



Espumantes y Humectantes

Departamento Técnico Academia Nacional de Bomberos de Chile.

El presente documento analiza la real dimensión del tema de los espumantes y humectantes, que han revolucionado la forma de extinguir incendios en Europa. La experiencia citada, fue desarrollada luego de completar una pasantía de 8 semanas en el Departamento de Bomberos Profesionales de la ciudad de Frankfurt am Main, Alemania.

Este documento ha sido realizado por Victor Hugo Barrientos, Voluntario de la Segunda Compañía "Germania" del Cuerpo de Bomberos de Puerto Montt. Su correo para consultas y comentarios es vhbarrientos@gmail.com o a la cuenta de twitter [@vhbarrientos](https://twitter.com/vhbarrientos)





CAPÍTULO I. PRINCIPIOS BÁSICOS Y FUNCIONAMIENTO

Si hace 5 años atrás alguien hubiese anunciado en Chile, que los humectantes serían la próxima revolución para la extinción de incendios, probablemente hubiese sido desacreditado y ninguneado por varios medios de comunicación y difusión de conocimiento. Sin ir más lejos, aún hoy, podríamos establecer una conducta similar. No obstante aquello, es imperativo entender una nueva forma de ver la extinción de incendios con un alcance de rendimiento y eficiencia muy superior a lo que conocemos hoy, presentando metodologías extraordinariamente beneficiosas para las víctimas, el medio ambiente y seguridad de los bomberos.

Con lo anterior, me refiero al uso masivo de agentes humectantes y espumantes para la extinción de fuegos habitacionales, forestales, hidrocarburos y químicos.

Antes de continuar cualquier proceso de análisis, es necesario discutir ciertos principios básicos de funcionamiento para desmitificar conceptos como rendimiento, costos, eficiencia y aplicabilidad.

Principio de Transferencia Térmica

En los cursos de entrenamiento básico, nos enseñan que el agua presenta una excelente capacidad para transferir calor y enfriar el fuego que a diario combatimos. Además es gratis y la podemos transportar en nuestros carros de bomberos. Sin embargo, a este concepto le falta un apellido muy relevante y que se refiere al principio de intercambio de calor, donde un material caliente transfiere energía hacia uno más frío.

Este concepto requiere incorporar a la superficie, como medio facilitador del intercambio de calor entre la masa de combustible caliente y el masa de refrigerante frío.

Cabe preguntarse ahora ¿Qué superficie del agua que lanzamos, tiene real contacto con el fuego? Es aquí donde se produce el primer punto de inflexión en nuestro accionar, y una de las razones de porque el agua por si sola, necesita de tan grandes cantidades para extinguir un incendio. Para ponerlo en un contexto más gráfico hablaremos de “toneladas de agua” para comparar y analizar ciertos datos.

Basándome en los datos publicados en bomba18.cl hace algunos años, puedo estimar que la cantidad de agua que requiere una habitación de 900 m² sería: $30 \times 30 \times 10 = 9.000 [Lpm]$. Si considero que la densidad del agua = $1 [Kg/Lt]$, se requerirían “9 toneladas de agua por minuto”.

Alguna vez nos preguntamos, ¿Por qué necesitamos tantas toneladas de agua? O bien ¿Por qué apreciamos cascadas de agua en incendios de gran magnitud? (técnica “Hasta que flote el piano”). Dicho fenómeno está asociado a la superficie de contacto, que comentamos al inicio, donde una muy baja cantidad de agua logra intercambiar calor con el sistema en combustión, sumado a un concepto que pocas veces se analiza en detalle, cual es, la Tensión Superficial del agua.

Si al problema de intercambio térmico adicionamos la variable tiempo $[(dQ)/dt]$, complicamos aún más el análisis ya que observamos que la superficie, el calor y las masas necesitan de un intervalo de tiempo para actuar como un intercambiador de calor.

De todo esto, es posible derivar la eficiencia del sistema en su conjunto, la cual no entrega números atractivos, salvo por el costo asociado, que sin duda es el más conveniente (costo del agua = 0).

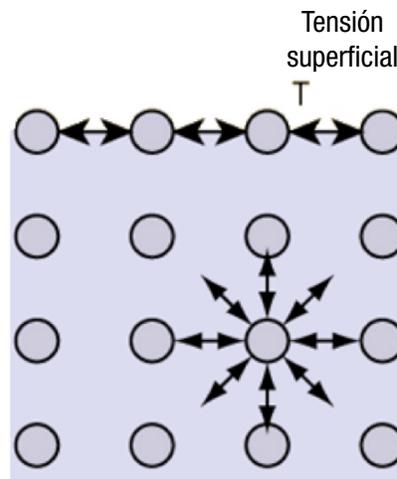
Ahora bien, ¿por qué es tan importante estudiar la eficiencia del sistema? Básicamente porque si demoramos más tiempo en apagar un incendio y utilizamos una gran cantidad de toneladas de

agua, ocuparemos más recursos, se producirán más gases tóxicos (todos los incendios son tóxicos), generaremos más RILEs, contaminaremos más el ambiente y expondremos más a nuestros colegas.

De esta forma configuramos un escenario que debe cambiar en pos de un control de emergencias responsable y moderno.

Principio de Tensión superficial

Si observamos un vaso con agua, vemos una superficie límite distribuida en el plano geométrico del recipiente, que pone en contacto el líquido con el aire. Esto genera dos estados diferentes en la distribución molecular del sistema. Una, que corresponde al ordenamiento en centro del líquido y otra en la superficie. Esto devenga en que las fuerzas intermoleculares también serán diferentes, siendo este el elemento detonador para explicar el concepto de tensión superficial (TS).



La figura arriba mostrada, representa vectorialmente las diferencias comentadas respecto a la fuerza que “sienten” las moléculas en la superficie y en el centro del sistema. El concepto de tensión superficial no es más que una cuantificación de lo que “sienten” esas moléculas en la superficie del líquido, asociado a las características de las fuerzas intermoleculares propias de cada átomo que las componen. Esto hace que no todas las sustancias tengan la misma TS, porque lógicamente tienen diferentes átomos. En este sentido cabe preguntarse ¿Qué tiene que ver esto, con la extinción de incendios? Mucho, ya que la alta TS del agua (aprox. 72 [mN/m]) impide que la capa superior del líquido permanezca un tiempo adecuado para producir el efecto de intercambio térmico necesario para apagar el incendio.

En resumen, la gran capacidad de absorción térmica del agua, queda tremendamente supeditada a la superficie de contacto y como esta se relaciona con un sistema de mayor.

Temperatura, en función del tiempo.

¿Cómo mejoramos este escenario? El agua siempre será la misma, sin embargo si agregamos un elemento de menor TS y similar densidad, quizás podremos mejorar nuestras posibilidades. Fue la respuesta que desarrollaron hace cerca de 20 años varias empresas europeas, dando paso al nacimiento de los humectantes o emulsionantes para el control de incendios.



Idea Fuerza

El concepto es simple, adicionar un compuesto de menor TS, que permita modificar la sumatoria de fuerzas intermoleculares en la superficie del agua. De esta manera, formar una mezcla donde la TS total sea mucho menor a la del agua, idealmente cercana a los 25 [mN/m].

Importante destacar que esto “no rompe” la TS del agua, la cual sigue siendo la misma. Lo que pasa, es que la mezcla derivada (suma de ambos compuestos) tiene un valor menor de TS. Este efecto permite mejorar casi al triple la capacidad de contacto superficial del agua, permitiendo que para una masa equivalente de refrigerante (agua) aumente el rendimiento de transferencia térmica, acercándose a niveles “ideales”.

Humectante

Este concepto es análogo al utilizado por nuestras abuelitas desde muchos años atrás. Cuando quieren “humectar” su piel, no se colocan todo el día debajo de la llave con agua, sino que utilizan un “facilitador” o crema para hidratar. El mismo principio se ocupa ahora en incendios, ya que con la ayuda de un humectante mejoramos considerablemente la capacidad de penetración del agua y el tiempo de contacto en superficies calientes. Esto genera un inmediato cambio en la cuantificación del rendimiento de intercambio térmico y por consiguiente la disminución en el tiempo de extinción del fuego.

No es el humectante, la varita mágica para combatir las llamas, sino potenciar las propiedades que el agua siempre ha tenido (vaporización, disponibilidad, costo, expansión, enfriamiento) en beneficio del servicio.

El concepto de “adicionar algo al agua” no es nuevo y se viene desarrollando progresivamente desde los grandes incendios industriales de los años 30 en EE.UU. En esa época inició sus operaciones, el concepto de concentrado proteínico, quien mezclado con agua y aire formaba un “colchón de espuma” que permitía una separación mecánica de los vapores inflamables, evitando re igniciones y extinguiendo el fuego. Ahora este concepto ha evolucionado al uso de humectantes para el combate de fuegos clase A.

Costo v/s Beneficio

Adicionar un compuesto, tiende a considerar un aumento en el costo del servicio. No obstante las cantidades de humectante que se adicionan a la mezcla, están en el orden del 0,1%-0,3%-0,5%, implica 1-3-5 litro(s) de humectante por cada 1000 litros de agua.

Si analizamos el problema solo desde el punto de vista económico, estaremos invirtiendo una mínima cantidad de humectante, versus reducir la hora/hombre de trabajo, el gasto de combustible y el material menor expuesto. Adicionalmente existe un costo intangible (aún en nuestro país), que se refiere al pasivo ambiental derivado del proceso de extinción y la valorización de nuestros bomberos (exposición a contaminantes y desarrollo de enfermedades profesionales).

Esta opción operativa representa un concepto revolucionario y que en nuestro país aún no adquiere la relevancia que en otras latitudes se le ha dado. Reflejo patente de esta conclusión es la casi 0 inversión en material mayor y menor que incorpore esta tecnología, desafío pendiente para las próximas adquisiciones a nivel nacional.



CAPÍTULO II – APLICACIONES

Desde nuestra época de brigadieres o cadetes, cuando nuestro instructor nos presentaba las diferentes clases de fuego (A,B,C,D,K), siempre se nos dijo que los fuegos clase B serían combatidos preferentemente con una mezcla de agua, concentrado de espuma y aire. Dicho concepto no ha sido modificado en gran medida hasta ahora. Inclusive si lo llevamos a un nivel más explícito, seguiríamos entregando la misma respuesta sin mayores dudas.

Con los antecedentes mencionados en el Capítulo I, nos damos cuenta de que el universo de posibilidades es considerablemente más generoso, en referencia a las capacidades de extinción que ofrecen los humectantes.

Para ofrecer antecedentes validados, recurriré nuevamente a los colegas del Cuerpo de Bomberos Profesionales de Frankfurt am Main, Alemania.

Equipamiento Necesario

Uno de los elementos fundamentales para bomberos, claramente es su carro bomba. Sorpresa mayúscula fue la mía, cuando pude conocer las máquinas que disponen en Frankfurt. Los HLF por sus siglas en alemán Hilfs-Lösch-Fahrzeug (Camión de asistencia y extinción), tienen un estanque de 1600 litros de agua y 200 litros de humectante, junto a un notable número de herramientas para diferentes escenarios. Concepto similar al RX-15 del Cuerpo de Bomberos de Santiago.

El detalle de la cantidad de agua no es menor, ya que nuestra tendencia nacional ha sido la de incrementar sustantivamente la cantidad de agua disponible en nuestras máquinas. Es aquí donde comenzamos a comprender diferencias operativas importantes, que en este caso involucra una mejora en la eficiencia del sistema de extinción, apoyado por el trabajo con humectantes.

Muchos pensarán que la disminución del volumen de agua se debe a que la red de grifos mantiene un caudal suficiente para la alimentación de los carros bomba, lo cual es efectivo. No obstante durante mi período de práctica (año 2010) nunca vi armar un grifo, participando en varios siniestros con fuego en fase autosustentada.

Paralelo al tema de los estanques, se presenta la configuración del cuerpo bomba, las líneas de transporte (mangueras) y los pitones. Respecto a estos dos últimos puedo comentar que las armadas son análogas a las utilizadas en Chile, con unión tipo Storz, un diámetro de 70 mm para la línea entre el carro y el gemelo, 2 o 3 líneas desde el gemelo hacia adelante (52 mm) y un pitón con regulador de caudal de hasta 475 Lt/m.

Cuerpo Bomba y Mezclado

El sistema de bombeo está configurado para llevar a cabo operaciones contra incendios, utilizando una mezcla de agua/humectante entre el 0,1 y 0,3%. Esta operación la realiza un “inductor en línea automático” que inyecta pequeñas cantidades de humectante antes de que la mezcla sea conducida por la manguera. La inyección esta automatizada y puede ser reconfigurada por el maquinista digitando el porcentaje de mezcla directamente sobre el panel de control, en caso de combatir un escenario con mayor o menor carga de combustible (Ver fotografía 1). Si es necesario combatir fuegos Clase B, es posible aumentar la razón de mezclado (hasta el 6%) o bien detener el sistema y cambiar la configuración directamente a generación de espuma, desde el estanque o con la ayuda de concentrados específicos para el trabajo en este tipo de incendios. De preferencia Frankfurt

opera incendios clase B, solo con concentrados de espuma y no con humectantes. El hecho de que la inyección de humectante sea operada por un control automatizado, no es menor, ya que descarta la posibilidad de que un operador “equivoque” la correcta relación de mezclado. Además permite restar un bombero para la función específica de mezclado (dosificación del recurso humano) y elimina espacios de tiempo durante el cambio de recipiente, en el caso de hacerlo desde los clásicos bidones.



Fotografía 1:
Bomba y consola de control para el inyector de humectante

Tal como analizamos en el Capítulo I, existe una tendencia a pensar que esta configuración es más costosa y que nuestras realidades son diferentes. Para revertir este argumento, quisiera que analizaran la siguiente relación numérica.

El 0,1% de 1000 Litros de mezcla = 1 Litro de humectante. El costo asociado por litro de humectante es de aproximadamente \$3.500. Esto quiere decir que vaciar nuestro estanque de 1500 litros de agua más concentrado tiene un costo cercano a los \$5.250. Si en el documento anterior demostramos que la eficiencia del sistema es cercana al 90% versus, el agua por si sola (10%), reduce notablemente los costos asociados al efecto colateral de las toneladas de agua. Adicionalmente se presenta la reducción de los costos por tratamiento de residuos líquidos generados (menos agua lanzada implica menos tratamiento), la reducción de la exposición del personal, el prorrateo por tiempo sobre el uso de equipos costosos como protección personal, combustible y finalmente hora hombre de trabajo.

¿Dónde? ¿Cuándo? ¿Cómo?

Algo hemos hablado respecto a las clases de fuego y sus métodos de control, sin embargo ahora indagaremos un poco más en este concepto.

Mayoritariamente el uso de humectantes está destinado a los fuegos Clase A, que son esencialmente incendios con combustibles sólidos catalogados como material no-peligroso. Esto quiere decir, fuegos como madera, plástico, telas, etc., donde se concentra cerca del 80% de las emergencias por combustión que enfrenta bomberos en todo el mundo. Adicionalmente ha demostrado ser un elemento ventajoso en el combate de incendios forestales, aplicado bajo el formato de baja y alta expansión. Esta última, resultando eficiente en aplicaciones sobre pendiente para operar como medida de obstrucción al avance del fuego. Fotografía 2 ilustra un modelo de la aplicación señalada.



Fotografía 2:
Aplicación de alta expansión en pendiente exterior.

Desde el punto de vista táctico, este agente extintor se desempeña en operaciones defensivas y ofensivas, trabajo desde medios aéreos (escaleras mecánicas, aeronaves) y monitores portátiles.

Antes de continuar, invertiremos algunos minutos en reflexionar algo que quizás ya sea parte de sus dudas y que se relaciona con el efecto del roce y la caída de presión.

Es evidente que este fenómeno existe, pero tiene un efecto marginal dentro del sistema por dos razones fundamentales. Para analizarlo, recordaremos algunos principios de física.

La fuerza de roce, se representa como:

Siendo F_r , la fuerza de roce, μ el coeficiente de roce y N , la fuerza normal. Esta última equivalente a la fuerza peso en magnitud pero contraria en sentido. Es aquí donde atamos cabos, al relacionar la mínima inyección de humectante, con el efecto que la masa total tendrá sobre la normal. Si la masa de humectante es del 0,1% en el sistema, evidentemente la normal será menor y por consiguiente la fuerza de roce también. Sumado a esto se manifiesta una menor inercia, cuando comparamos la misma masa de humectante v/s concentrado de espuma. Ambos difieren en sus densidades y viscosidades, lo que genera condiciones favorables para la turbulencia, mezclado y movimiento.

En el capítulo III comentaré en profundidad los cálculos necesarios para el correcto mezclado de concentrados de espuma, caídas de presión y el efecto del tipo de espuma sobre la configuración del sistema a utilizar.

Tema aparte será estudiar los efectos del roce asociado a los concentrados de espuma nuevos, con tecnología biodegradable.

Retomando el tema de las aplicaciones, podemos resumir su uso de la siguiente forma para las clases de fuego más comunes:

Clase A	Humectante + Agua
Clase B	Espumante + Agua



Fotografía 3:
Escenario con
uso de escalera
mecánica.

El uso de escaleras mecánicas, para mejorar el acceso al escenario de combustión es masivamente utilizado en Europa dejando de lado hace bastante tiempo el trabajo con móviles que portaran un gran número de escalas. En la fotografía 3, se aprecia claramente el desarrollo de un sistema humectante + agua lanzado desde una escalera mecánica, mientras que en la fotografía 4 observamos la aplicación de alta expansión desde medios aéreos.



Fotografía 4:
Aplicación
alta expansión
desde escalera
mecánica.

Espumas HC y Químicas

Luego de analizar los aspectos más relevantes de los humectantes, comenzaremos a estudiar los concentrados de espuma y la última innovación en términos de clasificación, funcionamiento y aplicaciones.

Para comenzar, presentaremos el tema de las espumas para incendios químicos, donde existen sustancias que debido a sus propiedades pueden atacar químicamente parte de los elementos constituyentes del concentrado. En este contexto es que se han agregado bases fluoradas a concentrados sintéticos y resistente a alcoholes, que permiten un máximo rendimiento en condiciones hostiles para el agente extintor (a diferencia de las espumas HC o para hidrocarburos). Un ejemplo de esto es el concentrado Dr. Sthamer Moussol-APS 1/3, diseñado para incendios químicos, petroquímicos,



entre otros. Asimismo, se han desarrollado concentrados con propiedades neutralizantes y para el control del movimiento vertical ascendente de vapores, como el caso del agente Target 7 de la empresa ANSUL (<http://bit.ly/1CGRohi>).

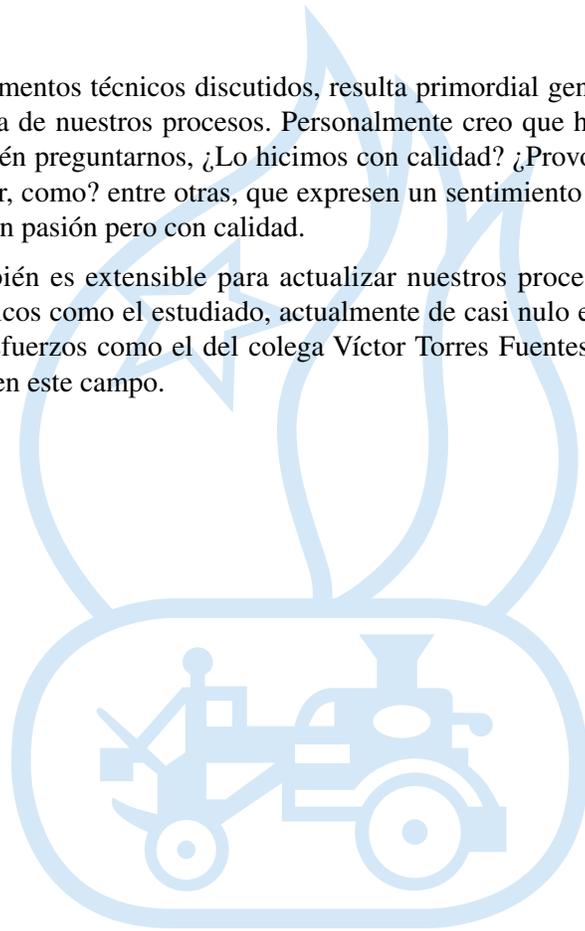
Idea Fuerza

Entender que el concepto de extinción, hoy ha sido actualizado y es necesario estudiar los elementos precisos para cada uno de los diferentes escenarios que enfrentamos. Sin duda conceptos como los humectantes, escaleras mecánicas, bombas automatizadas, mezclado y eficiencia deben ser parte del lenguaje y nomenclatura bomberil del siglo XXI.

Conclusión

Más allá de los elementos técnicos discutidos, resulta primordial generar un debate respecto a la eficiencia y eficacia de nuestros procesos. Personalmente creo que hoy no basta con apagar un incendio, sino también preguntarnos, ¿Lo hicimos con calidad? ¿Provocamos más daños? ¿Se pudo haber hecho mejor, como? entre otras, que expresen un sentimiento autocrítico en virtud de presentar un servicio con pasión pero con calidad.

Este llamado también es extensible para actualizar nuestros procesos académicos, donde deben ser incluidos tópicos como el estudiado, actualmente de casi nulo enfoque en nuestro país. No obstante subrayo esfuerzos como el del colega Víctor Torres Fuentes, quién ha desarrollado interesantes iniciativas en este campo.





CAPÍTULO III - NUEVOS DESAFÍOS

Siempre que veo en las noticias, algún gran incendio, donde se combate con espuma, me pregunto ¿Se habrá calculado la cantidad correcta de concentrado y agua? ¿Será la espuma utilizada, la correcta? ¿El personal en operación, tendrá la capacitación suficiente para la correcta aplicación de este agente extintor? Preguntas que creo simples y básicas, pero con frecuencia mezquinas en respuestas. Más allá de apuntar con el dedo sobre quién considera estas variables o no, es importante mencionar que siempre que utilicemos espuma como agente extintor, debemos establecer un pre-planeamiento básico que incluya las preguntas mencionadas. Este proceso solo requiere de planificación y organización, el costo es marginal y disminuye dramáticamente la posibilidad de errores comunes frente a escenarios de combustión.

Con esta premisa, comenzamos a analizar la última parte de esta serie de documentos tendientes a crear conciencia y generar un breve aporte a la eficiencia y eficacia del servicio.

CAFS v/s Humectante

Tal como hemos explicado en los capítulos anteriores, los humectantes corresponden a un compuesto miscible que en adición con agua genera una solución de baja tensión superficial, lo que permite un mayor tiempo de contacto entre la superficie caliente y el agente refrigerante.

El “*Compressed-Air Foam System*” o CAFS por sus siglas en inglés, corresponde a un conjunto de elementos que en presencia de un concentrado de espuma mas aire comprimido y agua, desarrollan un agente extintor liviano. Seguramente alguno de ustedes ha escuchado hablar de este sistema, pero en términos generales se conoce muy poco de sus características en Chile.

La gran diferencia entre este sistema y el humectante, es la adición de aire comprimido y la concentración de mezclado. Esto evidentemente genera desviaciones en su eficiencia y aplicaciones recomendadas.

Los equipos CAFS requieren una configuración especial, la cual puede ser montada en sistemas fijos o móviles. Un video sobre su funcionamiento pueden encontrarlo en el siguiente link <http://youtu.be/n3uzhV0lYuQ>

Una de sus características interesantes es el peso que genera la mezcla, ya que por su alto contenido de aire, resulta en un sistema muy liviano y fácil de maniobrar. Adicionalmente permite un mayor tiempo de contacto entre el refrigerante y la superficie de contacto, lo que permite un eficiente intercambio térmico.

El Cuerpo de Bomberos Profesionales de Berlín, modificó el año 2012 sus carros bomba con unidades CAFS. La fotografía 1, muestra una de los nuevos equipos. No obstante, existen otros Cuerpos de Bomberos que han adoptado metodologías análogas.



Fotografía 5:
Nuevo equipo
CAFS C.B. Berlín
Alemania.

La gran ventaja de este sistema, por sobre el uso de humectantes y por supuesto sobre el agua, deriva en la gran capacidad de adherencia, gracias al contenido de aire comprimido. Esto permite literalmente “pegarse” a la superficie e intercambiar calor eficientemente.

Si consideramos un escenario con geometría irregular, analicemos cuan eficiente pudo haber sido el uso de este tipo de agente en el incendio de la iglesia matriz de las Hermanas de la Providencia. (Nota: Evaluación Cualitativa)



Fotografía 6:
Incendio Hermanas de la
Providencia. Fuente: www.emol.cl

En el capítulo I analizamos el problema térmico y la superficie de contacto. En la fotografía 2 llevamos este caso al extremo no-ideal, donde existe una geometría tridimensional. Si consideramos este escenario, pensemos en como el agua podría tener un efecto real sobre esta estructura. La respuesta es básica y el efecto sería casi nulo, como en la práctica lo fue.



¿Como entonces enfrentamos escenarios como el de la fotografía 2? La respuesta apunta a agentes extintores como el CAFS, el cual gracias a las características mencionadas hubiese resultado eficiente para la extinción de superficies con geometrías irregulares. En la fotografía 3 se puede ver el efecto adhesivo del CAFS sobre las paredes de una superficie.



Fotografía 7:
CAFS aplicado en superficie,
Fuente <http://bit.ly/gaTWfM>

Adicionalmente los invito a reflexionar sobre el peso que ejerce el agua ($p=1[Kg/Lt]$) sobre una estructura debilitada, a diferencia de sistemas como el CAFS que por incorporar aire comprimido genera una mezcla mucho más liviana.

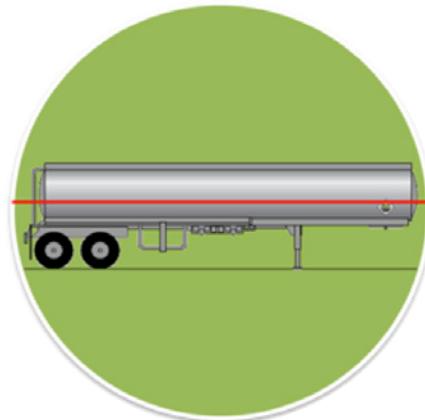
Cálculo de Caudales

Para responder a las interrogantes al inicio planteadas, resolveré a continuación una de las más tediosas e impopulares, cual es el cálculo de caudales y su correcta aplicación.

Las estimaciones realizadas se relacionan al uso de espumantes sobre una solución de agua y concentrado de espuma entre el 1% y 6%.

Para el desarrollo del cálculo, utilizaremos las recomendaciones del estándar NFPA 11 “*Standard for Low, Medium and High-Expansion Foam*” Edición 2010 y las recomendaciones del “*Fire Protection Handbook*” Edición 20^a año 2009, volumen II, sección 17, capítulo 17.

El cálculo requiere inicialmente una superficie estimada de impacto. Para tal efecto usaremos un escenario en donde se presente un camión con gasolina de 12 metros de diámetro. Dicho camión será considerado como nuestra “área de impacto” y corresponderá al siguiente cálculo:





1. La línea en rojo corresponde al Diámetro, por lo tanto el área será:

$$A = \pi r^2 \quad A = \pi 6 \times 6 \quad A = 113 \text{ m}^2$$

2. Luego, NFPA 11 recomienda un flujo de 4,07 [Lt/min*m2]
3. El flujo recomendado para esa superficie es:

$$F = 113 \text{ m}^2 \times 4,07 \text{ [Lt/min*m}^2\text{]}$$

$$\text{Siendo, } F = 460 \text{ [Lt/min]}$$

Finalmente NFPA, indica que para este tipo de condiciones se debe asegurar un tiempo de descarga mínimo de 20 minutos. Adicionalmente agregaremos un factor de seguridad a nuestro flujo recomendado, de 1,5, debido a otros efectos como el drenaje, pérdida por distancia, regularidad de la superficie (no siempre el combustible cubrirá un área circular perfecta), estimación del área total, entre otros. De esta forma el cálculo se representa como:

$$F = 460 \text{ [Lt/min]} \times 1,5 = 690 \text{ [Lt/min]}$$

$$F = 690 \text{ [lt/min]} \times 20 \text{ min} = 13.800 \text{ Lt}$$

13.800 Litros de mezcla agua espumante se requieren para garantizar el cubrimiento de una superficie estimada de 113 m². Si de esta mezcla, el 3% corresponde a concentrado, podemos estimar que se requieren 414 litros de concentrado y 13.388 litros de agua. Estas cantidades son consecuentes con los volúmenes tripulados con la suma de al menos 2 o 3 máquinas, siendo lo importante reunir y preparar todos estos elementos antes de comenzar con la aplicación del agente extintor.

Con esta simple metodología, que de preferencia se recomienda siempre pre-planear, es posible estimar en forma responsable las cantidades de concentrado y agua que se requieren para cubrir una determinada superficie.

Muchos de ustedes podrán objetar o cuestionar la metodología, pero mientras no se demuestre empíricamente otra forma de lograr un resultado coherente, puede ser una herramienta muy poderosa cuando se requiera utilizar espuma como agente extintor. Otras metodologías no son excluyentes, sino más bien complementarias.

Pérdidas de Presión

Para todos los ejemplos anteriores resulta clave comprender que al generar mezcla de compuestos, estos alterarán la resistencia que ofrece el agua por sí sola sobre la superficie que la transporta (manguera). Este efecto será importante considerarlo, cuando pensamos en las distancias que requerimos para llegar hasta la zona de combustión e irá directamente relacionado con el equipo de protección personal EPP. En otras palabras, si tenemos menos distancia, habrá menos roce pero la exposición será mayor. Al contrario requerimos de más recursos, una bomba más poderosa pero bomberos menos expuestos. La permutación mágica, no existe, pero si la pre-planificación que nos permita acotar el margen de error, diseñando procesos de extinción para estos escenarios.

¿Cuántos de nosotros hemos hecho este ejercicio alguna vez? ¿Tenemos tabulado las capacidades de nuestras mangueras, bomba, pre-mezcladores y pitones, sometidos a una carga de trabajo con concentrado mas espuma? Si no existen respuestas, es el momento de trabajar ordenadamente y lograr un trabajo responsable.



En el “*Fire Protection Handbook*” Edición 20^a año 2009, volumen II, sección 15 “*Hydraulics for Fire Protection*”, capítulo 3, podrán encontrar una serie de elementos numéricos y balances de energía (Bernoulli), junto a la metodología necesaria para realizar sus propios cálculos en función de las características de cada unidad bomberil.

¿Qué queda por hacer?

- La dinámica de estas tecnologías es tan rápida como el fenómeno mismo de combustión, por tanto constantemente estaremos recibiendo novedades y actualizaciones. Si bien es cierto podríamos comentar muchos avances que vendrán, como el desarrollo masivo de agentes gemelos, la robótica y otros, lo cierto es que nuestro país ha quedado atrás. Es necesario promover de forma real, cambios sustantivos en nuestra política de trabajo y gestión con una mirada de eficiencia y modernidad.
- Mi padre (bombero de 3^a generación y 36 años de servicio) siempre me comentaba desde niño la analogía de los dinosaurios y su resistencia a los cambios. “*Los dinosaurios no evolucionaron a los cambios y por eso se extinguieron*”; quizás en nuestro caso el ambiente no nos hará desaparecer, pero si lamentará la desactualización en términos de tecnología y operatividad.
- Como siempre mi llamado es a encontrar la oportunidad de mejora correcta y que miremos el futuro a partir de elementos simples de cambio, partiendo con temas tan esenciales como el pre-planeamiento y la organización. Cambios que requieren 0 costo, pero mucho trabajo. Luego vendrá el momento de invertir en tecnología, que permita un real impacto en nuestra labor de extinción y de solicitar los fondos pertinentes para aquello.
- No espero que mañana muchos de ustedes salgan a cotizar equipos como los estudiados, lo importante es entender que existen y es necesario evaluarlos en futuros programas de modernización.