

LOS SISTEMAS DE ESPUMA CON AIRE COMPRIMIDO (CAF) **PARA EXTINCIÓN DE INCENDIOS**

Por J.P. Asselin of FireFlex Systems, Inc., G.P. Crampton & A.K. Kim of National Research Council of Canada, J.K. Richardson of Ken Richardson Fire Technologies Inc.

Historia

La espuma con aire comprimido (Compressed Air Foam CAF) se consigue al inyectar aire a presión en el flujo de una solución de espuma [1]. El sistema de extinción CAF es un generador de espuma de alta energía que produce burbujas uniformes de pequeño diámetro, fuertemente impulsadas en forma de chorro [2,3]. Los sistemas de extinción CAF pueden proporcionar espuma infinitamente variable en el rango de consistencias y con creciente estabilidad. De hecho, los sistemas contra-incendios CAF de tubería fija proporcionan espuma de gran calidad directamente sobre el lugar de riesgo. Aunque los sistemas de espuma contra-incendios se conocen desde hace más de 100 años, la primera mención del CAF como agente extintor para manguera aparece en 1941 como forma de combatir fuegos en puentes flotantes [2]. La tecnología CAF se ha venido usando durante varias décadas para favorecer la producción de los pozos petroleros, en la industria alimentaria para conseguir chocolatinas esponjosas, para el lavado de coches, o en las cremas de afeitar [2,4]. En sistemas contra-incendios fijos, los sistemas CAF se convirtieron en una realidad al final de los 1990 al conseguirse desarrollar, en el National Research Council de Canadá, métodos seguros de generar y transportar CAF a través de redes de tuberías fijas usando boquillas especiales. Desde entonces, la tecnología para generar y distribuir CAF ha mejorado, se ha comercializado y se han evaluado sus características de extinción en variedad de aplicaciones. Hasta conseguirse este punto de desarrollo, los sistemas de extinción fijos por espuma utilizaban boquillas de aspiración, sopladores y rociadores. Cada sistema tenía sus ventajas y desventajas [1]. Al hacerse finalmente posible enviar CAF por redes de tubería fija y aplicarlo al fuego la tecnología a dado un importante paso adelante en la evolución de la extinción por medio de espuma. La tecnología CAF vio sus primeras aplicaciones en la extinción de líquidos inflamables derramados y en la de fuegos de almacenes en altura [1]. Ya desde el principio se demostró la ventaja del sistema CAF frente a los rociadores normales o los nebulizadores, utilizándose tanto espumas tipo A como B. También se demostró la economía derivada del menor uso de agua y su menor necesidad de concentración de espumógeno, y también mejoró la visibilidad en la zona de fuego protegida por el sistema CAF. Desde 1999 se han producido grandes avances en el desarrollo y evaluación de esta tecnología.

Beneficios del sistema CAF.

Los beneficios del sistema anti-incendios CAF que han impulsado su desarrollo y fabricación, resultan evidentes considerando de su capacidad de extinción, su economía y la facilidad de su limpieza.

La descarga CAF alcanza al fuego:

La gran presión con que se distribuye el CAF, combinado con la energía de las burbujas de espuma, permite la penetración efectiva del penacho de llamas, consiguiéndose así una rápida extinción.

Produce espuma uniforme de pequeñas burbujas, de gran energía:

CAF mejora el tiempo de degradación de la espuma y proporciona una mejor barrera combustible-vapor. Su excelente resistencia a la reignición aumenta el tiempo de protección después de la descarga.

Forma una manta de espuma que aísla la radiación:

La película CAF se mantiene largo tiempo sobre el combustible y se adhiere a las superficies verticales, proporcionando en ambos casos una buena barrera de protección térmica entre el fuego y el material combustible.

Mejora la visibilidad del área de fuego:

Al no formar apenas vapor de agua durante la extinción, se asegura una buena visibilidad en la zona.

Se reduce significativamente la cantidad necesaria de agua y espumógeno:

El flujo de 0,04 gpm/sq ft. con que puede trabajar el CAF representa tan sólo un 25% del agua necesaria para los sistemas estándar de rociadores agua-espuma que precisan una densidad de flujo de 0,16 gpm/sq ft. Para el riesgo tipo B, la concentración de espuma (AFFF) es solamente del 2%, quedando reducida por lo tanto, a un tercio, la concentración de espuma. En combinación, ambas reducciones resultan en el uso de tan solo un sexto del espumógeno requerido por los sistemas tradicionales. En lugares donde el suministro de agua es limitado o donde se necesiten nuevas aportaciones, la menor cantidad de solución de espumógeno necesaria supone una ventaja sobre los sistemas convencionales.

Mayor facilidad para la limpieza después del fuego:

Los sistemas CAF, al utilizar menores cantidades de agua y espuma, facilitan la limpieza y el tratamiento de los desechos.

Recientes avances:

Al tratar de poner en valor estas potencialidades, la investigación, ha traído avances significativos en el entendimiento de las bases científicas del mecanismo de extinción CAF, en la mejora de la distribución de la espuma y en la confirmación de sus aplicaciones. Los estudios científicos han mejorado nuestro entendimiento y han mostrado que el método CAF de generación de espuma resulta en una distribución uniforme del tamaño de la espuma, lo que tiene una influencia positiva en su estabilidad. Esto significa que la manta de espuma establece más pronto sus cualidades para la supresión del fuego, y mantiene estas cualidades por más tiempo que lo harían las espumas formadas con burbujas de mayor tamaño y peor distribución [3,5].

Bajo licencia de NRCC, un fabricante canadiense ha desarrollado un sistema CAF de tubería fija y boquillas que puede usarse para aplicaciones contra-incendios. La Figura 1 muestra esquemáticamente este sistema. En efecto, agua, aire comprimido y espumógeno concentrado, en proporciones adecuadas, se llevan a una cámara de mezcla que da como resultado CAF de alta energía dirigida a través de la red de tuberías especialmente diseñada hacia las boquillas de salida. La figura 2 muestra la versión comercial integrada del producto.

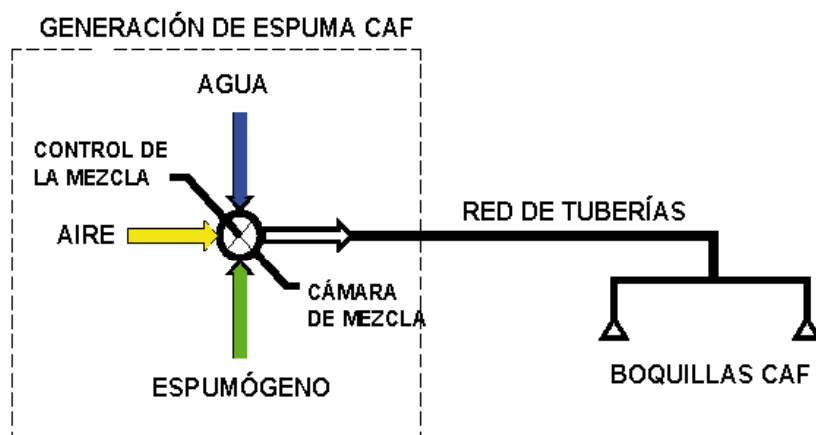


Figura 1 – Esquema del Sistema CAF



Figura 2 – Sistema Integrado de Aire Comprimido Espuma (ICAF®).

Recientemente se ha avanzado mucho en el perfeccionamiento de la cámara de mezcla y se han desarrollado programas de ordenador para calcular el flujo a través de la red de tuberías.

Ensayos comparativos hechos a gran escala han demostrado su superioridad frente a sistemas de aspiración o de agua-espuma.

Otros ensayos también demuestran sus ventajas en la extinción de líquidos inflamados y en aplicaciones con transformadores eléctricos, también para Riesgos Clase A.

Avances en el conocimiento de la extinción con el sistema CAF.

Al tiempo que avanzaba la investigación en los últimos 5 años en Canadá, en Australia se investigaba sobre las bases científicas del CAF. La investigación australiana se aplica tanto a los sistemas de espuma en general, como al CAF. En el estudio sobre la deformación y sobre el flujo de espuma a través de tuberías y boquillas, los investigadores encontraron que la estabilidad del flujo de espuma está fuertemente influida por el tamaño de las burbujas así como por la fracción gas-líquido [6,7]. Al ser las burbujas más pequeñas (lo que reduce su descomposición) y ser su distribución más uniforme y más alta su fracción inicial gas volumen (lo que da más estabilidad), permitió a los investigadores demostrar la superioridad de esta espuma frente a las demás estudiadas. Los investigadores resaltaron que otra ventaja del sistema CAF es la posibilidad de variar la relación entre la solución aire espuma para adaptarla a casi cualquier aplicación – baja expansión para mayor humedecimiento y aplicarlo directamente a la llama o mayor expansión para conseguir mejor adherencia a los materiales y a las superficies verticales, para que actúe mejor como barrera a la radiación térmica. Otro estudio australiano muestra sus ventajas frente al engrosamiento (el aumento del diámetro de la burbuja media conduce a su rotura), y las mejores características de equilibrio, el ensanchamiento de la distribución del tamaño de burbuja reduce la efectividad [3]. Estas investigaciones en la espuma de aire comprimido AFFF y FFFP, contribuyeron a conocer como afectan estas propiedades a la descomposición de la espuma y su estabilidad. Los investigadores explican el mejor comportamiento del CAF, como resultado de producir burbujas más uniformes y de menor tamaño. Los investigadores australianos han aportado también una mejor comprensión del complejo comportamiento del CAF durante su desplazamiento por las tuberías [4]. Su objetivo fue poder predecir las condiciones bajo las cuales, la espuma (CAF) fluiría de forma estable conservando sus propiedades a lo largo de la tubería. En paralelo, el fabricante desarrollaba el programa de ordenador para efectuar el cálculo hidroneumático del flujo CAF por la tubería. Se justifica el término “hidroneumático” en que el flujo CAF comprende una mezcla de elementos hidráulicos y neumáticos que deben ser considerados en conjunto, y preservan su estructura hasta su descarga final sobre el fuego. Como ejemplo de las diferencias de cálculo entre el flujo de agua y el de CAF, la diferencia de pérdida de presión debida a la elevación es aproximadamente una décima parte de la del agua.

Comparación entre espuma de aspiración y solución agua-espuma sin expandir

En el año 2003, los científicos de NRCC iniciaron la valoración de las características de extinción del agente CAF frente a espuma generada por el sistema tradicional de aspiración de aire. También quisieron comprobar las diferencias entre la solución agua-espuma y el CAF. Para hacer estas comparaciones, los científicos llevaron a cabo una serie de ensayos en condiciones estándar de fuego.

Los científicos eligieron el Estándar CAN/ULC-S560 para fuegos Categoría 3 Espuma Acuosa Formadora de Película [8] como base para el ensayo comparativo. Este estándar se eligió ya que ofrece una exposición robusta al fuego (bandeja de 4,64 m²) sobre la que ensayar las diferentes espumas y por que es objeto de compra importante por el Departamento de Defensa de Canadá, el mayor comprador de espuma de Canadá. A fin de proporcionar una valoración cuantitativa del proceso de extinción, los científicos instalaron pirómetros cubriendo todo el área de la bandeja a una distancia de 1,8 m de su borde y a la altura de 1,5 m sobre el suelo. Estos instrumentos median el calor radiado por el fuego a lo que se añadía las observaciones visuales del proceso de apagado. Los investigadores llevaron a cabo ensayos con CAF, espuma por aspiración de aire y solución agua-espuma mediante la aplicación manual y con una boquilla especial que generaba espuma por aspiración de aire, de mejor calidad de la que podría esperarse de un sistema de tuberías fijo, [9].

La comparación de del comportamiento del CAF con la espuma por aire aspirado se muestra en la Figura 3. Una comparación similar entre la aplicación de agua-espuma sin expandir se muestra en la Figura 4.

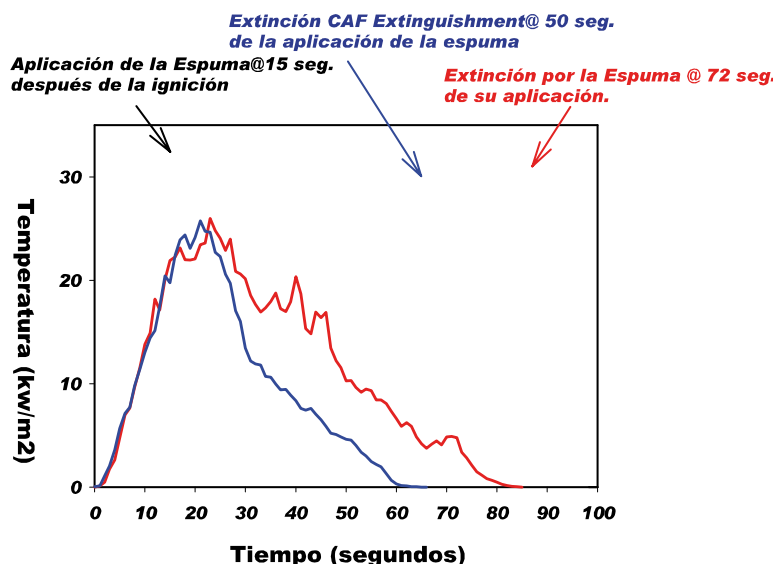


Figura 3 – Evolución de la Temperatura con Extinción CAF y Espuma por Aire Aspirado.

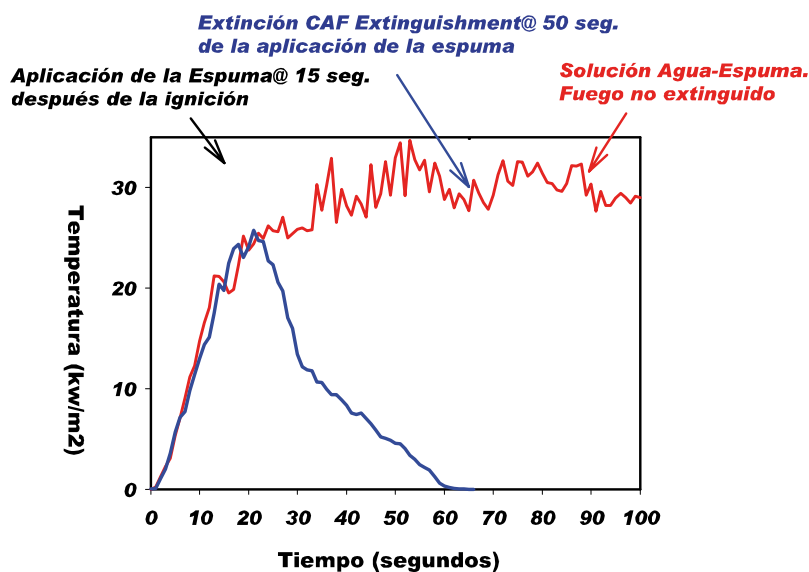


Figura 4 – Evolución de la Temperatura con Extinción CAF y Agua-Espuma .

Estos estudios[9], mostraron que utilizando espuma Clase B al 3% en una combustión de heptano y aplicando el CAF con una boquilla tipo ranura (no necesariamente la más eficiente para su distribución) se consigue la extinción del fuego en aproximadamente el 70% del tiempo requerido por la espuma por aire aspirado y con un tiempo casi idéntico de protección contra la reignición. Para ello se gastó, además, un 30% menos de espumógeno. En 2 pares de pruebas, utilizando espuma Clase B al 3% en gasolina inflamada, con CAF, de promedio se extinguió el fuego en un 33% del tiempo, usando sólo el 35% de espumógeno que las boquillas de airea aspirado. En la mayoría de los ensayos hechos, la utilización de agua-espuma no expandida no pudo apagar el fuego, lo que se muestra en el ejemplo en la Figura 4. La prueba con CAF, con una concentración al 0,6% de espumógeno Clase A realizó una extinción comparable a la de concentración al 3% de espumógeno Clase B por aspiración de aire. Lo que esta investigación demuestra es que la efectividad del sistema de espuma esta directamente relacionado con la calidad de la manta de espuma. Al generar espuma de calidad superior, CAF consiguió una efectividad excelente – mejor que la espuma formada por aspiración de aire, incluso en fuegos de gasolina.

Impacto producido al variar las condiciones de operación

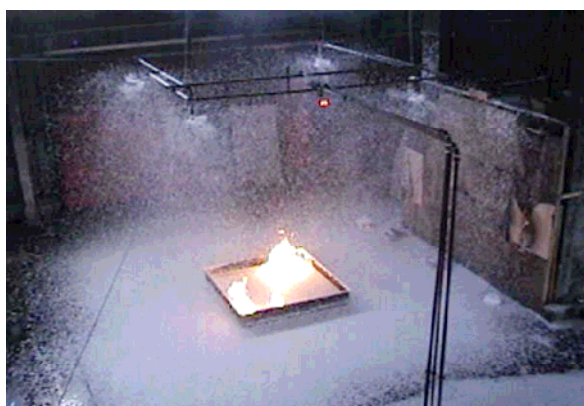
También en el año 2002 se llevaron a cabo investigaciones para determinar los efectos que se producirían al variarse los parámetros del CAF, tales como la presión de aire, la presión de agua y la concentración de espuma, tanto por encima como por debajo de los niveles normales de diseño. Se realizaron cuarenta y cuatro ensayos de fuego Clase A y Clase B, diseñados para poner a prueba la efectividad del CAF. La carga de fuego de los de Clase A se realizo con material de madera, preparado para arder a una temperatura constante de 450KW durante 25 minutos. El fuego Clase B consistía en bandejas de 1m x 1m x 0,15 de profundidad con heptano apantallado (50%) y sin apantallar. Los ensayos se realizaron para determinar la posible degradación de la efectividad contra el fuego del CAF al actuar simultáneamente junto el sistema de rociadores. Para los fuegos Clase A, los efectos de ambos sistemas funcionando al unísono resultaron positivos con respecto a la espuma o el agua operando independientemente. Para los fuegos Clase B los tiempos de extinción fueron iguales. Este programa de investigación mostró que la tecnología CAF es muy estable y puede soportar variaciones normales en la presión de aire, agua o en el grado de concentración de espuma sin verse perjudicada su efectividad frente a fuegos Clase A o B.

Comparación frente a los rociadores agua-espuma

En los edificios modernos uno de los sistemas más usados para la protección frente a líquidos inflamables son los rociadores agua-espuma. Se decidió realizar ensayos completos comparativos entre sistemas CAF y los sistemas de rociadores agua-espuma más usado actualmente. En 2003, la NRCC junto al fabricante de CAF realizó series completas de ensayos comparativos para evaluar la tecnología CAF[11,12]. Véase, en la Figura 5, una ilustración del montaje realizado para estas pruebas.



Rociadores Agua-Espuma



CAF

Figura 5. Comparación después de 40 segundos.

Los investigadores eligieron el estándar UL 162 – Estándar para Equipos de Espuma y Concentrados Líquidos [13] como ensayo base para la comparación. Este método consiste en la colocación de una red de cuatro rociadores o boquillas colocadas sobre una bandeja de fuego de 4,65 m² con heptano como combustible. Para que la prueba tenga éxito el fuego debe extinguirse antes de que pasen 5 minutos desde el momento de la activación de los rociadores, y la reignición no puede ocurrir dentro ciertos límites que se especifican. Al no estar diseñados los sistemas CAF para que pueda fluir agua sola después de la descarga de espuma, se utilizaron las disposiciones del UL. 162 para espumas polares (que no permiten descarga de agua después de la descarga de espuma, pero requieren tiempo extra de sellado de la espuma en la bandeja)

Vea en la Tabla 1 el resultado de dos ensayos idénticos, para rociadores y boquillas situados a 4,42 m sobre el suelo, donde se ha usando espuma Clase B en un sistema de rociadores agua-espuma (concentración 3% AFFF) y un sistema CAF (en concentración del 2% AFFF). Se hizo una segunda tanda de pruebas esta vez con los rociadores elevados a 7,62 m sobre el suelo. Esta altura no es la especificada por UL 162, pero si la necesaria para comparar los dos sistemas en aplicaciones de naves industriales.

Tabla 1 – Comparación Espuma Clase B (AFFF) – 4,42 m

Tipo de Boquilla	Rociadores Agua-Espuma	Boquillas CAF
Tipo de espuma, Concentración	Clase B, 3%	Clase B, 2%
Flujo de la Solución GPM (L/min.)	60 (227)	23.8 (90)
Densidad de aplicación GPM/ft2(L/min./m2)	0.1 (4.07)	0.04 (1.63)
Ratio de Expansión	3.5:1	10.9:1
Tiempo de Drenaje min.	< 1 min.	3:30
Tiempo de extinción min.	2:32	0:50
Tiempo de Reignición min.	9:00	23:35

Como puede verse, el sistema CAF extinguió el fuego en el 33% del tiempo requerido por el sistema agua-espuma y el tiempo de reignición resulto 2,6 veces más largo con un flujo del 60% menor y una concentración de espuma 1/3 también . menor. El elevar los rociadores y boquillas a la altura de 7,62m no varió significativamente la comparación, como se puede comprobar en la Tabla 2.

Tabla 2 – Comparación Espuma Clase B (AFFF) – 7,62 m

Tipo de Boquilla	Rociadores Agua-Espuma	Boquillas CAF
Tipo de espuma, concentración	Clase B, 3%	Clase B, 2%
Flujo de la Solución GPM (L/min.)	60 (227)	23.8 (90)
Densidad de aplicación GPM/ft2(L/min./m2)	0.1 (4.07)	0.04 (1.63)
Ratio de Expansión	3.5:1	10.9:1
Tiempo de Drenaje min.	< 1 min.	3:30
Tiempo de extinción min.	2:16	0:50
Tiempo de Reignición min.	9:21	23:40

Los investigadores también compararon la efectividad del sistema CAF cuando se usa el 1% de concentración de espuma Clase A, frente al sistema de rociadores agua-espuma Clase B en una concentración del 3%. Los resultados de los dos ensayos se pueden ver en la Tabla 3 cuando los rociadores/boquillas se encuentran a 4,42m sobre el suelo. En esta comparación el sistema CAF con espuma Clase A extinguió el fuego en el 39% del tiempo que lo hizo el sistema de rociadores agua-espuma, consiguiendo además un tiempo de reignición un 12% mayor. En la prueba a 7,62 m de altura, la espuma Clase A apagó el fuego en el 51% del tiempo necesitado por los rociadores agua-espuma, pero el tiempo de reignición descendió al 71% del de los rociadores agua-espuma, tiempo este que cumple, en cualquier caso, el criterio UL 162.

Tabla 3 – Comparación Espuma Clase A (AFFF) – 4,42 m

Tipo de Boquilla	Rociadores Agua-spuma	Boquillas CAF
Tipo de espuma, Concentración	Clase B (AFFF), 3%	Clase A, 1%
Flujo de la Solución GPM (L/min.)	60 (227)	23.8 (90)
Densidad de aplicación GPM/ft2(L/min./m2)	0.1 (4.07)	0.04 (1.63)
Ratio de Expansión	3.5:1	9:1
Tiempo de Drenaje min.	< 1 min.	10:00
Tiempo de extinción min.	2:32	0:59
Tiempo de Reignición min.	9:00	10:10

Mientras que la norma UL – 162 exige un conjunto de 4 rociadores agua-espuma que se solapen entre si, este estudio se llevó más allá de los requisitos UL-162, a fin de comprobar el resultado de utilizar un solo rociador/boquilla en la supresión del fuego y el control de la ignición. Con este propósito, algunos de los ensayos, en la altura de 14.5 pies (4,42m), se realizaron con sólo uno de los rociadores/boquillas en funcionamiento. Con un solo rociador agua-espuma del conjunto de 4 funcionando y al flujo mínimo especificado por la UL-162 (10 GPM/pies²), la extinción no fue posible.

El flujo de la solución agua-espuma se fue incrementando hasta 0,16 GPM/pie² hasta poder cumplir los tiempos de extinción prescritos por la norma UL-162. Esta situación sirvió de referencia para la comparación con el sistema CAF con una única boquilla actuando. El flujo de agua a través de la boquilla CAF fue, no obstante, el correspondiente a una de las cuatro boquillas funcionando juntas y el flujo de la solución solamente un cuarto de la usada en el rociador agua-espuma. Esta comparación, en la que se utilizó espuma Clase B, mostró que ambos sistemas necesitaron tiempos similares de extinción (2 min. 32 seg. para el agua-espuma versus 2 min. 49 seg. para CAF) mientras que el tiempo de reignición del CAF casi dobló el de el sistema agua-espuma. Nótese que el flujo de la solución agua-espuma fue cuatro veces mayor que la de la boquilla CAF. Este estudio demostró claramente que el sistema CAF puede proporcionar una extinción equivalente o mejor, y un mejor comportamiento frente a la reignición cuando se compara a los sistemas agua-espuma (en este montaje de prueba) representando significativos ahorros económicos en espumógenos y agua, incluyendo espuma Clase A.

Aplicaciones del sistema CAF

En el transcurso de estas investigaciones, se han buscado nuevas aplicaciones para esta tecnología. Los dos campos de aplicación examinados inicialmente fueron el riesgo de líquidos inflamables y los transformadores eléctricos. Con el foco puesto en el riesgo Clase B [1], se ha visto que la tecnología CAF puede usarse en almacenes de líquidos inflamables o donde se procesen o manejen hidrocarburos. También se ha visto que el CAF genera excelente espuma Clase A que supera a la tecnología actual para riesgos Clase A siendo comparable a las espumas Clase B para la protección de los fuegos Clase B que se han estudiado hasta ahora. Ya que los estándares NFPA presentes para espuma Clase A no han previsto su uso en sistemas de tubería fija, esta aplicación se ha dejado para su desarrollo futuro. Al evaluar las primeras aplicaciones del sistema CAF, La NRCC investigó junto al Departamento de Defensa Nacional Canadiense sus posibilidades de uso en hangares de aviación Clase II [14]. Antes de desarrollarse las boquillas modernas, la NRCC pudo demostrar que el CAF podría proteger los hangares colocando boquillas en el suelo y en el techo. Las mejoras en las nuevas boquillas indican que puede conseguirse los mismos niveles de extinción instalándolas sólo en el techo.

En el 2003 se hicieron pruebas para determinar el potencial del CAF, en lugar de los rociadores de agua, para proteger los grandes transformadores eléctricos. Estas pruebas [15] demostraron que sistemas CAF bien diseñados pueden ofrecer protección adecuada ante fuegos tridimensionales en transformadores hasta 12 MW, con ahorros significativos en el consumo de espuma. La Tabla 4 muestra la comparativa entre dos pruebas en transformadores realizadas con agua y con CAF; otros resultados de esta serie de pruebas fueron aún mejores, aunque, sólo presentamos este. La Figura 6 muestra el desarrollo del fuego, en los mismos tiempos, durante la prueba CAF y su equivalente con rociadores de agua.

Tabla 4 Comparativa entre Rociadores de Agua y CAF en Ensayos para la Protección de Transformadores

Tipo de Boquilla	Rociadores de Agua	Sistema CAF
Flujo del Agua, l/min.	890	165
Agua Usada en Total, l	3486	248
Concentración de Espuma	NA	2%
Espumógeno Usado l	NA	5
Tiempo de extinción min.	3:55	1:30

Fuego Inicial



Sistema Agua-Espuma

Después de 60 segundos



Sistema CAF



Sistema Agua-Espuma

Después de 90 segundos



Sistema CAF



Figura 6 – Sistema Agua-espuma versus CAF en la protección de un transformador eléctrico.

Conclusiones

Si bien la tecnología CAF se conoce desde hace tiempo, su utilización en sistemas contra-incendios de tubería fija se limita a los últimos 5 años. Esta introducción de los sistemas CAF para tubería fija, forma parte de la evolución normal del uso de la espuma en la lucha contra el fuego. Por la investigación científica y técnica llevada a cabo, se ha avanzado significativamente en el entendimiento de las propiedades de extinción que posee la espuma impulsada por aire comprimido, así como los mecanismos necesarios para generar y distribuir el flujo por tuberías de manera eficaz contra el fuego. El CAF ha demostrado mejores características que los sistemas por aire aspirado y los de solución de espuma si expandir. Los sistemas han tolerado bien cambios razonables en la presión de aire, del agua, así como en la concentración de espuma. El fabricante, en sus nuevos modelos, a asegurado que el sistema no alcanzará condiciones que pudieran limitar su funcionamiento. Los sistemas CAF han demostrado que pueden apagar con éxito fuegos difíciles con menos agua y menos espuma, que los actuales sistemas también basados en agua y espuma. Ensayos comparativos efectuados a gran escala, han mostrado que, con espuma Clase B, el sistema CAF proporciona resultados equivalentes o mejores que los obtenidos con rociadores de agua-espuma, en pruebas estándar sobre bandeja de heptano. También frente a líquidos inflamables CAF ofrece protección apropiada y, en el caso de los transformadores eléctricos, los resultados son mejores que los que se obtienen con rociadores de agua. Entre las futuras aplicaciones, aún pendientes de evaluar, se encuentran los solventes polares y los fuegos Clase C. CAF a demostrado su eficacia para suprimir fuegos por líquidos inflamables en lugares apartados, o donde el suministro de agua esté por debajo de lo aceptable. En tales situaciones, difícilmente se instalaría protección alguna debido a su alto coste, quedando normalmente el lugar sin protección. CAF, con su bajo consumo comparativo en espuma y agua también minimiza el daño al medioambiental producido por los agentes anti-incendio distribuidos después del fuego.

Los sistemas ICAF, fabricados por FireFlex Systems Inc., tienen y la aprobación FM y existe una propuesta de Enmienda Provisional Transitoria (TIA) solicitando la admisión de un capítulo nuevo sobre Sistemas de Espuma y Aire Comprimido a la normativa NFPA 11, Espuma Estándar o de Baja-, Media-, o Alta Expansión [16] que se encuentra actualmente en revisión.

Estos sistemas emergen como una estimable nueva tecnología a disposición de la industria contra el fuego, con varios campos de aplicación en muchos riesgos. ¡Verdaderamente puede decirse que los sistemas CAF de tubería fija ya han llegado!

Reconocimientos:

Los sistemas CAF para tubería fija descritos en este artículo han sido desarrollados por Fire Flex Sistemas Inc. bajo licencia del National Research Council de Canadá. Gran parte de la investigación ha sido financiada por ambas organizaciones y las pruebas llevadas a cabo en las instalaciones de la NRCC's.

Referencias:

1. Crampton, G.P., Kim, A.K. and Richardson, J.K., A New Fire Suppression Technology, *NFPA Journal*, July/August, 1999 (pp 47-51).
2. Rochna, R., Compressed Air Foam: What is it!, *American Fire Journal*, August Edition, Fire Publications Inc., Bellflower, CA, 1991 (pp 28-34).
3. Magrabi, S.A., Dlugogorski, B.Z. and Jameson, G.J., A Comparative Study of Drainage Characteristics in AFFF and FFFP Compressed-Air Fire-Fighting Foams, *Fire Safety Journal*, Vol. 37, 2002 (pp 21-52).
4. Gardiner, B.S., Dlugogorski, B.Z. and Jameson, G.J., Prediction of Pressure Losses in Pipe Flow of Aqueous Foams, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, Vol. 38, No. 3, 1999 (pp 1099-1106).
5. Kim, A.K. and Dlugogorski, B.Z., Multipurpose Overhead Compressed-Air Foam System and Its Fire Suppression Performance, *Journal of Fire Protection Engineering*, Vol. 8, No. 3, 1997.
6. Gardiner, B.S., Dlugogorski, B.Z. and Jameson, G.J., Rheology of Fire-Fighting Foams, *Fire Safety Journal*, Vol. 31, 1998 (pp 61-75).
7. Magrabi, S.A., Dlugogorski, B.Z., and Jameson, G.J., Bubble Size Distribution and Coarsening of Aqueous Foams, *Chemical Engineering Science*, Vol. 54, 1999 (pp 4007-4022).
8. CAN/ULC-S560 – Standard for Category 3 Aqueous Film-Forming Foam (AFFF) Liquid Concentrates, Underwriters' Laboratories of Canada, Scarborough, ON, 1998.
9. Crampton, G.P. and Kim, A.K., A Comparison of the Fire Suppression Performance of Compressed-Air Foam with Air-Aspirated and Unexpanded Foam-Water Solution, Proceedings of the NFPRF Conference on Fire Suppression, Orlando, FL, 2004.
10. Crampton, G.P. and Kim, A.K., The Effects of Varying Conditions and Cycling on the Performance of Compressed-Air Foam Systems, Report B-4135.1, Institute for Research in Construction, National Research Council of Canada, Ottawa, ON., 2002.
11. Kim, A.K., Crampton, G.P. and Asselin, J.P., A Comparison of the Fire Suppression Performance of Compressed Air Foam and Foam-Water Sprinkler Systems for Class B Hazards, IRC Research Report No. 146, Institute for Research in Construction, National Research Council of Canada, Ottawa, 2004.
12. Kim, A.K., Crampton, G.P., Fire Suppression Performance of Compressed Air Foam (CAF) and Foam/Water Sprinkler Systems, Proceedings of the NFPRF Conference on Fire Suppression, Orlando, FL, 2004.
13. UL162 – Standard for Foam Equipment and Liquid Concentrates, Underwriters Laboratories Inc., Northbrook, IL, 1994.
14. Kim, A.K. and Crampton, G.P., Application of a Newly-Developed Compressed-Air-Foam Fire Suppression System, Proceedings of INTERFLAM 2001, Edinburgh, UK, 2001.
15. Kim, A.K., and Crampton, G.P., Use of Compressed-Air Foam Technology to Provide Fire Protection for Power Transformers, Report B-4142.1, Institute for Research in Construction, National Research Council of Canada, Ottawa, 2004 (In Press).
16. NFPA 11 – Standard for Low, Medium, and High Expansion Foam, National Fire Protection Association, Quincy, MA, 2005.