348.5	1506	366.5	1349
	110	759	97.4	369	100.5	390		110	759	361.5	1366	371.5	1410
LP/SLP-20	125	862	103.0	393	106.3	400	LP/SLP-20	125	862	535.2	2029	552.4	2091
	130	931	106.5	398	109.2	400		130	931	580.6	2219	604.0	2257
	135	931	106.5	398	109.2	400		135	931	626.0	2416	655.0	2469
	200	1379	127.3	482	129.4	497		200	1379	677.4	2619	705.0	2754



## APLICACION

Los sistemas de proporcionamiento en línea son utilizados para sistemas con entubado fijo o con boquillas portátiles y deben ser cuidadosamente seleccionados para que correspondan al formador de espuma o boquilla seleccionado, para seleccionarlo solo es necesario conocer la presión a la que se debe alimentar la solución al formador o boquilla correspondiente.

## PROPORCIONAMIENTO A PRESION (SIN DIAFRAGMA)

Existe otro método que utiliza la presión del agua como la fuente de poder en un elemento conocido como proporcionador a presión.

Con este elemento de abastecimiento el agua presuriza el tanque de concentrado.

Al mismo tiempo el agua que fluye a través de un sistema Venturi modificado u orificio, crea una zona de baja presión.

Esta área de baja presión está conectada al tanque de concentrado, de tal manera que la diferencia de presión del suministro de agua y la de esta área de baja presión, forza al concentrado a introducirse dentro del proporcionador.

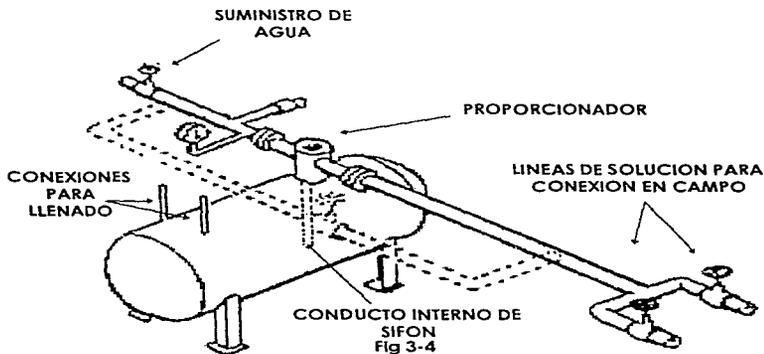
La pérdida de presión a través de esta unidad es relativamente baja, así mismo, la diferencial a través del proporcionador varía en proporción al flujo, para que el proporcionador funcione adecuadamente en un amplio rango de flujos.



Ya que el agua ingresa al tanque a medida que el concentrado esta siendo descargado, éste no podrá reabastecerse durante el proceso de descarga como es el caso con otros métodos. Cuando el concentrado se haya acabado, el sistema deberá ser apagado, el tanque lavado con agua y llenado nuevamente de concentrado espumógeno.

El esquema típico de un proporcionador a presión se muestra en la Fig 3-4.

El sistema de proporcionamiento a presión puede ser instalado con el tanque en forma vertical u horizontal.





En la Tabla No.(3-3), se muestra los flujos de solución que se alcanzan con este tipo de sistemas. Para poner en funcionamiento este sistema, el operador solamente necesitará abrir la correspondiente válvula para la descarga del flujo de agua y las válvulas de descarga de solución.

TABLA No. (3-3)

FLUJO DE LA SOLUCION GPM (LPM)			CAIDA DE PRESION PSI (BAR)		
Min.	CAPACIDAD PROMEDIO	Max.	Min.	CAPACIDAD PROMEDIO	Max.
30 (11.4)	120 (454)	180 (681)	1 (0.07)	8 (0.55)	15 (1.03)
60 (227)	500 (1893)	750 (2839)	1 (0.07)	10 (0.69)	20 (1.38)
90 (2271)	600 (2271)	900 (3407)	1 (0.07)	10 (0.69)	20 (1.38)

#### APLICACIÓN

Los sistemas de proporcionamiento a presión, son especialmente útiles cuando la presión de agua es relativamente baja o cuando no hay electricidad disponible para operar una bomba de agua. la presión máxima para trabajar es de 175 psi (12 bar), estos tanques son diseñados hasta un máximo de 3600 galones para almacenar el concentrado espumógeno, y solo se utiliza para cuando se desee usar un concentrado a base de proteína y fluoroproteica.



### PROPORCIONAMIENTO A PRESION CON TANQUE DE VEJIGA (CON DIAFRAGMA)

El método de proporcionamiento a presión con tanque de vejiga, opera en forma semejante que los proporcionadores a presión sin tanque de vejiga o standard.

La principal diferencia entre uno y otro sistema es que este está provisto de un diafragma en forma de vejiga que físicamente separa el agua del concentrado espumógeno en el interior del tanque.

Por lo tanto, esta característica permite que todo el concentrado espumógeno sea usado en una sola ocasión usando este método.

En la Fig 3-5, se muestra el esquema de este tipo de sistema de proporcionamiento, el diafragma está representado por la línea punteada.

También este método al igual que el standard utiliza agua presurizada junto con el controlador de proporcionamiento para producir la solución de espuma.

En este arreglo, el agua es suministrada en forma simultánea a la entrada del controlador de proporcionamiento a la vez que presuriza el concentrado espumógeno contenido en la vejiga esta vejiga se fabricada de un material elastomero y está en el interior del tanque.

Al fluir el agua a través del controlador de proporcionamiento, esta diferencia de presión entre el tanque y el punto de inyección del concentrado fuerza al concentrado espumógeno a cruzar desde el tanque al orificio interior del controlador de proporcionamiento, aquí se mezcla con el agua para tener una tasa constante de descarga de solución a varias



### CAPITULO III LAS ESPUMAS MECANICAS



proporciones de flujo, los rangos de flujo se muestran en la tabla No. (3-4), que se alcanzan con este tipo de sistema de proporcionamiento.

Las unidades tienen una baja caída de presión y están conectadas directamente a la válvula de descarga.

Durante la operación de espumación, el agua del exterior de la vejiga desplaza gradualmente el concentrado espumógeno que se encuentra en el interior de la vejiga.

**TABLA No. (3-4)**

PROPORCIONADOR	RANGO DE FLUJO EN GPM(LPM)							
	Todos los concentrados excepto AFFF				CONCENTRADOS AFFF			
2"	30	(114)	180	(681)	60	(227)	180	(681)
3"	70	(265)	450	(1703)	170	(643)	450	(1703)
4"	150	(568)	1200	(4542)	320	(1211)	1200	(4542)
6"	300	(1136)	2500	(9463)	700	(2650)	2500	(9463)
8"	850	(3218)	5000	(18925)	1400	(5299)	5000	(18925)

#### APLICACIÓN

Cuando se necesite usar concentrados del tipo AFFF o del tipo sintético es preferible este método a diferencia del sistema sin diafragma, ya que los concentrados formulados con componentes sintéticos (agentes tensoactivos fluorocarbonados), pueden corroer el tanque de almacenamiento a base de acero para precipitar xantatos, es por ello que el diafragma de nylon elastomérico hace posible el uso de este tipo de concentrados cuando se tenga presión disponible en la zona de peligro.

Los sistemas de proporcionamiento con diafragma se ven limitados en relación al flujo que manejan los controladores de proporcionamiento, como se muestra en la tabla (3-4).



TANQUE CON DIAFRAGMA

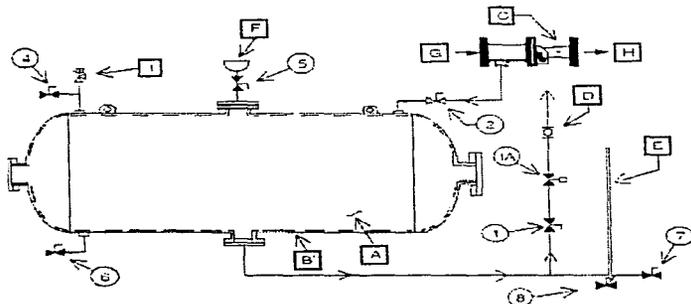


Fig 3-5

DESCRIPCION

A	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	1	SUMINISTRO DE CONCENTRADO (MANUAL)
B	DIAFRAGMA	1A	SUMINISTRO DE CONCENTRADO AUTOMATICO
C	PROPORCIONADOR	2	VALVULA PARA CONTROL DE PRESION DEL AGUA
D	VALVULA CHECK	4	VENTEO DEL TANQUE
E	MIRA DE VIDRIO	5	VENTEO DEL DIAFRAGMA
F	TOMA DE LLENADO	6	DRENADO DE AGUA
G	TUBERIA DE SUMINISTRO DE AGUA		
H	SOLUCION DE ESPUMA	7	DRENADO DE CONCENTRADO
I	DISPOSITIVO PARA RELEVO DE PRESION	8	INDICADOR DE LA MIRILLA



### CAPITULO III LAS ESPUMAS MECANICAS



#### PROPORCIONAMIENTO DE PRESION BALANCEADA

Cuando se requiere una gran variedad de presiones y flujos para poder combatir una gran variedad de peligros (Como en una planta petroquímica, tanques de productos, planta de electricidad), se recomienda el uso del método conocido como presión balanceada.

El método más usado y más versátil para proporcionar el concentrado de espuma dentro del flujo de agua es por medio de un sistema proporcionador de presión balanceada. Una vez puesto en operación, este sistema automáticamente proporciona un concentrado en una variedad de flujos y presiones sin ajustes manuales.

El uso de este sistema es ideal para camiones de espuma, barcos o sistemas fijos donde existe escasez de mano de obra.

Esta reducción en la presión causa el flujo de concentrado y en seguida pasa a través de un orificio que mide el concentrado para luego transportarse al área de presión reducida.

A medida que aumenta el flujo de agua a través del orificio del controlador de proporción, también aumenta la reducción de presión, afectando así una correspondiente baja de presión en el orificio medidor de concentrado. Esta baja de presión causa un flujo de concentrado que corresponde al flujo de agua que pasa por el controlador de proporción.

Como el agua y el concentrado de espuma fluyen dentro de una área común de presión reducida, solo es necesario mantener iguales presiones de agua y concentrado en la entrada del controlador.

El principio de la operación está basado en el uso de un proporcionador Venturi modificado, comúnmente llamado un controlador de proporción.



A medida que el agua pasa por un orificio en la entrada del controlador de proporción, crea una área de presión reducida entre el orificio y una sección de descarga llamada garganta o receptor de proporción.

Líneas sensoras de presión van desde las tuberías de concentrado y agua en la parte anterior de la entrada del controlador de proporción a las entradas de concentrado y agua de la válvula del diafragma. En la Fig 3-6, se ilustra arreglo del sistema de proporcionamiento de presión balanceada.

### SISTEMA DE PROPORCIONAMIENTO DE PRESION BALANCEADA

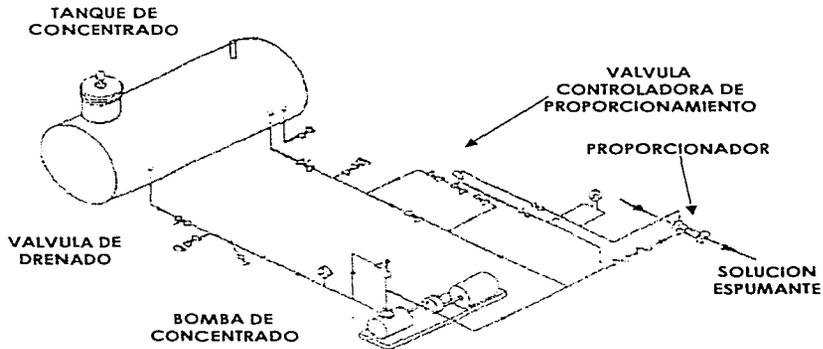


Fig 3-6



### CAPITULO III LAS ESPUMAS MECANICAS



Está válvula automáticamente regula la presión del concentrado para que corresponda a la presión de agua.

Un manómetro dúplex controla el balance del concentrado y agua en un solo instrumento.

Para operación manual no se requiere de la válvula de diafragma.

La presión del concentrado es regulada para que corresponda a la presión de agua por medio de una válvula operada manualmente y montada en un circuito de desvío.

La pérdida de presión a través del proporcionador es aproximadamente de 25-30 psi (170-207 kPa), a flujo máximo dependiendo del tamaño del controlador de proporción que se seleccione.

El flujo mínimo en el cual este aparato puede proporcionar correctamente es aproximadamente 15 % del flujo máximo para la cual está diseñado.

Otros sistemas y proporcionadores son diseñados a pedido y medida de acuerdo al uso que se le tiene asignado.

En la tabla No.(3-4) se muestra los rangos de flujo de solución que se manejan en el sistema de proporcionamiento a presión balanceada.

**TABLA No. (3-5)**

DIAMETRO DEL PROPORCIONADOR	RANGO DE FLUJO	
	GPM	LPM
2 "	30-180	(114-681)
3 "	70-450	(265-1703)
4 "	150-1200	(568-4542)
6 "	300-2500	(1136-9463)
8 "	850-5000	(3218-18925)



## APLICACION

Cuando se desee trabajar con un rango específico de proporcionamiento y que solo sea necesario usar un controlador de proporcionamiento para los peligros que se deseen proteger este sistema puede ser elegido.

## PROPORCIONAMIENTO DE PRESION BALANCEADA EN LINEA

Cuando sea necesario operar bajo una o más de las siguientes condiciones, se recomienda el uso de proporcionamiento de presión balanceada en línea.

1. Operación simultánea de agua o espuma de algunos o todos los elementos de descarga.(Boquillas, monitores, etc.).
2. Operación de descarga múltiple de varios elementos con diferencias de presión en los puntos de descarga.
3. Elementos de descarga ubicados en diferentes áreas remotas del tanque de almacenamiento de concentrado y del sistema de proporcionamiento.
4. Capacidad de operar selectivamente con espuma o agua en cada una de las estaciones proporcionadoras.
5. Facilidad para escoger el tamaño del proporcionador más adecuado para el área a protegerse.

El sistema de proporcionamiento de presión balanceada en línea utiliza una sola bomba y un tanque para almacenamiento del concentrado y requiere de una tubería de concentrado paralela a la tubería matriz de agua. El abastecimiento del líquido concentrado se efectúa mediante el uso de una bomba de desplazamiento positivo.



### CAPITULO III LAS ESPUMAS MECANICAS



Una válvula reguladora de presión en la línea de retorno de la bomba de concentrado mantiene presión constante en la matriz de concentrado a cualquiera de los rangos de flujo a los que se halla diseñado.

Un proporcionador de presión balanceada en línea deberá colocarse en cada monitor, salida de manguera u otro punto de descarga.

Este elemento especial de proporcionamiento tiene conexiones de entrada tanto para el concentrado como para el agua.

La solución de espuma fluye luego hacia el elemento formador de espuma.

El proporcionador de presión balanceada en línea automáticamente balancea la presión del concentrado con la presión del agua para asegurar un correcto proporcionamiento ante una amplia gama de condiciones de flujo.

Los sistemas de proporcionamiento de presión balanceada en línea abastecen solución de espuma proporcionada con precisión o simplemente agua a cada elemento de descarga en el sistema. en la Fig-(3-6), se muestra el sistema de presión balanceada en línea.

Los monitores o las boquillas pueden conmutarse del flujo de espuma al flujo de agua o del flujo de agua al flujo de espuma, o cerrarse completamente sin afectar la operación correcta de los demás elementos de descarga en el sistema.

En aquellos casos cuando en el sistema la tubería del concentrado es mantenida en condición de carga constante, se deberán tomar previsiones que aseguren se fluya espuma a través de cada uno de los proporcionadores de presión balanceada en línea cuando menos una vez cada medio año.

Cuando un sistema de esta naturaleza es instalado en climas intensamente fríos, es necesario cargar el sistema con " Espumas Frías ".



CAPITULO III  
LAS ESPUMAS MECANICAS



TABLA No. (3-6)

PROPORCIONADOR	RANGO DE FLUJO	
	GPM	(LPM)
2 "	30-180	(114-681)
3 "	70-450	(265-1703)
4 "	150-2000	(568-45429)
6 "	300-2500	(1136-9463)
8 "	850-5000	(3218-18925)

**APLICACIÓN.**

Cuando se tengan diferentes tiempos de recorrido de las soluciones y diferentes puntos de descarga como lo puede ser en refineries o en algún otro lugar donde se tengan diferentes contenedores para almacenamiento de diferentes capacidades.



SISTEMA DE PROPORCIONAMIENTO A PRESION BALANCEADA EN LINEA

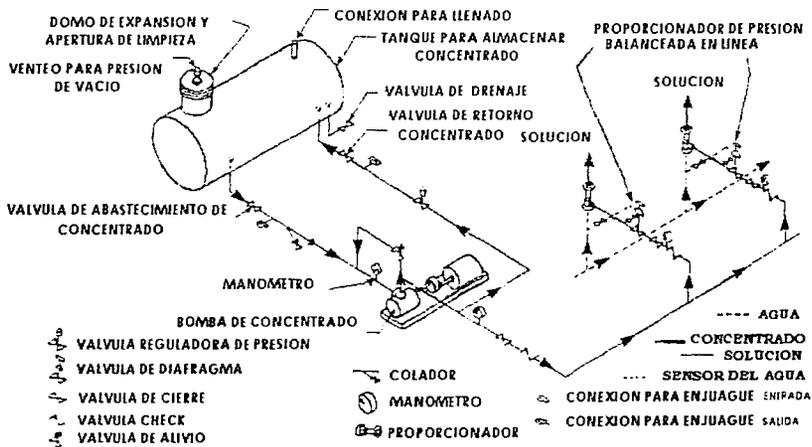


Fig 3-6



## FORMACION DE ESPUMA

Una vez que se mezclan el agua y el concentrado espumógeno en el sistema de proporcionamiento para dar una solución homogénea, esta solución, pasa a través de un dispositivo que recibe el nombre de formador de espuma.

Estos dispositivos se diseñan para mezclar aire atmosférico con la solución de espuma para producir finalmente la espuma.

Algunos formadores de espuma también utilizan el principio Venturi, para la inclusión de aire en la corriente de solución.

Existen otros dispositivos los cuales no tienen aspiración de aire y son generados mediante la inyección de aire comprimido, tal es el caso de las espumas de alta expansión.

LA NFPA (NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION), clasifica en tres tipos a los formadores de espuma: **Tipo I, Tipo II y Tipo III**

### TIPO I Y TIPO II

La NFPA, considera a todos los dispositivos que se encuentran fijos como Tipo I y Tipo II, actualmente el Tipo I se encuentran fuera de uso, en la Fig-(3-4), se muestra un tipo de formadores de espuma

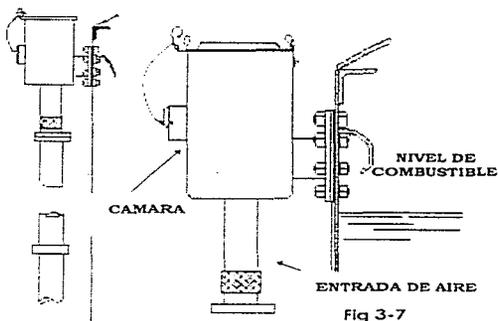


Fig 3-7



### CAPITULO III LAS ESPUMAS MECANICAS



conocidos como cámaras de espuma, estos dispositivos se utilizan principalmente para proteger tanques de almacenamiento de hidrocarburos y solventes polares estas cámaras se colocan en la parte más alta del tanque por encima del nivel del líquido inflamable, para llevar a cabo la descarga de espuma.

Para la inclusión de aire atmosférico y formar las espumas, como se muestra en la figura anterior se indica la entrada del aire, en esta sección debido a la zona de baja presión que se produce por el efecto del Venturi, esta restricción en la tubería acelera la corriente de solución de espuma haciendo que la presión baje momentáneamente y es aquí donde se introduce el aire, de la atmósfera, dando origen a las burbujas que forman la espuma finalmente para su aplicación sobre la superficie de combustible.

Existe otra forma de aplicar la espuma llamada inyección subsuperficial la cual consiste en inyectar la espuma por el fondo del tanque, la espuma recorre el interior del tanque en forma ascendente, hasta llegar a la superficie del combustible incendiado, con las nuevas medidas para evitar la contaminación del aire las compañías petroquímicas han cambiado sus gasolinas reformulándolas con aditivos oxigenados para tener una combustión más eficiente, por lo que este método solo es posible aplicarlo con hidrocarburos y no con solventes polares o mezclas de ambos, debido a que la espuma es miscible con los solventes polares. Este método resulta entonces aplicable y limitado solo a hidrocarburos, donde la espuma que se genera no se destruye con el contacto del combustible, pero cabe mencionar que la NFPA a través de sus normas publicadas no recomienda el uso del método en tanques de almacenamiento de techo flotante, esta restricción se debe a que en el momento del incendio se puede venir abajo el techo y bloquear la trayectoria de la espuma impidiendo que llegue la superficie incendiada.



### ARREGLO DEL FORMADOR DE ESPUMA DE CONTRAPRESION

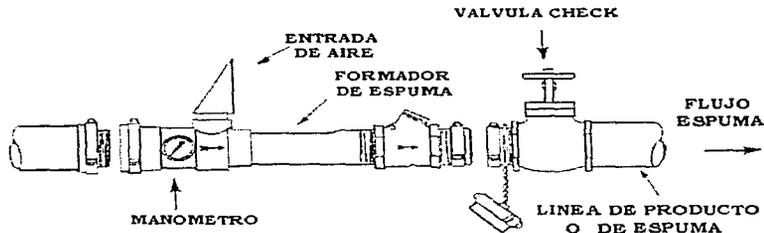


Fig 3-8

En la Fig 3-8, se encuentra ilustrado el arreglo y posición del formador de espuma que se utiliza en la inyección subsuperficial, este formador puede conectarse a la línea de producto por donde fluye al tanque.

El formador de espuma para este método utiliza también el principio Venturi, para la inclusión de aire atmosférico y generar la espuma. Debe ser capaz de vencer la carga estática del combustible almacenado para que la espuma llegue a la superficie, también la velocidad de la espuma debe ser seleccionada de acuerdo al tipo de combustible como se especifica en la Norma no. 11 de la NFPA.

Para cualquier tipo de referencia o diseño en específico que implique protección contra incendio mediante espumas mecánicas se tiene que consultar la Norma NFPA No. 11.



### TIPO III

Estos dispositivos son considerados de acuerdo a la NFPA, como todos aquellos que son utilizados en aplicaciones manuales y que no se encuentran fijos, para producir la espuma. Este tipo de formadores de espuma son boquillas, las cuales, producen espuma expandida por medio del principio Venturi.

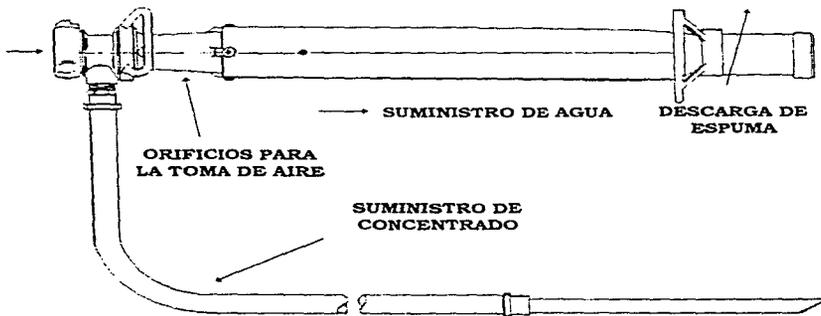


Fig 3-9

Existen una gran variedad de boquillas para todo tipo de riesgos, cada fabricante elabora boquillas para cada necesidad.



## CAPITULO III LAS ESPUMAS MECANICAS



Hay algunos tipos de boquillas portátiles que también vienen con proporcionador y tubo de succión incorporado como la que se muestra en la Fig 3-9.

Este tipo de dispositivos es muy variado y se clasifican como sigue:

### 1. BAJA EXPANSION

Las boquillas de baja expansión expanden la espuma en la 20:1. Esto es por cada galón de solución que entre en la base de la boquilla para generar 20 veces la solución original..

### 2. MEDIA EXPANSION

Las boquillas de media expansión pueden tener características de expansión tan altas como 200:1.

Estas operan en forma semejante a las de baja expansión, sin embargo, el diámetro de la boquilla es más largo.

Las boquillas de media expansión pueden dar grandes beneficios cuando realmente necesitas cubrir un riesgo.

### 3. BOQUILLAS DE ALTA EXPANSION

Las boquillas de alta expansión pueden expandir en la relación 2000:1, cuando son usadas con concentrados de espuma de alta expansión.



### CAPITULO III LAS ESPUMAS MECANICAS



A causa de su largo tamaño y limitada efectividad sobre líquidos inflamables, las boquillas de alta expansión no son recomendadas.

Se recomienda el uso de este tipo de formadores de espuma para los siguientes casos:

- Plantas de procesamiento.
- Plataformas de llenado y áreas de manejo de materiales.
- Accidentes en camiones cisternas y vagones tanque.
- Área de tanques de almacenamiento y tuberías.
- Selos de tanques de techo flotante.
- Tanques de techo cónico de pequeño diámetro.

En estas boquillas el proporcionamiento correcto del concentrado de espuma se consigue mediante la succión del agua al pasar por el proporcionador Venturi de la boquilla. Utilizando esta succión a través de un tubo introducido dentro de un recipiente de concentrado, se abastece de solución de espuma a la boquilla.

### APLICACION DE LA ESPUMA

Para una operación exitosa del combate de incendios con espumas se debe cumplir los siguientes criterios:

1. El líquido en condiciones ambientales de temperatura y presión debe estar por debajo de su punto de ebullición.
2. Debe tenerse cuidado cuando se aplique espuma a la masa de un líquido cuya temperatura sea superior a 121 °F(100°C). A estas temperaturas del combustible u otras más altas, las espumas forman una emulsión con el vapor de agua, aire y combustible.



### CAPITULO III LAS ESPUMAS MECANICAS



3. El líquido no debe ser excesivamente destructivo para la espuma que se emplee o la espuma no debe ser excesivamente soluble en el líquido cuyo fuego se intenta dominar.

4. El líquido no debe reaccionar con el agua.

5. El fuego debe suceder en una superficie horizontal. Los fuegos tridimensionales (combustible en cascada), no pueden extinguirse con la aplicación de espuma, a no ser que tenga un punto de inflamación relativamente alto y pueda entrase hasta extinguirlo por el agua de la espuma.

6. Entre más suave y gentil se aplique la espuma más rápida será la extinción y menos la cantidad total de agente necesario.

7. La utilización con éxito de la espuma también depende de la dosis que se aplique, las dosis de aplicación se definen en términos de cantidad (en galones o litros) de solución de espuma que llegue a la superficie combustible (en términos de pies cuadrados o metros cuadrados de superficie) por minuto.

La curva general que aparece en la Fig-(3-10) ilustra la relación entre dosis y tiempo para la aplicación de espuma.

La tasa de aplicación mínima recomendada es de 0.1 gpm/pie<sup>2</sup> (4.07 litro/min·m<sup>2</sup>) representa la aplicación de una décima de galón de solución espumosa por minuto por pie cuadrado de superficie de combustible, es la que ha demostrado experimentalmente ser la más práctica en términos de velocidad y cantidad de agente espumógeno necesario.

El valor de 0.1 gpm/pie<sup>2</sup> (4.07 litro/min·m<sup>2</sup>), es el que recomienda la NFPA para aplicarse sobre hidrocarburos, en formadores de espuma del Tipo II y de 0.1g gpm/pie<sup>2</sup> (4.07 litro/min·m<sup>2</sup>), para derrames y aplicación en formadores del Tipo III.



### CAPITULO III LAS ESPUMAS MECANICAS



El aumento de la tasa de aplicación por encima del mínimo recomendado reduce generalmente el tiempo necesario para la extinción, sin embargo, se obtiene poca ventaja con el aumento de la tasa de aplicación del mínimo recomendado, ya que se desperdicia el abastecimiento de espuma sin ninguna ventaja en el tiempo de extinción.

Si la tasa de aplicación es más baja que la recomendada, el tiempo de extinción se extenderá, si la tasa de aplicación baja demasiado del régimen crítico, no se podrá controlar el incendio.

El valor de la tasa de aplicación no es el mismo cuando se trata de combustibles del tipo solvente polar, para ello el fabricante proporciona un valor específico para cada tipo de combustible, el valor de esta tasa es probado por los laboratorios UL, para verificar que efectivamente puede ser usado ese valor para apagar el incendio.

Cuando los laboratorios realizan sus pruebas y verifican que los valores de tasas de aplicación son efectivos, entonces el fabricante se le permite que proporcione este valor a el usuario y con el tipo de dispositivo que debe usar.

La curva puede desplazarse hacia la izquierda o hacia la derecha según el combustible y el método de aplicación; de aquí se sigue la necesidad de disponer de sistemas cuidadosamente calculados y proyectados basados en información real obtenida en ensayos que han demostrado ser los más prácticos en términos de velocidad de control y el volumen de agente necesario.



## DETERMINACION DE LA CANTIDAD DE CONCENTRADO PARA GENERAR ESPUMA

Para la evaluación de las cantidades de agua y concentrado que se necesitan para un riesgo en específico, se requieren los siguientes datos:

1. Area a proteger.
2. Tipo de líquido combustible, para determinar la tasa de aplicación.
3. especificar tipo de concentrado.
4. Determinación del porcentaje de concentrado que se utilizara.

Ejemplo: Se tiene un hidrocarburo almacenado en un tanque de 150 pies de diámetro, determine la cantidad de concentrado que se requiere mezclar y el flujo de solución.

El tipo de concentrado que se puede utilizar es fluoroproteico y si se desea un mejor desempeño concentrado AFFF.

$$\text{Area} = 0,785d^2 = 0,785(150 \text{ pies})^2 = 17662,5 \text{ pies}^2.$$

$$\begin{aligned} \text{Flujo de solución} &= \text{tasa de aplicación para hidrocarburos} \times \text{área a proteger} = \\ &= 0,1 \text{ gpm/pie}^2 \times 17662,5 \text{ pies}^2 = 1766,25 \text{ gpm de solución.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cantidad de concentrado} &= \% \text{ de aplicación} \times \text{flujo de solución} = \\ &= 0,3 \times 1766,25 = 52,98 \text{ galones de concentrado} \end{aligned}$$

$$\text{Cantidad de agua} = 0,97 \times 1766,25 = 1713,26 \text{ galones de agua.}$$



### CAPITULO III LAS ESPUMAS MECANICAS

AGUA

AIRE

CONCENTRADO ESPUMOGENO

La aplicación de espuma es el último paso para la generación de espuma mecánica, para cuestiones detalladas sobre el diseño de instalaciones y aplicación de espuma se debe consultar la Norma NFPA No. 11, que también contempla el tiempo de la aplicación y tipo de dispositivo.

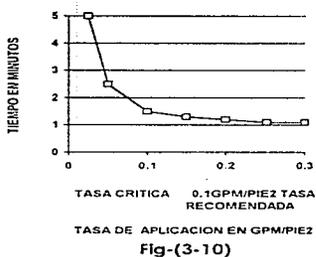


Fig-(3-10)



## CAPITULO IV

### ¿ COMO OPERAN LAS ESPUMAS MECANICAS ?

Las espumas mecánicas para apagar incendios en líquidos inflamables, eliminan dos de los factores que se necesitan para la combustión y que se ilustran en la Fig.-(4) a continuación:



Fig-4

Para una rápida eliminación del fuego las espumas que se aplican sobre la superficie incendiada, eliminan a medida que se forma el manto de espuma la presencia del oxígeno elemento necesario para la combustión.

Pero no solo el manto debe ser capaz de hacer eso, si no, que, debe evitar se presente la reignición, por ello la espuma a su vez actúa como agente de enfriamiento y supresor de los vapores provenientes del líquido inflamable.



Todas las espumas apagan incendios operando simultáneamente de cuatro maneras:

1. Sofocan el fuego y evitan que el oxígeno del aire se mezcle con los vapores.
2. Suprimen los vapores inflamables y evitan su tendencia a volatilizarse.
3. Separan las llamas de la superficie del combustible.
4. Enfrían el combustible y las superficies del metal adyacente.

En la Fig-(4-1), se ilustra la forma en que operan las espumas en el combate de incendios.

### FORMA DE OPERAR DE LAS ESPUMAS EN EL COMBATE DE INCENDIOS



Fig-4-1



---

## **SOFOCAMIENTO**

Puesto que la espuma es más ligera que la solución acuosa de la que se forma y más ligera que los líquidos inflamables o combustibles, flota libremente mientras retiene suficiente cohesividad para producir una capa continua de material acuoso que en la medida que avanza, desplaza el oxígeno, para de esta manera sofocar el fuego y separar las llamas del combustible permitiendo así una mitigación excelente.

Para asegurar un éxito en la formación del manto y no sea abatido por la acción del combustible las espumas tienen aditivos que les confieren propiedades oleofóbicas es decir rechazan el aceite o algún otro tipo de hidrocarburo.

## **REPRESION DE VAPORES**

La represión de vapores se hace posible gracias a la resistencia que ofrecen las burbujas entre sí, los intersticios de cada burbuja sellan de tal manera que no sea posible que los vapores inflamables provenientes del combustible circulen fuera del manto para reaccionar con el oxígeno, permitiendo gran cobertura, esto permite que el manto los reprima a tal punto en que deje de haber transporte de vapores a la superficie evitando con ello alguna posible reignición en la superficie incendiada.

Las burbujas que dan origen al manto retienen suficiente agua para sellarse contra las superficies de metales calientes.



### **SEPARACION DE LAS LLAMAS**

A medida que la espuma dreña separa de la superficie del combustible incendiado las llamas, para evitar que se siga consumiendo el material.

### **ENFRIAMIENTO**

Así como para evitar que se escapen vapores inflamables y sofocar el incendio la burbuja de la espuma sirve como vehículo para acarrear el agua al incendio, el agua actúa como un agente de enfriamiento ya que el agua que se suministra esta a menor temperatura que los vapores de combustible presentándose una transferencia del calor que fluye del incendio a el agua permitiéndole al agua con su alta capacidad para absorber el calor enfriar para de esta manera evitar que se sigan volatilizando los vapores provenientes del combustible al exterior.

### **OPERACION DE LAS ESPUMAS FORMADORAS DE PELICULA AFFF**

Cuando de hidrocarburos se trata esta clase de espumas operan para apagar el incendio en forma similar que las anteriores sólo que a diferencia de las espumas convencionales formuladas a partir de proteína y fluoroproteínas, ofrecen un medio de protección al manto, las espumas formadoras de película acuosa para este tipo de combustible son diseñadas desde el laboratorio para formar una película acuosa, como lo indica el nombre, esta película acuosa que es una capa delgada de agua, resultante del drenaje de la espuma, provoca un abatimiento más rápido del fuego.

A parte de proveer una rápida sofocación la capa formada protege a la burbuja para que no se destruya en el momento de entrar en contacto con la superficie incendiada.



## CAPITULO IV ¿COMO OPERAN LAS ESPUMAS MECANICAS ?



Sin embargo, los incendios sobre solventes polares representan una mayor dificultad para combatir superficies incendiadas, esto se debe a que la espuma generada con agua es miscible en el solvente polar dando como resultado la destrucción del manto. Los solventes polares y los combustibles miscibles en agua requieren agentes espumantes especiales "resistentes al alcohol".

Las espumas resistentes al alcohol deben aplicarse suavemente para resguardar la integridad de la barrera protectora.

La espuma resistente al alcohol consiste de una base sintética con un aditivo para formar una membrana polimerica insoluble entre la superficie del combustible y la burbuja de la espuma.

Sin embargo, la película se forma sacrificando la capacidad de enfriamiento de la capa de espuma y la resistencia a la reignición.

La Fig-(4-3), se ejemplifica la forma en que operan este tipo de espumas sobre superficies incendiadas.

Este tipo de espuma debe ser descargada gentilmente sobre la superficie incendiada para que opere satisfactoriamente, la menor sumersión de la espuma en el solvente la destruirá.



## CAPITULO IV ¿COMO OPERAN LAS ESPUMAS MECANICAS ?



### ESPUMA FORMADORA DE PELICULA ACUOSA

PELICULA ACUOSA

ESPUMA



### ESPUMA FORMADORA DE MEMBRANA RESISTENTE AL ALCOHOL

ESPUMA



Fig-4-3

De esta manera el combate en solventes no es obstáculo para las espumas mecánicas, al tener la membrana entre el combustible y la burbuja, hace posible que opere de las cuatro maneras simultáneamente como lo hacen los otros tipos de espuma.



## OPERACION DE LAS ESPUMAS DE MEDIA Y ALTA EXPANSION

Los concentrados diseñados para alta expansión y media expansión sirven para dominar y extinguir fuegos Clase A, además representan un vehículo muy valioso para el transporte de masas de espuma húmeda, debido a los agentes surfactantes, bajan la tensión superficial del agua de tal manera que hacen más efectivo el combate a lugares inaccesibles para los bomberos, estos concentrados permiten al agua trabajar en forma más eficiente, ya que al bajar la tensión superficial del agua mejoran la capacidad de penetración a lugares a los que normalmente no puede deslizarse, debido a esto el agua se extiende a sitios profundos en la Fig-(4-4), se ilustra la manera en que se comporta el agua cuando tiene disueltos agentes tensoactivos.

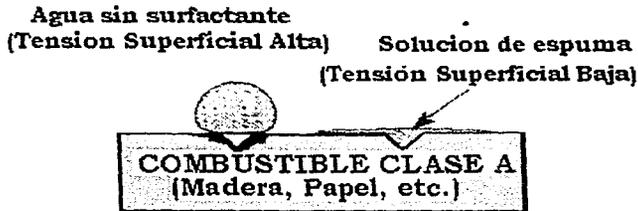


Fig-4-4



## CAPITULO IV ¿COMO OPERAN LAS ESPUMAS MECANICAS ?



Operan en forma semejante que las otras espumas a diferencia que estas son utilizadas para usarse en incendios , confinados a áreas tales como sótanos, túneles mineros, áticos, espacios confinados, almacenes, casas habitación etc..

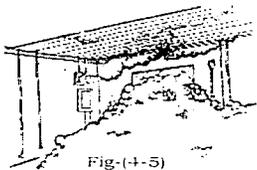


Fig-(4-5)

En la Fig-(4-5), se ilustra la forma de operar de estas espumas y que consiste en:

- 1.Inundar completamente.
- 2.Desplazan los vapores, calor y humo.

3.Impiden que el aire necesario para la continuidad de la combustión alcance el lugar incendiado.

4.Se acumulan en la profundidad formando una barrera aislante para la protección de materiales expuestos no atacados por el fuego impidiendo su propagación.



---

## CAPITULO V

### LOS CONCENTRADOS ESPUMOGENOS

Este capítulo se ocupa de describir las propiedades de cada uno de los concentrados espumógenos para la lucha contra el fuego y las características que adquieren las espumas al combinarse los elementos que las forman.

Existe dos tipos de concentrados espumógenos usados hoy en día para un propósito específico y circunstancia determinada, los de tipo protéico y los sintéticos.

Estos son:

#### **Tipo Protéico**

Concentrado Protéico

Concentrado fluoroprotéico (FP)

#### **Tipo sintético**

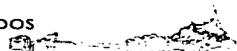
Concentrado Formador de Película fluoroprotéica.(FFFP)

Concentrado Formador de Película acuosa (AFFF)

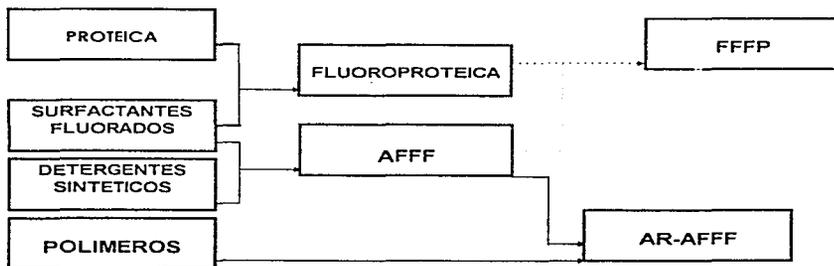
Concentrado Formador de Película acuosa resistente al alcohol.(AR-AFFF).

Concentrado a base de detergentes sintéticos.

Este tipo de concentrados están disponibles para usarse con agua dulce o salada, en concentraciones al 3% y 6%.



### DESARROLLO DE LOS CONCENTRADOS



### PROPIEDADES Y COMPARACIONES EN EL DESEMPEÑO DEL COMBATE EN EL INCENDIO DE LOS DIFERENTES TIPOS DE ESPUMAS TABLA A

PROPIEDAD	PROTEICA	FLURO PROTEICA	AFFF	FFFP	AR-AFFF
ABATIMIENTO DE FLAMA	REGULAR	BUENO	EXCELENTE	BUENO	EXCELENTE
RESISTENCIA AL CALOR	EXCELENTE	EXCELENTE	REGULAR	BUENO	BUENO
TOLERANCIA AL COMBUSTIBLE	REGULAR	EXCELENTE	MODERADA	BUENO	BUENO
SUPRESION DE VAPORES	EXCELENTE	EXCELENTE	BUENO	BUENO	BUENO
TOLERANCIA AL ALCOHOL	NINGUNA	NINGUNA	NINGUNA	NINGUNA	EXCELENTE



### **ABATIMIENTO DE LA FLAMA**

Se refiere al tiempo que tarda el manto de espuma en esparcirse para cruzar una superficie de combustible u obstáculos alrededor de los restos para alcanzar una completa extinción del fuego.

### **RESISTENCIA AL CALOR**

Este término se refiere a la estabilidad del manto para resistir los efectos destructivos causados por la radiación calórica proveniente de las llamas de los vapores del líquido inflamable y cualquier superficie caliente que la destruya u algún otro objeto caliente en el área.

### **TOLERANCIA AL COMBUSTIBLE**

Se refiere a la resistencia que ofrece la espuma para no destruirse con el contacto de los combustibles.

### **SUPRESION DE VAPORES**

Establece la facilidad que tiene la espuma para evitar que los vapores del líquido sigan vaporizándose.

### **TOLERANCIA AL ALCOHOL**

Como la mayor parte de la composición del manto de espuma es agua, ésta se destruye por la presencia de solventes polares, este término indica la capacidad del manto para tolerar el contacto con el solvente.

Dentro de cada clase hay formulaciones modificadas que proporcionan una espuma específica, para la gran variedad de riesgos, que puedan tenerse.



---

## TIPO PROTEICO

### CONCENTRADOS ESPUMOGENOS PROTEICOS

Los concentrados a base de proteína fueron el primer tipo de concentrados para formar espumas mecánicas comercializadas extensivamente y usadas desde la 2a Guerra Mundial.

Estos concentrados son fabricados por la hidrólisis de proteína pura, (la proteína es obtenida del frijol de soya, pezuñas y cuernos de animal), en adición con compuestos para la estabilización de la espuma, depresivos y estabilizadores del punto de congelación, así como, la inclusión de inhibidores para prevenir la corrosión, resistir la descomposición bacteriana y para controlar la viscosidad.

Los concentrados de este tipo contienen polímeros proteínicos naturales de alto peso molecular derivados de la transformación e hidrólisis química de las proteínas sólidas naturales. Los polímeros confieren a las espumas que se generan con ellos, elasticidad, resistencia mecánica y capacidad de retención de agua.

Los concentrados también contienen sales metálicas como cloruro de zinc y sulfato ferroso que se encuentran disueltas para reforzar la capacidad de los polímeros proteínicos y formar burbujas estables cuando la espuma está expuesta al calor y las llamas.

También se añaden disolventes orgánicos a los concentrados como etanodiol y pentanodiol para mejorar su capacidad de espumación y su uniformidad, así como para regular su viscosidad a bajas temperaturas.



## CAPITULO V LOS CONCENTRADOS ESPUMOGENOS



Todo esto es cuidadosamente mezclado para producir el concentrado espumógeno homogéneo y altamente estable. Los concentrados son compatibles para usarse con agua dulce o agua salada.

En general, estos concentrados producen espumas densas y viscosas de alta estabilidad, elevada resistencia al calor, así como mejor resistencia a su propia combustión, que la mayor parte de los concentrados espumógenos, sin embargo presentan cierta desventaja ya que tienen poca resistencia al combustible, al alcohol y baja eficiencia en el abatimiento.

No son tóxicos y son biodegradables después de diluirse, es decir no representan una agresión al medio ambiente en caso de usarse para mitigar un incendio.

### CONCENTRADOS ESPUMOGENOS FLUOROPROTEICOS

Los concentrados del tipo fluoroprotéicos representan el adelanto más significativo en la tecnología de espumas desde que se introdujeron por primera vez las espumas mecánicas.

Por combinación de una selección de surfactantes fluoroprotéicos con una base de hidrólisis de proteína de calidad, se produce una espuma con características mejoradas.

Estas características son:

1. Un aumento en la habilidad para extinguir.
2. Aumento en la fluidez.
3. Compatibilidad con los polvos químicos secos.
4. Estabilidad superior y resistencia a la reignición.
5. Gran mejora en la propiedad oleofóbica.



## CAPITULO V LOS CONCENTRADOS ESPUMOGENOS



Estas propiedades oleofóbicas son tan pronunciadas que permiten la inyección sub-superficie en tanques de almacenamiento (Método que consiste en la inyección por debajo del tanque para que la espuma se dirija hacia la superficie incendiada), que no almacenen solventes polares o gasolina reformuladas, debido a que se destruye la espuma en estos casos.

Esta limitante los hace que solo se haga uso de ellos en hidrocarburos. En su historia no existen fallas en situaciones de emergencia, ni fallas debido al deterioro natural por almacenamiento.

El récord de funcionamiento de los concentrados espumógenos es único, por lo tanto la mayoría de las grandes compañías petroleras y químicas confían en su uso.

Los concentrados del tipo fluoroprotéico son formulados de forma similar que los de proteína, pero además de los polímeros proteínicos, contienen en la superficie agentes fluorados activos que les confiere las propiedades de no adherirse al combustible (propiedades oleofóbicas, se refieren a que no tiene afinidad por el aceite), lo que les hace especialmente eficaces para luchar contra fuegos en los que la espuma queda sumergida o cubierta por el combustible, como por ejemplo en el método de la inyección de la espuma por debajo de la superficie para combatir incendios en 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.

Además, estas espumas demuestran ser más compatibles con agentes en polvo que las espumas de proteína simple.



También poseen características superiores en lo que se refiere a la supresión del vapor y a la autoignición, ya que al estar en contacto con el calor forma una capa firme haciendo posible la sofocación de las llamas. No son tóxicos y son biodegradables al diluirse.

## **TIPO SINTETICO**

### **CONCENTRADOS ESPUMOGENOS DEL TIPO FORMADORES DE PELICULA FLUOROPROTEICA (FFFP).**

Los FFFP fueron desarrollados al mezclar los concentrados AFFF y Protéico dicha combinación de surfactantes fluorados y concentrado a base de proteína, permite combinar la resistencia a la reignición de los concentrados fluoroprotéicos así como el incremento del poder de abatimiento de la flama resultando un concentrado con características buenas para hacerle frente a incendios en hidrocarburos, pero con la limitante de no ser resistentes al alcohol.

### **CONCENTRADOS ESPUMOGENOS DEL TIPO FORMADORES DE PELICULA ACUOSA (AFFF).**

Este tipo de concentrados, se forman de materiales sintéticos, los cuales generan espumas mecánicas similares a las que se generan con los concentrados de proteína.

Además, son capaces de formar películas de solución acuosa sobre la superficie de los líquidos inflamables.

Estos productos se conocen por sus siglas en inglés, AFFF (aqueous film-forming foam), fueron desarrolladas por la Armada de los Estados Unidos a mediados de los años 60.

Las AFFF son una combinación de surfactantes fluorocarbonados y agentes espumógenos sintéticos que ponen la película en una nueva dimensión en el combate y rescate de accidentes aéreos.



## CAPÍTULO V LOS CONCENTRADOS ESPUMÓGENOS



Esta película es una capa delgada de solución de espuma que se esparce rápidamente sobre la superficie del combustible hidrocarburo causando un rápido abatimiento del fuego, un factor importante en camiones de combate para aeropuertos.

La película acuosa es producida por la acción del surfactante fluorocarbonado que reduce la tensión superficial de la solución de espuma hasta el punto donde la solución puede ser mantenida por la tensión superficial del combustible.

La efectividad y durabilidad de la película acuosa son influenciadas directamente por la tensión superficial del hidrocarburo.

Las películas AFFF son más efectivas en combustibles con un coeficiente de tensión superficial más alto, como el Keroseno, aceite diesel y gasolina jet; son menos efectivas en combustibles con un coeficiente de tensión superficial bajo como hexano y gasolinas de alto octanaje.

Las AFFF son fabricadas para drenar rápidamente la espuma para producir una película óptima que pueda extinguir el incendio rápidamente. El sellado a largo plazo y la reignición son sacrificados por este drenaje rápido.

Los concentrados les confieren a las espumas baja viscosidad, rápida extensión, nivelación y actúan como barreras superficiales para impedir el contacto del combustible con el aire y detener su vaporización, enfriando igual que lo hacen las otras espumas.

Esta película, que también puede extenderse por la superficie del combustible no cubierta totalmente por la espuma, se mantiene sobre la superficie aún en forma disgregada, mientras exista una reserva cercana que la siga produciendo.

Sin embargo, para garantizar la extinción del fuego, la superficie de combustible debe estar totalmente cubierta de AFFF, igual que sucede con otros tipos de espumas.

El resultado de la doble acción de los agentes espumógenos formadores de película es la producción de una espuma de alto poder de extinción, en términos de la cantidad de agua.



cantidad de concentrado necesario y de la rapidez con que actúan contra los vapores de combustible.

Los concentrados de AFFF contienen hidrocarburos fluorados de cadena larga con propiedades tensoactivas especiales.

Se añaden distintos polímeros hidrosolubles de gran peso molecular para reforzar las paredes de las burbujas y retardar su disolución. No son tóxicos y son biodegradables después de la disolución, es decir su uso en la mitigación de un siniestro no representa un impacto al ambiente.

El AFFF puede emplearse en forma de capa protectora de espuma sobre la superficie del líquido inflamable no incendiado.

Debido a la Tensión Superficial extremadamente baja de las soluciones que se obtienen con AFFF, estas espumas pueden ser útiles para fuegos de clase mixta (Clase A y Clase B) en los que se necesita la profunda penetración del agua además de la acción de protección superficial de la espuma.

Pero aún y con todas las ventajas que se acaban de enunciar acerca las características que adquiere el manto de espuma, se encuentran limitadas por que presentan moderada resistencia al combustible, regular resistencia al calor y ninguna tolerancia al alcohol .

También pueden emplearse en combinación con polvo químico sin que presente problemas de incompatibilidad.

Aunque los concentrados de AFFF no deben mezclarse con otros tipos de concentrados de espuma, las espumas que producen no atacan a las espumas de otros tipos durante las operaciones de lucha contra el fuego.



---

## CONCENTRADO DEL TIPO AAAF-AR ESPUMA FORMADORA DE PELICULA RESISTENTE AL ALCOHOL.

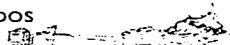
Antes de su desarrollo se presentaban muchos impedimentos para controlar el fuego en combustibles del tipo solventes polares y combustibles oxigenados para molar, ya que tienen un efecto destructivo en las espumas de tipo regular porque extraen el agua contenida en éstas y rápidamente destruyen la capa de espuma.

De esto surgió la necesidad de desarrollar un concentrado que generara una espuma resistente a este tipo de solventes, el concentrado está formulado a partir de un polímero diseñado para realizar 2 funciones:

1. Formar una membrana protectora entre el combustible y la espuma en el momento que el agua y el combustible están en contacto, haciendo posible la extinción del fuego.
2. La segunda función es hacer la espuma más estable y resistente al calor, dando como resultado una mejor resistencia a la reignición y sellabilidad comparada con las anteriores formulaciones.

El concentrado se desarrolló por medio de incluir en la formulación una combinación de estabilizadores totalmente sintéticos, fluorocarburos y ciertos aditivos como propanol, sulfato decil de sodio y alquit-poliglucosa.

Estos aditivos especiales permanecen en la espuma hasta que ésta hace contacto con el solvente polar.



A medida que el solvente polar extrae el agua de la capa de espuma, los aditivos forman una fuerte membrana polimérica que impide la destrucción del manto. La membrana polimérica es tan efectiva con combustibles tipo solvente polar, que también puede usarse para combatir incendios en hidrocarburos, este tipo de concentrado se puede usar con agua dulce o salada, sin duda es el concentrado más efectivo y versátil que existe cuando se necesita proteger una variedad de combustibles.

Con el desarrollo de este tipo de concentrados se logra por fin la tolerancia al alcohol y con ello una herramienta de enorme valor para cubrir la amplia gama de combustibles del tipo polar, aunque presentan estas características, algunas otras funciones como resistencia al calor, abatimiento de flama, tolerancia al combustible y supresión de vapores resultan ligeramente mejoradas por los otros concentrados como se puede verificar en la tabla A de este capítulo.

Mientras algunos concentrados son usados para usarse sobre alcoholes al 6% y para hidrocarburos al 3%, hoy en día la nueva formulación esta disponible para usarse al 3% en ambos grupos de combustibles.

## **CONCENTRADOS A BASE DE DETERGENTES SINTETICOS**

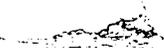
### **CONCENTRADO PARA MEDIA Y ALTA EXPANSION**

Este tipo de concentrado está diseñado para uso a través de dispositivos con inyección de aire comprimida o por medio de ventiladores para producir espumas expandidas.

Estos factores de expansión tan altos producen grandes cantidades de espuma en cantidad relativamente pequeña de agua y concentrado.



## CAPITULO V LOS CONCENTRADOS ESPUMOGENOS



El proporcionamiento a 1 1/2% es el recomendado para la mayoría de generadores de espuma de alta expansión.

Las espumas de media expansión generalmente aprovechan los efectos de los tensoactivos para generar un manto de espesor considerable, que se usa principalmente para suprimir la vaporización de químicos peligrosos..

El principal objeto de la espuma de alta expansión es su uso en fuegos de tipo A, confinados a áreas tales como sótanos, túneles mineros, áticos y otros lugares inaccesibles para el bombero. Colocando un generador de espuma de alta expansión en la apertura de un espacio confinado y proporcionando una adecuada ventilación en un punto opuesto al generador se puede controlar un incendio sin arriesgar la entrada de personal al lugar de peligro.

La espuma de alta expansión controla el fuego enfriando, sofocando y reduciendo el contenido de oxígeno por medio de dilución del vapor.

Se debe programar cuidadosamente la ventilación permitiendo que la espuma alcance toda la zona de espacio confinado.

La espuma de alta expansión ha demostrado su utilidad en algunos caso de incendios causados por derrames de líquidos inflamables. Si se puede hacer llegar suficientes cantidades de espuma de alta expansión segura y efectivamente al lugar del incendio, y si las condiciones del viento y corrientes térmicas no son muy severas, los derrames de tamaño limitado pueden ser efectivamente extinguidos. Este tipo de concentrado se formula con agentes tensoactivos que dan como resultado, una espuma de baja viscosidad y con cualidades de diseminación rápida.



---

## LOS PORCENTAJES DE LOS CONCENTRADOS ¿ QUE SIGNIFICAN?

Los concentrados de espuma son diseñados para ser mezclados con agua en específicas proporciones. Los concentrados al 6% son mezclados en una proporción de 94 partes de agua por 6 de concentrado. Por ejemplo, Si se desea hacer un premezclado para un lote de concentrado de espuma con agua, para hacer 100 Galones de solución de espuma, se deberán tomar 6 Galones del concentrado de espuma por 94 Galones de agua. Cuando se usa un concentrado al 3% se deberá mezclar 3 Galones de concentrado con 97 Galones de agua, una vez que se hace el proporcionamiento con agua, el resultado de las soluciones al 3% y al 6% son virtualmente las mismas con diferencias en la eficiencia de sus características.

Un concentrado al 3% es más concentrado que uno al 6%, por eso se requiere menor producto para producir el mismo resultado. La tendencia de la industria es reducir los porcentajes de los concentrados de espuma tan bajo como sea posible. Las bajas relaciones de proporcionamiento permiten al usuario minimizar la cantidad de espacio requerido para almacenamiento del concentrado. De acuerdo a la posibilidad de usar espuma al 6% y al 3% se puede duplicar con facilidad la capacidad en el combate del incendio acarreando el mismo número de galones, o acortando el suministro de espuma a la mitad sin comprometer la capacidad de supresión.

Las bajas razones de proporción también pueden reducir el costo de los sistemas de espuma, componentes y transportación de concentrado. Al principio las espumas mecánicas fueron diseñadas para ser usadas al 10%. El desarrollo de las nuevas formulaciones y técnicas han permitido a la industria reducir el proporcionamiento de los porcentajes a 6% y 3% y en ocasiones al 1% en espumas de formación de película acuosa. Algunas de las limitaciones para reducir las razones de proporcionamiento incluyen equipo de presión para el proporcionamiento y la viscosidad del concentrado de espuma. Los concentrados resistentes al alcohol tienen indicados 2 porcentajes sobre la etiqueta del balde que lo contiene, ya que



son diseñados para usarse en esas 2 razones de proporción. Por ejemplo, a 3%/6% el concentrado de espuma es diseñado para usarse sobre combustibles de tipo polar a 6% y sobre hidrocarburos al 3%. Esto se debe a la cantidad del ingrediente activo, que le provee al manto de espuma resistencia al alcohol.

### ALMACENAMIENTO

El almacenamiento que recomienda el fabricante debe seguirse para que el concentrado no tenga cambios y que se pueda utilizar adecuadamente para asegurar el éxito de operación.

Toda la variedad de concentrados es posible tenerla con sus diferentes ventajas para lugares donde la temperatura es relativamente baja, debido a que están protegidos para su almacenamiento a bajas temperaturas por la inclusión en la mezcla de un reductor del punto de congelación, que a su vez, no es inflamable.

Todos los concentrados espumógenos están diseñados y probados para sobrevivir almacenamiento de por lo menos 10 años.

Si las recomendaciones del fabricante son seguidas, los concentrados de base de proteína o espuma sintética, pueden ser utilizados para servicio activo después de muchos años de almacenamiento. Cada concentrado tiene las siguientes propiedades físicas:

1. Temperatura máxima y mínima de almacenamiento
2. pH
3. Gravedad específica.
4. Viscosidad

Cualquier cambio en estas propiedades representan alteraciones en el concentrado y pueden afectar el desempeño del mismo en el momento de operar si no se manipula con las recomendaciones del fabricante.



---

## C A P I T U L O V I

### LOS LISTADOS U.L.

En los Estados Unidos de América existen numerosos laboratorios capaces de llevar a cabo ensayos de materiales y/o equipos a diverso nivel; relacionados con el fuego muchos de ellos están equipados para efectuar trabajos de investigación relacionados con los riesgos por incendios.

#### **UNDERWRITERS LABORATORIES, INC.**

Esta institución fue fundada en 1894 por la industria del seguro contra incendios, bajo cuyo patrocinio actuó hasta 1968, en cuya fecha se convirtió en una corporación independiente, de servicio público.

Underwriters Laboratories es una institución que se ha caracterizado por ser una organización sin fines de lucro, sin capital comercial, bajo las leyes del estado de Delaware, para establecer, mantener y operar laboratorios para la revisión y prueba de los dispositivos, sistemas y materiales que se manufacturan con el fin de proteger la vida y la propiedad, además de certificar, definir, publicar normas, clasificaciones y especificaciones para los materiales, dispositivos, productos, equipos, construcciones, métodos y sistemas que están relacionados en forma directa con los riesgos por incendios.

Para la elaboración de estas normas los procedimientos para la revisión toman en cuenta las normas existentes de ingeniería publicadas por organismos como la NFPA, (NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION), OSHA, (OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION).

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

CAPITULO VI  
LOS LISTADOS UL

UL

EPA. ( ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY), ANSI. ( AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE), etc; así como una amplia variedad de intereses comprometidos para someter a los materiales a la normalización.

El conjunto de los miembros de su corporación está constituido por las siguientes categorías: Intereses de los consumidores, cuerpos o agencias de seguridad pública (principales responsables de la normatividad en el sector de la seguridad pública), cuerpos o agencias gubernativas, seguros, expertos en seguridad, expertos en normalización, empresas de servicios públicos, educación y funcionarios de la corporación.

De este modo los fabricantes, consumidores, asociaciones individuales en forma conjunta con organizaciones orientadas al consumo, académicas, autoridades gubernamentales, industrias y otros promueven para que UL (UNDERWRITERS LABORATORIES, INC), formule las normas UL para la seguridad.

Los laboratorios de ensayo UL, están situados en Melville, Nueva York; Santa Clara, California; Chicago y Northbrook, Illinois; así como Tampa, Florida.

Además, UL tiene centros de inspección en unas 200 ciudades en todos los Estados Unidos, y en más de 354 países extranjeros.

Underwriters Laboratories, publica anualmente listas de fabricantes cuyos productos fueron ensayados y resultaron aceptables dentro de las normas correspondientes, y que se someten a una de las formas de seguimiento establecidas.

La elaboración de un listado depende de que se establezca el servicio de seguimiento de los laboratorios, por medio de metacategorías indicadas en las normas establecidas por esta organización.



Una vez que se someten los materiales y/o equipos se extiende la aprobación, siempre y cuando pasen las pruebas realizadas.

Estas aprobaciones son la garantía al cliente de que el fabricante ha demostrado a través de extensos ensayos y evaluaciones que el producto obedece los estrictos requisitos y especificaciones de la autoridad sobre ensayos.

Dentro de este servicio de seguimiento, una vez aprobado el o los materiales, el fabricante puede utilizar etiquetas, marcas u otras señales distintivas autorizadas por la organización para indicar que han sido listados, para aquellos productos que están de acuerdo con los requisitos del laboratorio.

Los representantes de los laboratorios efectúan unas inspecciones o ensayos periódicos de los productos en fábrica, y podrán seleccionar cuando lo deseen unas muestras procedentes de fábrica, del mercado o de cualquier otro lugar, para enviarlas a una de las instalaciones de ensayo de los laboratorios para su examen y/o ensayo, dando así cumplimiento a los requisitos del laboratorio.

Si el examen o ensayo por parte del representante de los laboratorios descubriese características que no estén de acuerdo con los requisitos, entonces se pide a dicho fabricante que, o bien corrija ese elemento, o quite del producto la marca de listado o marca de clasificación.

Las observaciones de estos requisitos que se encuentran en esta norma son para promover entre los fabricantes continuamente la ampliación en la garantía de los productos.

La norma correspondiente a sistemas y equipo para combate de incendios con espumas y concentrados espumógenos le corresponde la norma UL-162.



Estos requisitos están basados en sólidos principios de ingeniería, investigación, registro de pruebas y experiencias en campo.

**NORMA UL 162**  
**NORMA PARA SEGURIDAD REFERENTE A EQUIPO DE COMBATE CONTRA INCENDIO Y**  
**CONCENTRADOS ESPUMOGENOS.**

Esta norma estipula los requisitos básicos que deben reunir los equipos empleados y líquidos concentrados para la producción y descarga de espuma que tienen un coeficiente de expansión de 20:1 o menor y que sean usados para la extinción de incendios.

Debido a que en este trabajo se trata acerca de los concentrados solo se describirán las pruebas correspondientes a los que son sometidos los concentrados espumógenos para su aprobación y listado.

En las siguientes pruebas se evalúa el desempeño que tiene la espuma generada a partir de un cierto concentrado, en lo referente a control, resistencia al fuego, extinción, y sellabilidad.

Los concentrados espumógenos son sometidos a las siguientes pruebas:

**PRUEBAS PARA DETERMINAR EL DESEMPEÑO**

1. PRUEBA PARA EVALUAR LA FORMACIÓN DE PELÍCULA.
2. PRUEBAS PARA DETERMINAR LA CALIDAD DE LA ESPUMA.
3. PRUEBA PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE DRENAJE DEL 25 % .
4. PRUEBA PARA DETERMINAR LA EXPANSION.
5. PRUEBA PARA VERIFICAR LA CONCENTRACION DEL CONCENTRADO.
6. PRUEBAS PARA EVALUAR LAS CARACTERISTICAS DE LAS ESPUMAS SOBRE SUPERFICIES INCENDIADAS.
7. PRUEBAS PARA EVALUAR LAS CARACTERISTICAS DE LAS ESPUMAS POR EL METODO DE INYECCION SUBSUPERFICIAL



Para las pruebas a las que se someten los concentrados se utilizan los siguientes combustibles:

- a) **Heptano**- Grado comercial que tenga las siguientes características:

**TABLA No. 6**

DESTILACIÓN -	
Punto de ebullición	190° F (92° C)
50 %	201° F (94° C)
Punto de secado	208° F (98° C)
Gravedad específica	0.702
Gravedad API	70.2

- b) **Combustibles del tipo solventes polares**- Los combustibles de prueba son los siguientes:

**TABLA No. 6-1**

GRUPO DE SOLVENTES POLARES	COMBUSTIBLES DE PRUEBA
Alcohol	Alcohol isopropilico
Cetonas	Dimetil cetona
Esteres	N-butil acetato
Acidos carboxilicos	Acido acetico glacial
Aminas	Diétil diamina
Aldehidos	Propanaldehido
Eteres, excepto Diétil y Metil ter-butil éter	Eter isocropilico
Las impurezas para los combustibles	no debe exceder del 1.0%



## ESPECIFICACIONES DE LA CHAROLA PARA PRUEBAS CON FUEGO.

Para llevar a cabo algunas pruebas es necesario que se utilice una charola para contener el combustible que será quemado, dicha charola debe de cumplir con los siguientes requisitos:

1. La charola de prueba debe ser cuadrada con una área mínima de 50 pies<sup>2</sup> (4.65 m<sup>2</sup>), fabricada en acero con un espesor no menor de 1/4 pulg. y provista de un refuerzo con forma de ángulo 3/16 pulg (4.8mm) en la parte exterior del filo que abarque todo su perímetro.
2. La parte superior del filo de la charola deberá ser de 1- 3/4 pulg (44mm).

## TUBO TIPO CHIMENEA PARA AISLAR SUPERFICIE INCENDIADA

Este es usado para la determinación de la prueba de reignición y abatimiento de flama, la finalidad es abarcar una área durante un minuto mientras se quema el combustible en su interior. Este dispositivo consiste de un tubo construido de una hoja de acero de un calibre entre el rango de 28 a 18 y un espesor de 0.015-0.048 pulg.

El tubo debe ser cilíndrico con un diámetro no menor de 12 pulg (305 mm) y de una longitud de 14 pulg (356 mm).

## ANTORCHA

Dispositivo provisto para determinar la sellabilidad del manto de espuma cuando es usado como se describe en la prueba correspondiente. La antorcha debe ser construida de tal manera que la flama no sea menor a 4 pulgadas (102 mm) ni mayor de 6 pulgadas de altura.



## PRUEBAS PARA EVALUAR EL DESEMPEÑO

### 1. PRUEBA PARA EVALUAR LA FORMACION DE PELICULA

1. Un concentrado espumógeno formador de película deberá tener un coeficiente de esparcimiento mayor de cero cuando sea probado como a continuación se describe:

Se evalúan la tensión superficial de la solución de espuma y la tensión interfacial de la solución de espuma y ciclohexano, estas son determinadas usando un tensiometro.

2. La tensión superficial de la solución de espumas se determinará sobre muestras del concentrado espumógeno mezclado con agua destilada y agua de mar sintética en la concentración recomendada por el fabricante. Las determinaciones serán conducidas con muestras condicionadas a  $70^{\circ} \pm 5^{\circ} F$  ( $21 \pm 3^{\circ} C$ ).

La tensión interfacial de la solución de espuma y ciclohexano será determinada como se describe en 1 y 2 excepto después de la inmersión del anillo del tensiometro en la solución de espuma, una copa de reactivo ( no menor del 99%) ciclohexano será cuidadosamente colocada sobre la superficie de la solución de espuma. El contacto entre el anillo del tensiometro y el ciclohexano debe ser evitado. Después de esperar 5 minutos se determina la tensión superficial.

Evaluados estos parámetros se procede a determinar el coeficiente de esparcimiento por medio de la siguiente fórmula:

$$SC = S_c - S_f - S_{cf}$$

DONDE:

**SC** = Coeficiente de esparcimiento, dinas/cm.

**S<sub>c</sub>** = Tensión Superficial del ciclohexano, dinas/cm.

**S<sub>f</sub>** = Tensión Superficial de la solución de espuma, dinas/cm.

**S<sub>cf</sub>** = Tensión interfacial de la solución de espuma y ciclohexano, dinas/cm.



## 2. PRUEBA PARA DETERMINAR LA CALIDAD DE LAS ESPUMAS.

La espuma producida usando la combinación adecuada, de acuerdo a las especificaciones del fabricante, tales como el tipo de concentrado espumógeno, cantidad y tipo de agua, así como equipo en tamaño real debe tener:

- a) Un tiempo de drenaje del 25 % no mayor a un minuto ( o no más del 10 %, si esta es una cantidad grande) y no mayor de 2 minutos (o no más del 20 %, si esta es una gran cantidad grande), del tiempo de drenaje del 25 % obtenido, usando un equipo especial para prueba de fuego seleccionado por el fabricante.

Además en ningún caso el valor del tiempo de drenaje del 25 % para la prueba en equipo de tamaño real será:

- 1) Menor de 30 segundos, o
- 2) Menor que el valor correspondiente al tiempo de drenaje obtenido de equipo especial para prueba de fuego.

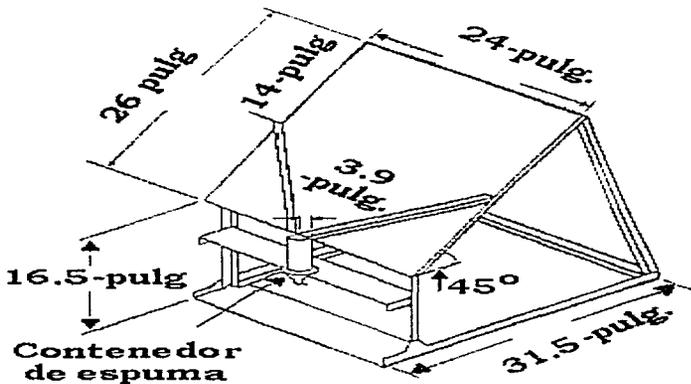
- b) Un factor de expansión no mayor a una unidad (o mayor del 10 % abajo, si esta es una cantidad grande), y no mayor de dos unidades de expansión (o no mayor del 20 % por arriba, si esta es una cantidad grande), comparado con el valor obtenido usando un equipo especial para prueba de fuego seleccionado por el fabricante.



### 3. PRUEBA PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE DRENAJE DEL 25 %

Este término es utilizado para definir el tiempo necesario en minutos para que un cuarto del líquido total en solución se drene de la espuma.

1. Para cumplir enteramente con los requisitos de la prueba de calidad de espuma, una muestra de espuma será tomada de la descarga directa del equipo generador sobre un deslizador de espuma como el que se muestra en la Fig 6.



## DESGLIZADOR

Fig 6



Para equipo de inyección subsuperficial, la muestra de espuma será obtenida desde una conexión de válvula para prueba sobre la descarga del lado del formador de espuma. Las muestras serán aplicadas suavemente dentro del contenedor de prueba mientras el volumen de la espuma descargada se agota.

Algún otro medio equivalente de producción de la muestra de espuma puede también ser usado

2. La espuma será descargada en las siguientes presiones:

- a) A la presión mínima de entrada.
- b) A la presión normal de entrada, y
- c) A la presión máxima de entrada.

Excepción: La espuma será descargada por equipo de inyección subsuperficial en una mínima y máxima contrapresión tanto para la presión máxima y mínima de entrada.

El deslizador consiste en una hoja lisa de metal, plástico o madera sostenida sobre una armadura alrededor teniendo un ángulo de 45° en relación con el piso.

La espuma al tener contacto con la superficie del deslizador es guiada dentro de un contenedor para recolectar las muestras de espuma, el cual se encuentra colocado al final de la hoja.

Para prevenir la agitación de la espuma en el contenedor se debe evitar el desbordamiento.

Excepción: Para el equipo de inyección subsuperficial, la espuma será colectada en la corriente abajo del generador de espuma.



El deslizador de espuma no es usado para esta determinación.

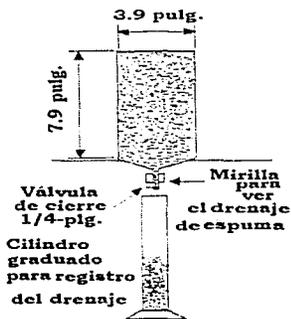


Fig 6-1.

El volumen del contenedor usado con el deslizador debe ser de 1600 mL de forma cilíndrica, como el que se ilustra en la Fig 6-1.

El volumen del líquido colectado será registrado a intervalos regulares y el dato será usado como se describe más adelante.

El tiempo requerido para drenar el 25 % del volumen de solución de espuma al contenedor de la muestra se determinará por interpolación del volumen del líquido contra el tiempo necesario para colectar ese volumen.

El tiempo cero es tomado cuando un volumen suficiente de espuma se ha acumulado para llenar el contenedor de muestras.

Como una alternativa el método anterior, el 25 % del tiempo de drenaje puede ser determinado por registro del tiempo requerido para drenar el volumen del líquido teniendo un peso equivalente al 25 % del peso de la muestra de espuma.

#### 4. PRUEBA PARA DETERMINAR LA EXPANSION

Una vez que se ha completado la prueba del tiempo de drenaje del 25 %, todo el líquido drenado de la muestra de espuma se retorna al contenedor de espuma.

Para que se determine el peso aproximado del contenedor en gramos.



El peso de la muestra es determinada por sustracción del peso del contenedor y el peso total.

$$\text{FACTOR DE EXPANSION} = \frac{\text{Volumen del contenedor ( mL de agua)}}{\{\text{Peso lleno (g) - Peso vacío (g)}\}^a}$$

<sup>a</sup> Desde un gramo de solución que ocupe un volumen de 1 mililitro, el volumen de la solución es equivalente en gramos.

#### 5. PRUEBA PARA VERIFICAR LA CONCENTRACION DEL CONCENTRADO ESPUMOGENO

Para llevar a cabo esta prueba se puede utilizar un refractometro, medidor de conductividad u otro instrumento equivalente puede ser usado para verificar el % del concentrado espumógeno disuelto en las muestras de espuma usadas en la prueba de expansión y en la determinación del 25 % de drenaje.

La lectura obtenida del instrumento será corregida por temperatura, de esta manera que la concentración de la solución de espuma sea usada en una carta de calibración.

Para preparar la carta de calibración las lecturas del instrumento son hechas sobre soluciones de concentrados con porcentaje conocido y los resultados son extrapolados en una gráfica de porcentaje contra lectura del instrumento.



---

## 6. PRUEBAS PARA EVALUAR LAS CARACTERISTICAS DE LAS ESPUMAS SOBRE SUPERFICIES INCENDIADAS

Un concentrado específico en combinación con dispositivos de descarga deberán ser probados en acorde con las pruebas siguientes y cumplir con lo requisitos especificados:

### CONTROL

La espuma producida por descarga de soluciones con agua dulce o salada o ambas, sobre líquidos inflamables utilizados en las pruebas de fuego deberán cumplir con cada uno de los requisitos especificados:

- a) El manto de espuma deberá esparcirse por encima y cubrir completamente la superficie del combustible de prueba.
- b) El fuego se extinguirá completamente durante o al final de la descarga de espuma.
- c) El combustible de prueba cubierto con espuma no deberá reigniciar, flama, vela cuando es pasada una antorcha por encima de todas las áreas de la superficie. La antorcha utilizada en esta prueba es un dispositivo para determinar la sellabilidad del manto de espuma cuando es usada como se describió anteriormente.
- d) Cuando un tubo tipo chimenea es colocado y removida la espuma, el manto tiene que cumplir con cualquiera de las dos condiciones siguientes:
  1. Limitar el esparcimiento del fuego en un periodo de cinco minutos en una área no mayor a 10 pies<sup>2</sup> (0,9 m<sup>2</sup>), o



---

2. Fluir por encima y recubrir el área incendiada.

Cada concentrado espumógeno que sea listado para ser probado se tomara directamente del contenedor que suministra el fabricante, pasando por un cuarto de almacenaje de temperatura por un mínimo de 24 horas.

### **COMBUSTIBLE**

El combustible de prueba deberá ser heplano grado comercial. Si un concentrado esta previsto para ser probado con combustibles hidrocarburos u otro combustible del tipo polar, estos otros combustibles no tienen que exceder el 1.0 % de impurezas.

La temperatura de los combustibles de prueba no deberá ser menor de 50 ° F (10 ° C ) antes de conducir cualquiera de las pruebas de fuego.

Nota: Ciertos combustibles polares pueden presentar un decrecimiento en la temperatura después de ser colocado en la charola de prueba.

Esta temperatura decrece por el descuido de la temperatura del combustible colocado en la charola de prueba de fuego antes de ser colocado su temperatura será no menor a los 50 ° F (10 ° F).

### **METODOLOGIA DE PRUEBA**

Se coloca el combustible de prueba en la charola, para tal evaluación la charola se coloca en el piso.



Excepción: La charola para la prueba puede estar localizada en no más de 12 pulgadas (305 mm), por arriba del piso cuando sea provista con un borde desde la charola hasta el piso en por lo menos tres lados de la charola.

Si el heptano, u otro combustible de prueba que no sea miscibles con el agua es usado en esta prueba, se colocara una capa de combustible con un espesor de 2 pulgadas (50.8 mm), flotando sobre una capa de agua con un espesor no menor de 1 pulgada (25.4 mm). La profundidad de la agua se ajusta para cubrir una distancia desde la parte más alta de la charola a la superficie del líquido no menor de 8 pulgadas (203 mm). La Fig 6-3, ilustra como se prepara el combustible para dicha prueba.

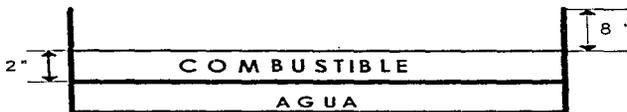


Fig 6-3.

En caso de que los combustibles sean miscibles con el agua, el combustible será colocado directamente en la charola de prueba a una profundidad que cubra una distancia desde la parte más alta de la charola hasta la superficie del líquido no menor a 8 pulg (203 mm).



El espesor del combustible será no menor de 1-1/2 pulg (39 mm).

La cantidad de combustible en U.S. Galones (litro x 0.26), que será usada para cada una de las pruebas, se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{U.S. Galones} = 0.625 \times A \times d$$

Donde:

A = Area de la superficie del combustible en pie<sup>2</sup> (m<sup>2</sup> x 10.76).

d = Profundidad del combustible en pulg (mm x 0.04).

## REGIMEN DE APLICACION Y POSICIONAMIENTO DE BOQUILLAS

Para los dispositivos de descarga clasificados como tipo II, la boquilla será colocada en la parte frontal y por arriba de la charola de prueba, arreglándola de esta manera por medios mecánicos y centrada respecto a la charola.

La boquilla se posiciona de manera tal que la espuma es dirigida a través de la charola y ataque el borde colocado en la parte opuesta de la misma, durante toda la aplicación de la espuma en ningún caso la boquilla será prolongada sobre cualquier parte de la charola de prueba.

Para los dispositivos tipo III, la boquilla se coloca en frente y arriba de la charola de prueba.

La boquilla puede ser movida durante la aplicación de la espuma o colocarla en diferentes posiciones por partes o durante toda la aplicación.



Hasta que el control se logre, toda la aplicación de la espuma será desde el lado trasero de la charola de prueba y descargada directamente sobre la superficie del combustible.

Después del control, la aplicación de la espuma puede ser desde el frente y de un lado adyacente descargándola directamente sobre el interior de la charola de prueba.

La boquilla puede ser movida más allá de las extensiones a los lados adyacentes. En ningún caso la boquilla se extenderá sobre cualquier parte de la charola de prueba.

El régimen de aplicación de varios concentrados se especificara como se indica en la Tabla A.

Para concentrados fluoroprotéicos formadores de película se requiere cumplir para ambas densidades mínimas de aplicación sobre hidrocarburos.

Excepción: Un concentrado resistente al alcohol se aplicara en la mínima tasa especificada por el fabricante cuando se pruebe con combustibles del tipo solventes polares, pero no menor de 0.06 Galones por minuto pie<sup>2</sup> ( 2.4L/min/m<sup>2</sup>).

## IGNICION DE COMBUSTIBLE Y DESCARGA DE ESPUMA

Después de que el combustible ha sido adicionado en la charola de prueba, la boquilla y la tasa han sido determinadas, el combustible es igniciado y el fuego resultante se deja quemar libremente por 60 segundos de prequemado.

Al final de los 60 segundos de prequemado, se descarga la espuma con una duración como la que se especifica en la Tabla A.



El manto de espuma resultante de la descarga de espuma se esparcirá sobre y completamente cubriendo la superficie del combustible y el fuego será completamente extinguido antes de finalizar la descarga de espuma.

Después de que toda la descarga ha sido completada, el manto de espuma formado sobre la superficie exterior del combustible se dejará sin tocar por el periodo especificado en la Tabla A.

Durante el tiempo que se deja sin tocar el manto de espuma una antorcha encendida es pasada aproximadamente por arriba de una pulg (25.4 mm), por todo el manto de espuma, incluyendo esquinas en un intento por reigniciar el combustible.

En el combustible no debe reigniciarse, provocar vela, flama u algún otro destello de fuego mientras la antorcha es pasada por encima del combustible.

La antorcha de prueba se pasa dos veces durante la duración de esta prueba: inmediatamente después de finalizar la descarga y anterior a la ignición de el diámetro del tubo de quemado.

Cada antorcha de prueba deberá ser conducida por un periodo no menor de un minuto.

APLICACION DE ESPUMA Y DURACION PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA  
A LA REIGNICION

TABLA A

Aplicación	Concentrado espumogeno	Tipo de combustible	Tasa de aplicación en la prueba Gpm/ft <sup>2</sup>	Tiempo de aplicación de la espuma en minutos	Duración mientras se prueba la resignación en minutos	Mínimo aplicación designada en gpm/ft <sup>2</sup>
1. TIPO III	P, FP, S, FFFP <sup>a</sup>	Hidrocarburo	0.06	5	15	0.16
	AFFF, FFFP	Hidrocarburo	0.04	3	9	0.10
2. TIPO II	P, FP, S, FFFP <sup>a</sup>	Hidrocarburo	0.06	5	15	0.10
	AFFF, FFFP	Hidrocarburo	0.04	3	9	0.10
	TODOS	Polar	b	5	15	c

P - PROTEINA    EFFF - FORMADORA DE PELICULA FLUOROPROTEINICA

S - SINTETICA    FP - FLUOROPROTEINICA

AFFF - FORMADORA DE PELICULA ACUOSA

- a La espuma fluoroproteica formadora de película se prueba con una densidad d aplicación de 0.06 y 0.04 gpm / pie<sup>2</sup>.
- b La tasa de aplicación puede variar la cantidad debido a los grupos polares. según especifique el fabricante.
- c 0.10 o 1.67 veces la tasa de aplicación en la prueba.



Después de completar los intentos para la reignición del combustible con la antorcha encendida, se coloca el tubo tipo chimenea para retirar la espuma de su interior.

El tubo tipo chimenea es colocado aproximadamente a 2-1/2 pies (0.76 m) de cualquiera de las esquinas de los lados adyacentes de la charola de prueba.

Al colocar el tubo se retira la espuma contenida para luego incendiar la superficie al descubierto durante un minuto.

Al término de este tiempo, se retira lentamente el tubo de la charola mientras el combustible continúa quemándose.

Cuando el tubo tipo chimenea se retira, el manto de espuma deberá cumplir con los siguiente requisitos:

a) Restringir el esparcimiento del fuego, en un periodo de 5 minutos en una área total no mayor de 10 pies cuadrados. (0.9 m<sup>2</sup>).

El esparcimiento del fuego causado por vela, flama u algún otro destello, en el cual la flama exceda una longitud a los 2 pies (0.6m), será considerada inaceptable si el área total envuelta en llamas excede lo 10 pies cuadrados en un periodo de 5 minutos o.

b)Fluir por encima y extinguir el área incendiada.



---

## 7. PRUEBA PARA CONCENTRADO POR MEDIO DEL MÉTODO DE INYECCIÓN SUBSUPERFICIAL

Un concentrado que sea utilizado en combinación con equipo de inyección subsuperficial debe cumplir con:

Cuando se pruebe el concentrado espumógeno que se pretenda usar con inyección subsuperficial dentro de un tanque de almacenamiento la espuma producida deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Fluir a través y completamente cubrir la superficie del combustible de prueba.
- b) Extinguir el fuego de prueba

### COMBUSTIBLE

El combustible de prueba es heptano grado comercial como se especifica en la tabla No. 5. Si el contenedor del concentrado espumógeno indica que el concentrado es apto, para utilizarse con otro tipo de hidrocarburos es posible que se sustituya el heptano por algún otro combustible.

### METODO DE PRUEBA

Se utiliza un tanque cilíndrico vertical, fabricado en acero, con un diámetro de 15 pies como mínimo (4.6 m), y 13 pies (4 m) mínimo de profundidad.



El combustible se coloca en el tanque de tal manera que ocupe una profundidad mínima de 10 pies (3 m). El agua se coloca en el fondo del tanque para que ocupe 1 pie (0.3 m) de profundidad, la distancia desde la parte más alta del tanque a la superficie del líquido será no menor a 3 pies (0.9 m) y no mayor a 4 pies (1.2 m).

La espuma será inyectada en el fondo a 2 pies del combustible (0.6 m).

Después de que el tanque con el combustible es llenado, el combustible se prende para quemarse libremente durante 10 minutos, inmediatamente al término de los 10 minutos de quemado, se efectúa la descarga continua de espuma en el fondo del tanque no más de 10 minutos, con una aplicación de 0.10 Galones por minuto por pie cuadrado (4.1 L/min/m<sup>2</sup>) de superficie del combustible de prueba.

La velocidad de entrada de espuma no debe ser menor a 10 pies por segundo (3 m/s).

La descarga de espuma puede ser detenida antes de los 10 minutos del tiempo si se desea por parte del fabricante, una vez que la descarga ha sido detenida, esta no puede ser restablecida. La espuma deberá fluir para cruzar la superficie del combustible de prueba y extinguir el fuego en 15 minutos después de que se inicio la descarga. La velocidad de la espuma se calcula usando la siguiente fórmula:

$$VI = \frac{(Q)(EXP)}{(2.448)(d)} :$$

Donde:

VI = Velocidad de entrada.

Q = Flujo en gpm.

EXP = Factor de expansión de la espuma determinado usando el formador de espuma correspondiente para la prueba con fuego.

d = Diámetro del orificio en pulgadas.

Completadas estas pruebas y si son de resultados satisfactorios se procede a dar la aprobación de los concentrados.



---

## CAPITULO VII

### LOS LISTADOS EPA

El uso de las espumas en el combate de incendios implica como se mencionó en los capítulos anteriores el uso de tensoactivos en el agua, lo que provoca afectación en los ecosistemas (Mantos fráticos y acuíferos) y también los suelos.

#### **BIODEGRADABILIDAD**

La biodegradabilidad es una medida que tiene el ecosistema para destruir la molécula del contaminante empleando  $O_2$ , produciendo agua y  $CO_2$ .

El agua tiene un mecanismo de autodepuración de materia orgánica a base de microorganismos, los cuales requieren de oxígeno para actuar.

Los indicadores utilizados para medir la calidad del agua son DBO (Demanda biológica de oxígeno) y DQO (Demanda química de oxígeno).

La DBO nos define la cantidad de  $O_2$  necesario para descomponer la materia orgánica.

La DQO se define como la cantidad de  $O_2$  necesario para oxidar químicamente todas las sustancias.



---

## TRATAMIENTO DE AGUAS

Después del combate de un incendio los residuos de espuma que se envían a las plantas de tratamiento, alcantarillas o medio ambiente alterará los valores requeridos de DBO y DQO, modificando los valores con los que opera la planta de tratamiento, o los organismos vivos del ecosistema.

El uso de concentrados con bajos valores de DBO y DQO es importante para facilitar el tratamiento.

Cuando el hombre comenzó a hacer uso de sus conocimientos de los cambios químicos de la materia, para proveer de infinidad de artículos que le facilitarían sus condiciones de vida olvida considerar las consecuencias que en el futuro pudieran presentarse por la generación de subproductos que alterarían el medio ambiente.

Hoy en día el factor de protección e impacto ambiental ha cobrado mayor importancia debido al desequilibrio ocasionado por la enorme generación de residuos peligrosos.

Es por ello que en los últimos años han aparecido instituciones como la EPA que se encargan de establecer las regulaciones en cuanto a protección al ambiente se refiere.

La EPA (**Agencia de Protección del Medio Ambiente**) es una institución que se encarga de establecer los códigos federales de regulación ambiental, en ellos publica entre normas, regulaciones, sanciones, todo lo relacionado con la protección al ambiente.



---

La EPA publica lo que se conoce como los listados EPA, listas de componentes que son considerados como peligrosos, así como las cantidades de reporte.

El término cantidad de reporte se refiere a las cantidades que pueden ser nocivas y aparecen en la tabla No. 7-1, la descarga de cualquiera de estas sustancias es considerada una violación.

Estas listas tienen el fin de que la industria y los fabricantes de nuevos productos que generen desechos cumplan con estos requisitos y busquen alternativas para el remplazo de compuestos que se encuentren listados por la EPA como peligrosos, o lo hagan de acuerdo a las regulaciones pertinentes.

El uso de los concentrados para combate de incendios en hidrocarburos, implica el uso de agua por lo que la EPA a través del CFR 40, parte 302 (Código Federal de Regulaciones 40 apartado 302), aparecen las sustancias que son consideradas peligrosas por la sección 311 del CWA, (Acta de Pureza en el Agua).

Existen en la actualidad fabricantes de equipo contra incendio que se han sometido a las regulaciones para poder seguir siendo competitivos, sustituyendo los compuestos tradicionalmente usados para la formulación de concentrados que aparecen en la lista de EPA, sustituyéndolos con el desarrollando de concentrados espumógenos biodegradables formulados a base de proteínas y entre otros componentes que no son considerados como nocivos, con valores de DBO y DQO bajos que faciliten el tratamiento del agua y no afecten al ambiente.



En la actualidad al enfrentar el reto de un proyecto no solo se debe considerar la ingeniería y tecnología como se hacía antes, en la actualidad se debe considerar toda la normatividad que se publica día con día en materia de seguridad y regulaciones ambientales.

A continuación se muestra la tabla No. 7-1 con las cantidades de reporte y las sustancias que se consideran peligrosas.

NOMENCLATURA	CANTIDAD DE REPORTE EN LIBRAS
X	1
A	10
B	100
C	1000
D	5000

**TABLA No. 7-1**

MATERIAL	
ACETALDEHIDO	C
ACETATO CROMICO	C
ACETATO CUPRICO	B
ACETATO DE AMILO	D
ACETATO DE AMONIO	D
ACETATO DE CADMIO	A
ACETATO DE PLOMO	D
ACETATO DE URANIO	B



CAPITULO VII  
LOS LISTADOS EPA



ACETATO DE VINIL	D
ACETATO DE ZINC	C
ACETATO ARSENITO CUPRICO	X
ACIDO 2,2-DICLOROPROPIONICO	D
ACIDO 2,4,5-T	C
ACIDO 2,4,5-TP	B
ACIDO 2,4-D	B
ACIDO ACETICO	D
ACIDO ADIPICO	D
ACIDO BENZOICO	D
ACIDO BUTIRICO	D
ACIDO CIANHIDRICO	A
ACIDO CLORHIDRICO	D
ACIDO CLOROSULFONICO	C
ACIDO CROMICO	A
ACIDO DODECILBENZENSULFONICO	C
ACIDO FORMICO	D
ACIDO FOSFORICO	D
ACIDO FUMARICO	D
ACIDO MALEICO	D
ACIDO NAFTALICO	B
ACIDO NITRICO	C
ACIDO PROPANICO	D
ACIDO SULFIDRICO	B
ACRILONITRILLO	B
ACROLEINA	X



CAPITULO VII  
LOS LISTADOS EPA



ALCOHOL ALILICO	B
ALDRIN	X
AMINAS 2,4,5-T	D
AMONIACO	B
ANHIDRIDO ACETICO	D
ANHIDRIDO MALEICO	D
ANHIDRIDO PROPANOICO	D
ANILINA	D
ARSENIATO DE PLOMO	X
ARSENIATO DE POTASIO	X
ARSENIATO DE SODIO	X
ARSENITO DE CALCIO	X
ARSENITO DE POTASIO	X
ARSENITO DE SODIO	X
BENCENO	A
BENZOATO DE AMONIO	D
BENZONITRILO	D
BICARBONATO DE AMONIO	D
BIFENILOS POLICLORINADOS	X
BISULFITO DE AMONIO	D
BORATO DE ZINC	C
BROMURO DE CADMIO	A
BROMURO DE COBALTO	C
BROMURO DE ZINC	C
BROMURO DE ACETIL	D
BUTILACETATO	D



CAPITULO VII  
LOS LISTADOS EPA



BUTILAMINA	C
CAPTANO	A
CARBAMATO DE AMONIO	D
CARBARYL	B
CARBOFURANO	A
CARBONATO DE AMONIO	D
CARBONATO DE ZINC	C
CARBURO DE CALCIO	A
CIANHIDRINACETONA	A
CIANURO DE BARIO	A
CIANURO DE CALCIO	A
CIANURO DE POTASIO	A
CIANURO DE SODIO	A
CIANURO DE ZINC	A
CIANURO MERCURICO	X
CICLOHEXANO	C
CITRATO DE AMONIO FERRICO	C
CITRATO DIBASICO DE SODIO	D
CLORO	A
CLOROBENZENO	B
CLOROFORMO	A
CLORURO ALILICO	C
CLORURO CROMOSO	C
CLORURO CUPRICO	A
CLORURO DE ACETIL	D
CLORURO DE AMONIO	D



CAPITULO VII  
LOS LISTADOS EPA



CLORURO DE BENZOILO	B
CLORURO DE BENZOILO	C
CLORURO DE BERILIO	X
CLORURO DE CADMIO	A
CLORURO DE PLOMO	B
CLORURO DE VINILIDENO	B
CLORURO DE ZINC	C
CLORURO DE ZINC AMONICAL	C
CLORURO FERRICO	C
COUMAPHOS	A
CRESOL	C
CROMATO DE AMONIO	A
CROMATO DE CALCIO	A
CROMATO DE ESTRONCIO	A
CROMATO DE LITIO	A
CROMATO DE POTASIO	A
CROMATO DE SODIO	A
CROTONALDEHIDO	B
CYANOGEN CLORURO	A
CHLOPYRIFOS	X
CHLORDANE	X
DDT	X
DIAZINON	X
DIBROMURO DE ETILENO	X
DICAMBA	C
DICHLOROBENIL	B



CAPITULO VII  
LOS LISTADOS EPA



DICLOROBENZENO	B
DICLORURO DE ETILENO	B
DICLOROPROPANO	C
DICLOROPROPENO	B
DICOFEL	A
DICROMATO DE AMONIO	A
DICROMATO DE POTASIO	A
DICROMATO DE SODIO	A
DICHLONE	X
DICHLORVOS	A
DIELDRIN	X
DIETILAMINA	C
DIFLUORURO DE SODIO	B
DIMETILAMINA	C
DINITROTOLUENO	A
DINITROBENZENO	B
DINITROFENOL	A
DIOXIDO DE NITROGENO	A
DIQUAT	C
DISULFITO DE SODIO	D
DISULFURO DE ARSENICO	X
DISULFURO DE CARBONO	B
DISULFOTON	X
DIURON	B
DODECILBENZENSULFONATO DE CALCIO	C
DODECILBENZENSULFONATO DE SODIO	C



CAPITULO VII  
LOS LISTADOS EPA



DODECILBENZENSULFONATO DE TRIETANOLAMINA	C
EDTA	D
ENDOSULFAN	X
ENDRIN	X
EPICLOROHIDRINA	B
ESTEARATO DE PLOMO	D
ESTERACIDOS 2,4,5-TP	B
ESTERES 2,4,5-T	C
ESTIRENO	C
ACIDO SULFURICO	C
ETHION	A
ETILBENZENO	D
ETILENDIAMINA	D
FENOL	C
FENOLSULFONATO DE ZINC	D
FLUOROBORATO DE AMONIO	D
FLUOROBORATO DE PLOMO	B
FLUORURO DE AMONIO	B
FLUORURO DE BERILIO	X
FLUORURO DE PLOMO	B
FLUORURO DE SODIO	C
FLUORURO DE ZINC	C
FLUORURO FERRICO	B
FLUORURO POTASICO DE ZIRCONIO	C
FORMALDEHIDO	B



CAPITULO VII  
LOS LISTADOS EPA



FORMATO DE COBALTO	C
FORMATO DE ZINC	C
FOSFATO DIBASICO DE SODIO	D
FOSFATO TRIBASICO DE SODIO	D
FOSFOGENO	A
FOSFORO	X
FOSFURO DE ZINC	B
FURFURAL	D
GUTHION	X
HEPTACHLOR	X
HEXACLOROCICLOPENTADIENO	A
HIDROSULFITO DE ZINC	C
HIDROSULFURO DE SODIO	D
HIDROXIDO DE AMONIO	C
HIDROXIDO DE NICKEL	A
HIDROXIDO DE POTASIO	C
HIDROXIDO DE SODIO	C
HIPOCLORITO DE CALCIO	A
HIPOCLORITO DE SODIO	B
ISOPROPANCLAMIN	
DODECILBENZENSULFONATO	C
ISOPROPENO	B
KEPONE	X
LINDANO	X
MALATHION	B



CAPITULO VII  
LOS LISTADOS EPA



MERCAPTODIMETHUR	A
METHYL PARATHION	B
METIL MERCAPTANO	B
METIL METACRILATO	C
METILATO DE SODIO	C
METHOXICHLOR	X
MEVINPHOS	A
MEXACARBATO	C
MEZCLA DICLOROPROPANO- DICLOROPROPENO	B
MONOCLORURO SULFUROSO	C
MONOETILENAMINA	B
n-BUTILFTALATO	A
NAFTALENO	B
NALED	A
NITRATO CUPRICO	B
NITRATO DE BERILIO	X
NITRATO DE NICKEL	B
NITRATO DE PLATA	X
NITRATO DE PLOMO	B
NITRATO DE URANIO	B
NITRATO DE ZINC	C
NITRATO DE ZIRCONIO	D
NITRATO FERRICO	C
NITRATO MERCURICO	A
NITRATO MERCUROSO	A



CAPITULO VII  
LOS LISTADOS EPA



NITRATO DE SODIO	B
NITRO BENZENO	C
NITROFENOL	B
NITROTOLUENO	C
OXALATO CUPRICO	B
OXALATO DE AMONIO	D
OXALATO DE AMONIO FERRICO	C
OXICLORURO DE FOSFORO	C
OXIDO DE PROPILENO	B
OXIDO DE SELENIO	A
PARAFORMALDEHIDO	C
PARATHION	A
PENTAFLUORURO DE SODIO	A
PENTACLOROFENOL	A
PENTACLORURO DE ANTIMONIO	C
PENTASULFURO DE FOSFORO	B
PENTOXIDO DE ARSENICO	X
PENTOXIDO DE VANADIO	C
PERMANGANATO DE POTASIO	B
PROPARGITE	A
PYRETHRINS	X
QUINOLINE	D
RESORCINOL	D
SALES 2,4,5-T	C
SELENITO DE SODIO	B
SILICOFLUORURO DE AMONIO	C
SILICOFLUORURO DE ZINC	D



CAPITULO VII  
LOS LISTADOS EPA



SODIO	A
SULFAMATO DE AMONIO	D
SULFATO AMONIACAL DE NICKEL	B
SULFATO CROMICO	C
SULFATO CUPRICO	A
SULFATO CUPRICO AMONIACAL	B
SULFATO DE ALUMINIO	D
SULFATO FERROSO	C
SULFATO DE NICKEL	B
SULFATO DE PLOMO	B
SULFATO DE TALIO	B
SULFATO DE VANADILO	C
SULFATO DE ZINC	C
SULFATO DE ZIRCONIO	D
SULFATO MERCURICO	A
SULFURO DE AMONIO	B
SULFURO DE PLOMO	D
TARTRATO CUPRICO	B
TARTRATO DE AMONIO	D
TARTRATO POTASICO DE ANTIMONIO	B
TDE	X
TETRACLORURO DE ZIRCONIO	D
TETRACLORURO DE CARBONO	A
TETRAETIL DE PLOMO	A
TETRAETILPIROFOSFATO	A
TIOCIANATO DE AMONIO	D



CAPITULO VII  
LOS LISTADOS EPA



TIOCIANATO DE PLOMO	B
TIOCIANATO MERCURICO	A
TOLUENO	C
TOXAFENO	X
TRIBROMURO DE ANTIMONIO	C
TRICLOROETILENO	B
TRICLOROFENOL	A
TRICLORURO DE ANTIMONIO	C
TRICLORURO DE ARSENICO	X
TRICLORURO DE FOSFORO	C
TRICHLORFON	B
TRIETILAMINA	D
TRIFLUORURO DE ANTIMONIO	C
TRIOXIDO DE ANTIMONIO	C
TRIOXIDO DE ARSENICO	X
TRISULFURO DE ARSENICO	X
XILENO	C
XILENOL	C
YODURO DE PLOMO	B



---

## C A P I T U L O V I I I

### LA SELECCION DE LOS CONCENTRADOS ESPUMOGENOS

La selección del concentrado espumógeno se realiza en base al tipo de combustible o líquido inflamable que se desee proteger.

Básicamente, existen dos clases generales de líquidos inflamables:

1. Hidrocarburos
2. Solventes polares.

Los hidrocarburos son productos no miscibles con agua tales como petróleo, gasolina, nafta, hexano, diesel, etc.

Los solventes polares son generalmente productos que se mezclan con el agua, tales como el alcohol, ésteres, cetonas, etc. Algunos solventes industriales son una mezcla de las dos clases.

Con las características que se han descrito de cada concentrado y las propiedades que adquieren las espumas al generarse, se está en posición de elegir un concentrado adecuado, para las necesidades existentes.



Pero además se debe considerar la siguiente información para que la selección del concentrado sea conveniente:

- 1. TIPO DE LIQUIDO INFLAMABLE.**
- 2. SELECCION DEL METODO DE APLICACION DE LA SOLUCION DE ESPUMA.**
- 3. SELECCION DEL TIPO DE PROPORCIONAMIENTO.**
- 4. LISTADO UL**
- 5. LISTADO EPA**
- 6. COSTO DEL CONCENTRADO.**

La elección correspondiente que cumpla con las necesidades del cliente, depende de el tipo de riesgo específico.

En algunas ocasiones tal vez el concentrado elegido este en función del costo, pero hay que recordar que una inversión en protección puede ser pequeña comparada con las pérdidas que se puecen devenir en caso de presentarse un incendio

En la siguiente tabla A8 se indica la forma en que se puede seleccionar el tipo de concentrado de acuerdo a los pasos indicados arriba.



PROCEDIMIENTO DE SELECCION DE CONCENTRADOS ESPUMOGENOS

TABLA No. A8

CONCENTRADOS ESPUMOGENOS					
PASO	ACTIVIDAD	PROTEICO	FLUORO PROTEICO	AFF	AR- AFF
1	TIPO DE COMBUSTIBLE				
	HIDROCARBURO	A	A	A	A
	SOLVENTE POLAR	NA	NA	NA	A
2	SELECCIÓN DEL METODO DE APLICACION				
	CAMARAS DE ESPUMA	A	A	A	A
	BOQUILLAS ASPIRANTES	A	A	A	A
	BOQUILLAS NO ASPIRANTES	NA	NA	A	A
	SUBSUPERFICIE	NA	AH	NA	NA
3	SELECCION DEL METODO DE PROPORCIONAMIENTO				
	PROPORCIONAMIENTO EN LINEA				
	PROPORCIONAMIENTO A PRESION	A	A	A	A
	TANQUE DE DIAFRAGMA	A	A	A	A
	PRESION BALANCEADA	A	A	A	A
	PRESION BALANCEADA EN LINEA	A	A	A	A
4	COSTO DEL CONCENTRADO	BAJO	MEDIO	MEDIO SUPERIOR	ALTO

A = APLICABLE AH = SOLO HIDROCARBUROS NA = NO APLICABLE



---

## CAPITULO IX

### CONCLUSIONES

Al iniciar este trabajo y después de haber hecho una selección de la información, que a mi juicio es la necesaria y adecuada para especificar cuáles son las propiedades que deben ser capaces de generar los concentrados al formar las espumas mecánicas, para no sucumbir en el evento y además tener un buen desempeño, considero que es la necesaria puesto que esta información garantiza el hacer una buena selección y cumplir con el objetivo propuesto al iniciar este documento.

Con la información anterior, se está en posición de hacer una selección adecuada para conocer las características importantes y saber a que proveedor se puede recurrir, de en la gran variedad de compañías que se dedican a la manufactura de concentrados. Si éste documento lo utiliza gente que se encuentre involucrada en la protección y combate contra incendios de líquidos inflamables, le será de gran utilidad tener los datos que aparecen en él, ya que toda la información es tecnología de punta.

El empleo de los concentrados espumógenos para generar espumas mecánicas y emplearlas en la lucha contra incendios clase B bidimensionales, representa un poderoso recurso cuando es necesario aprovechar el efecto de enfriamiento del agua y las características que como película forman el manto para evitar la salida de los vapores del líquido inflamable.

Considero que todos los que habitamos el planeta tenemos el compromiso de no defraudar; si se hace uso de los conocimientos y propiedades de la materia para manufacturar artículos o productos que cubran las necesidades y faciliten nuestra vida, el uso de concentrados representa utilizar agua y por ello, el hecho que sean formulados mediante sustancias que la EPA no considera peligrosas, resulta realmente importante puesto que no implica un tratamiento tan elaborado para desecharlo y no es una agresión al medio ambiente, por lo cual decida tomarlo como punto necesario para la



elección adecuada, ya que algunos fabricantes todavía se encuentran en desventaja con otros en lo referente a este punto.

Existe una compañía que se dedica a comprobar lo que el fabricante está vendiendo y garantiza que funciona adecuadamente; considero que es de vital importancia, garantizar que tenga un perfecto desempeño para que no falle en el momento que se requiera, por ello, considero también, que es un factor de peso para la selección del concentrado el que se encuentre certificado por UNDERWRITERS LABORATORIES (UL).

Por otra parte, la amplia gama de formulaciones y los sistemas para generación de espumas mecánicas, permite hoy en día hacerle frente a una gran variedad de problemáticas en donde se involucren líquidos inflamables.

El uso de hidrocarburos tanto como de solventes polares en la industria, cada día encuentran y tienen mayores aplicaciones, es por esto que su almacenaje, transportación y protección, han provocado que los fabricantes de concentrados espumógenos, inviertan en el desarrollo de nuevas alternativas para que el uso de los mismos sea cada vez más eficiente y seguro.

En el mismo sentido, la búsqueda por evitar las altas concentraciones de atmósferas contaminadas en las grandes metrópolis, han dado como resultado el uso de gasolinas reformuladas, las cuales se logran al añadir solventes polares a las gasolinas. De esta forma se realiza, una combustión más eficaz en los motores de combustión interna; esta nueva medida ha llevado a quienes trabajan en el control y prevención de incendios a enfrentar un nuevo riesgo, pues el uso de solventes polares (alcoholes), se consideraba una amenaza muy difícil de combatir.



---

Esta medida fue para los productores de concentrados espumógenos un reto que debía resolverse a corto plazo, por ello la investigación en la elaboración de un concentrado disponible para usar en solventes polares, se volvió urgente: de los estudios realizados se obtuvieron los concentrados resistentes al alcohol.

Conociendo de antemano las limitantes y ventajas que tienen cada tipo de concentrado, logramos cubrir una enorme variedad de riesgos.

La generación de espuma, es una tecnología que ha sido desarrollada con base en las necesidades de la industria y debe tomarse en cuenta para cualquier futuro proyecto que implique protección contra incendio en líquidos inflamables.

Aunado a todo ello, el ser humano de fines del siglo XX se encuentra preocupado por el problema que representa la contaminación ambiental, es por esto que en el avance tecnológico de los concentrados espumógenos fue de mucha importancia el que fuesen biodegradables.

El presente trabajo, no es el único que ha realizado investigaciones en este campo, pero si tiene la intención de hacerlo accesible a todos los interesados en la protección y combate a los siniestros en los cuales se involucran, manejen y transportan líquidos inflamables. Motivado por esta preocupación y dirigido a un determinado sector de los profesionales en Seguridad, es por lo que respetuosamente pongo a su consideración este esfuerzo: si ayuda en alguna forma a entender la problemática actual de los líquidos inflamables, habrá cubierto su propósito.



---

CAPITULO X

BIBLIOGRAFIA

FOAMS

PROCEEDINGS OF A SYMPOSIUM

ORGANIZED BY THE SOCIETY OF CHEMICAL INDUSTRY

COLLOID AND SURFACE CHEMISTRY

GROUP AND HELD AT BURNEL UNIVERSITY

EDITED BY R.J. AKERS.

ACADEMIC PRESS LONDON N.Y. SAN FRANCISCO 1975

PRICIPLES OF COLLOID AND SURFACE CHEMISTRY

PAUL C. HIEMENZ

MARCEL DEKKER, INC. N.Y.

COLLOIDAL

SYSTEMS AND INTERFACES

SYDNEY ROSS

IAN D. MORRISON.

EDITED BY JOHN WILEY & SONS

FLUORINATED SURFACTANTS

SYNTHESIS, PROPERTIES APPLICATIONS

ERIK KISSA V.50

SURFACTANT SCIENCE SERIES 1993



FOAMS

THEORY, MEASUREMENTS AND APPLICATIONS

EDITED BY ROBERT K. PRUDIHOMME AND SAAD A. KHAN

FOAM FLOTATION

THEORY AND APPLICATIONS

CLARKE ANN N. AND DAVID J. WILSON N.Y. 1983

FOAMS PHYSICS, CHEMISTRY AND STRUCTURE

A. J. WILSON

LONDON SPRINGER 1989

DICTIONARY OF COLLOID AND SURFACE SCIENCE

PAUL BECHER N.Y.

THE LANGUAGE OF COLLOID

AN INTERFACE SCIENCE A DICTIONARY OF TERMS.

CAURIER L. SCHRAMM

AMERICAN CHEMICAL SOCIETY 1993

STANDARD 11

LOW-EXPANSION FOAM

EDITION 1994

STANDARD 11A

MEDIUM AND HIGH EXPANSION

FOAM SYSTEMS EDITION 1994



---

STANDARD NFPA 30  
FLAMMABLE AND COMBUSTIBLE LIQUIDS CODE  
EDITION 1994

STANDARD NFPA 18  
STANDARD ON WETTING AGENTS  
EDITION 1990

QUIMICA ORGANICA  
ROBERT THORNTON MORRISON  
ROBERT NEILSON BOYD  
EDITORIAL ADDISON-WESLEY IBEROAMERICANA

LA SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SU ADMINISTRACION  
JOHN V. GRIMALDI  
ROLLIN H. SIMONDS  
EDITORIAL ALFAOMEGA

MANUAL DE INGENIERIA CONTRA INCENDIO  
A BASE DESPUMAS MECANICAS  
NATIONAL FOAM 1996

"FOAM LIQUID CONCENTRATE"  
NATIONAL FOAM SYSTEM, INC.  
LIONVILLE, PA, 1983



---

" FOAM LIQUID PROPORTIONING"  
NATIONAL FOAM SYSTEM, INC.  
LIONVILLE, PA, 1982

" FLAMMABLE LIQUID STORAGE TANK PROTECTION"  
NATIONAL FOAM SYSTEM, INC.  
LIONVILLE, PA, 1983

" STORAGE TANK PROTECTION USING AFFF"  
PIGNATO, J.A.  
FIRE JOURNAL, VOL. 71, No. 6, NOV 1978

" AFFF SPREADING PROPERTIES AT ELEVATED TEMPERATURES"  
WOODMAN, ALAN L.  
FIRE TECHNOLOGY, VOL. 14, No. 4, NOV 1978

" FIRE FIGHTING WITH FOAM: BASICS OF EFFECTIVE SYSTEMS "  
MELDRUM, D.N.  
SOCIETY OF FIRE PROTECTION ENGINEERS  
1979

" MAINTENANCE OF LOW AND HIGH EXPANSION FOAM SYSTEMS "  
KING, CARL J.  
FIRE JOURNAL, VOL. 67, No. 2, MAR 1973

" FIRE TANK FIRES SUBSURFACE "  
MAHLEY, H.S. HYDROCARBON PROCESSING AUG 1975



---

" FIGHTING FIRES IN OIL STORAGE TANKS USING BASE INJECTION OF FOAM "  
NASH, P. AND WHITTLE, J.  
FIRE TECHNOLOGY  
PART I FEB 1978, PART II 1978.

QUIMICA  
MOLLY M. BLOOMFIELD  
EDITORIAL LIMUSA/ NORIEGA EDITORES

" ENHANCEMENT OF FIRE PROTECTION WITH DIRECTIONAL COOLING SPRAY NOZZLES  
BY USE OF AFFF "  
PIGNATO, J.A.  
FIRE TECHNOLOGY, VOL. 19, No. 1, FEB 1983.

MANUAL DE PROTECCION CONTRA INCENDIOS  
NFPA  
EDITORIAL MAPRE

STANDARD UL 162  
LIQUIDOS CONCENTRADOS DE ESPUMA Y EQUIPO PARA GENERAR ESPUMAS

CIENCIA DE LOS COLOIDES  
J.W. Mc MAIN  
EDITORIAL LIMUSA

PRINCIPIOS DE FISICOQUIMICA  
MARON & PRUTON EDITORIAL LIMUSA



---

**¡ FUEGO A BORDO!**  
**PETROLEOS MEXICANOS**  
**FRANK RUSHBROOK, M. I.**

**FIRE PROTECTION TRAINING DIVISION**  
**TEXAS ENGINEERING EXTENSION SERVICE**  
**TEXAS A&M UNIVERSITY SYSTEM**  
**HAZARDS MATERIALS**

**FIRE PROTECTION TRAINING DIVISION**  
**TEXAS ENGINEERING EXTENSION SERVICE**  
**TEXAS A&M UNIVERSITY SYSTEM**  
**EMERGENCY RESPONSE IN HAZARDS MATERIALS**

**LO ESENCIAL EN EL COMBATE DE INCENDIOS**  
**SEGUNDA EDICION**  
**ASOCIACION INTERNACIONAL DE CAPACITACION DE BOMBEROS**  
**PUBLICADO POR PUBLICACIONES DE PROTECCION CONTRA INCENDIOS.**

**INGENIERIA DE LA SEGURIDAD EN LA OPERACION Y MANTENIMIENTO DE**  
**INSTALACIONES PETROLERAS UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**