

El Problema del Agua para el Combate de Incendios

Sumilla

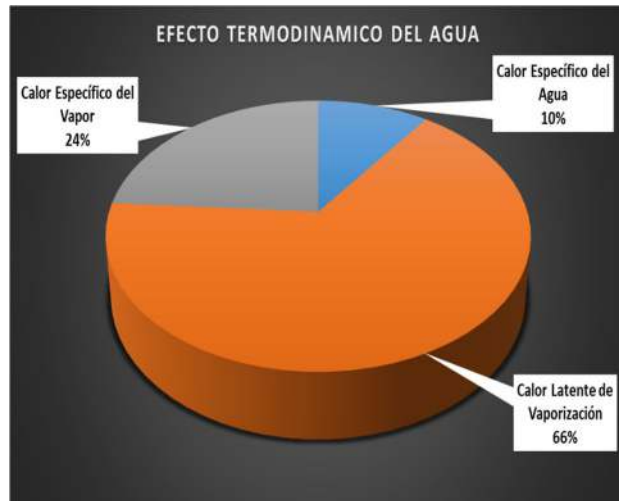
Existen mitos que indican que el agua es un agente extintor abundante, de bajo costo, de fácil obtención y con principios básicos que lo hacen único y universal para la extinción de incendios. La realidad es que estos conceptos no son del todo ciertos, primero porque el agua tiene muy complejos mecanismos de extinción que aún no logramos comprender en su totalidad y en segundo lugar porque su universalidad, abundancia y facilidad de disposición en el foco del incendio, no es tan cierta. Tampoco son poco complejos los mecanismos y recursos necesarios para que pueda estar disponible en la cantidad, forma y lugar adecuados. Sin embargo, y a pesar de la complejidad detrás del tema, el autor intenta resolver estos mitos atendiendo los principios termodinámicos básicos detrás del proceso de extinción de incendios con agua, sin que sea la intención que este complejo proceso de extinción sea entendido en su totalidad, con el único fin de poder tener al alcance de todos los lectores, información digerible y entendible, sin complicadas explicaciones científicas. El poco entendimiento sobre todas las variables involucradas, trae consigo múltiples teorías sobre cuánta agua se debe aplicar en el proceso de extinción de los incendios, situación que el autor aborda con algunos estudios, dejando como resultado que este proceso es tan complejo que ha llevado a las comunidades a tomar decisiones y estrategias de disposición de este agente extintor contra puestas entre ellas, y ha traído consigo también que las comunidades nacionales no tomen conciencia sobre la importancia que tiene contar con la disposición del agente de manera oportuna y en la cantidad apropiada de acuerdo al nivel de riesgo. El autor concluye el análisis con posibles soluciones al problema del agua en comunidades altamente pobladas como la ciudad de Lima.

El Efecto Termodinámico Del Agua

La cantidad de agua que debe aplicarse a un incendio puede ser una pregunta muy compleja de responder, sabemos que el principio termodinámico del agua como agente extintor está en su capacidad de absorber el calor y disiparlo a la atmósfera en forma de vapor de agua, este proceso está compuesto por 3 fases claramente definidas. La primera es llevar el agua a su temperatura de ebullición (100°C), la segunda es convertirla completamente en vapor y la tercera es súper calentar el vapor antes que se disipe a la atmósfera (300°C). De estos tres procesos, el primero genera una absorción del calor de más o menos el 10%, el segundo 66% y el tercero 24%. De este análisis podemos concluir lo siguiente:

1. El principal efecto enfriador del agua se da cuando ésta se convierte totalmente en vapor (66%) y el segundo efecto importante es súper calentar el vapor (24%), curiosamente llevar el agua a su temperatura de ebullición provoca el efecto menos importante (10%).
2. La máxima acción enfriadora del agua se da cuando su volumen líquido se convierte completamente en vapor, el cual representa un 76% del efecto total (66%+10%=76%).
3. La ineficiencia en la extinción del incendio se mide por cuánta agua regresa en forma líquida (agua vertida por las calles) y la eficiencia se mide por cuánta agua es transformada en vapor (se disipa a la atmósfera). En otras palabras si el agua que arrojamamos al incendio no se convierte en vapor estamos perdiendo más del 76% de su eficiencia en la extinción.

4. El calor total absorbido por este efecto termodinámico es de aproximadamente 3,400 Kilojulios por litro de agua. Con los porcentajes anteriores podemos determinar que 340 Kilojulios son absorbidos por un litro de agua cuando llega a su temperatura de ebullición (100°C), a esto se le llama el **Calor Específico del Agua**. 2,250 Kilojulios son absorbidos cuando esa masa se convierte en vapor, a esto se le llama el **Calor Latente de Vaporización** y 810 Kilojulios son absorbidos cuando se súper calienta el vapor a 300°C, a esto se le llama **Calor Específico del Vapor**.



Concluimos hasta este punto que el agua es un impresionante agente extintor, tiene una capacidad de absorción de calor que muy pocas sustancias pueden tener, pero es más bien la forma de aplicación la que se convierte en la variable más importante que debemos tomar en consideración. Si no colocamos la cantidad adecuada, en la forma y lugar adecuado, sus grandes beneficios en la extinción del incendio no se lograrán alcanzar, la extinción del incendio con agua se convertirá consecuentemente en un proceso agotante, agobiante y desperdiciador de recursos. En contra partida si logramos hacer las cosas bien, podemos alcanzar una gran parte de todo el potencial extintor que el agua nos puede brindar.

El Potencial Del Agua Como Agente Extintor

Para tener la sensación de la escala que la energía generada por 3,400 Kilojulios por litro de agua representa en términos prácticos, podemos definirla con el calor de combustión de los materiales comunes que arden en un incendio. El calor de combustión de un combustible es definido como el monto de calor que es liberado por una sustancia cuando arde, por ejemplo 1 kilo de madera produce un calor de combustión (o energía liberada) de aproximadamente 20,000 Kilojulios.

Sin embargo la característica esencial que describe cuantitativamente qué tan grande es un incendio, es el tiempo que le toma a esa energía para ser liberada, en otras palabras no es lo mismo que se queme 1 kilo de madera por segundo a que se queme la misma masa por minuto o por hora, esto nos lleva a definir la potencia de un incendio como la variable que define el tamaño del mismo. Si se quema un kilo de madera por segundo la energía liberada sería 20,000 Kilojulios / segundo, pero si se quema en 1 minuto, la energía liberada será 20,000 Kilojulios / 60 segundos = 333 Kilojulios / segundo y si se quema en una hora será 20,000 Kilojulios / 3600 segundos = 5.55 Kilojulios / segundo. Evidentemente a medida que más energía es liberada en menos tiempo más potencia tiene el incendio, esto nos lleva a medir el tamaño de un incendio en Kilowatts que es la unidad de potencia que mide cuánta energía es liberada en el tiempo y está expresada en Kilojulios por segundo (Kj/s). En el ejemplo anterior si se quema 1 kilo de madera por segundo la potencia del incendio es 20,000 kW, si se quema en 1 minuto la potencia del incendio es 333 kW y si se quema en una hora 5.55 kW. Asumiendo ahora que un litro de agua aplicado cien por ciento

eficientemente puede absorber 3400 Kilojulios, podemos hacer una ecuación tan simple como decir que si aplicáramos 1 litro de agua por segundo podemos absorber como máximo 3400 Kilojulios / segundo, lo que impresionantemente nos daría como resultado que podemos extinguir un incendio de 3400 Watts...! o en otras palabras podríamos extinguir un incendio que quema 1 kilo de madera cada 6 segundos (20,000 Kilojulios / 6 segundos = 3,333 Kilojulios / segundo = 3,333 kW).

El cálculo anterior sólo toma en cuenta el efecto termodinámico del agua como agente absorbente del calor, sin embargo hay beneficios adicionales del agua, particularmente cuando ésta actúa en un fuego interior que está contenido y con poca ventilación. En este caso, la generación de vapor produce tres efectos no menos importantes que los anteriores:

1. El primero de ellos es que el vapor del agua incrementa el volumen del agua líquida en 1600 veces a 100°C y se expande aún más a temperaturas superiores (por ejemplo 2520 veces a 300°C), este efecto es muy importante porque desplaza el oxígeno que requiere la combustión.
2. El segundo de ellos es que además convierte en inerte el ambiente, siendo la inertización un proceso también importante, ya que diluye la mezcla de gases inflamables que soportan la combustión.

Un ambiente con mezclas de gases inflamables no quemados que se encuentra en constante combinación con oxígeno, es una mezcla potencialmente explosiva. Aquello que conocemos como Explosión de Humo (Backdraft), es precisamente el fenómeno que se produce cuando esta mezcla explosiva. Con la introducción de vapor de agua se desplaza esta mezcla al exterior del recinto y además actúa como un diluyente de la misma, lo que en otras palabras significa que el empuje generado por el vapor de agua expulsa los gases inflamables hacia el exterior y a la vez hace que la mezcla explosiva se convierta en una mezcla pobre y difícil de explosionar.



3. El tercero de ellos es su capacidad de bloqueo de la radiación y el calor radiante que interactúa entre el fuego y el combustible.

Tabla 5. Expansión de un 1L de agua

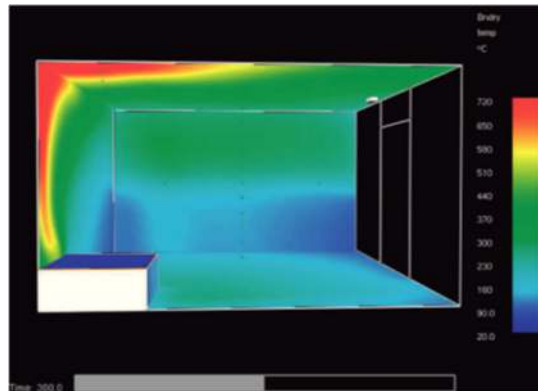
TEMPERATURA [°C]	volumen de vapor [l]
100	1.600
200	2.060
300	2.520
400	2.980
500	3.440
600	3.900

Fuente: Manual de incendios / Ceis Guadalajara

Chocando Con La Realidad

Desafortunadamente el cálculo anterior es tan simple como falso, porque en la realidad hay demasiadas variables complejas detrás del proceso de combustión, quedando todo este cálculo como un ideal imposible de alcanzar que sólo nos sirve para identificar el potencial termodinámico del agua como agente extintor, en otras palabras pretender apagar un incendio que produce 3,400 kW de energía con un litro de agua por segundo, es termodinámicamente posible pero imposible de alcanzar en la realidad. En términos generales podemos decir que la máxima eficiencia potencial termodinámica del agua está por debajo del 50% e incluso por debajo del 25% en muchos casos reales. Algunos de los efectos que hacen imposible alcanzar un 100% de efectividad en la aplicación del agua:

1. Toda el agua lanzada no se convierte en vapor (a diferencia de los rociadores que tienen una mayor eficiencia para lograr este efecto).
2. Es difícil balancear el tamaño ideal de las gotas de agua con la temperatura producida por el incendio.
3. Todo el vapor no llega a súper calentarse a 300°C, antes de hacerlo es disipado a la atmósfera a temperaturas inferiores.
4. La geometría del ambiente juega un rol muy importante, no siempre se puede colocar el agua en el lugar adecuado.
5. La temperatura en el recinto del incendio no es homogénea, por lo tanto nunca estaremos seguros de que el agua está llegando en forma eficiente y en la cantidad adecuada, conforme a la gradiente de temperatura del recinto. Si pretendiéramos que toda el agua se convierta en vapor tendríamos que lanzarla en proporciones adecuadas a cada temperatura del ambiente, esto termina siendo una complejísima ecuación en la que a cada temperatura en el ambiente le correspondería un caudal distinto de agua.
6. Por las mismas razones del punto anterior, a cada temperatura le debería corresponder un tamaño de gota distinto, una zona de más alta temperatura necesita una gota más gorda que permita vencer la carga calórica producida por la pluma del fuego, y viceversa donde las temperaturas sean relativamente más bajas, la gota debería ser más reducida para que no terminen cayendo y derramándose por el piso.



Llevando Los Cálculos Teóricos a Números Prácticos

Asumamos que en términos prácticos 1 litro de agua sólo puede absorber en condiciones ideales sólo el 25% de su capacidad teórica de absorción, esto significa que un Litro de agua puede absorber 850 Kilojoules de energía del fuego ($3,400 \text{ Kilojulios} \times 0.25 = 850 \text{ Kilojulios}$). En otras palabras si lo convertimos

en potencia de incendio, 1 litro de agua por segundo puede absorber el calor de un incendio cuya potencia es 850 kW (850 Kilojulios / segundo = 850 kW).

Una habitación de 20 m² amoblada típicamente con productos básicos de vivienda produce un incendio con una potencia de aproximadamente 5,000 Kw (Post Flashover), por lo que necesitaríamos de aproximadamente de 95 gpm para superar la energía liberada (5000 kW / 850 kW) * (Litro / Segundo) \approx 6 lps \approx 95 gpm. Esto nos demuestra que típicamente una línea de manguera manual de 1 ½" equipada con un pitón de 95 gpm @ 100 psi trabajando a 100 psi, puede extinguir un incendio en una habitación típica de vivienda completamente en llamas luego de un Flashover, cuando el agua es aplicada con una eficiencia del 25% de su capacidad total termodinámica de extinción. Si lográramos aumentar la eficiencia al 100% se podría extinguir el incendio con tan solo 23 gpm (5000 kW / 3400 kW) x (Litro / Segundo) \approx 1.5 lps \approx 23 gpm, lo que precisamente es la descarga típica de un rociador trabajando a aproximadamente 15 psi.

La Aplicación Del Agua En Los Grandes Incendios

En los grandes incendios la energía producida puede llegar a ser varios millones de kW, lo que nos lleva a hablar en Mega Watts (1000 kW = 1 MW), precisamente porque los valores son tan altos que no podemos meterle tantos ceros a las ecuaciones. Es tan difícil medir la potencia de un incendio en estas condiciones, que lo único que le queda a los bomberos es evaluar el progreso del incendio conforme vayamos aplicando agua, observando que efectivamente estamos logrando absorber energía a una tasa mayor que la producida por el incendio, siendo un enorme error pretender apagar el incendio con un caudal tal que la energía absorbida sea menor que la producida, en cuyo caso lo único que estamos haciendo es desperdiciar agua.



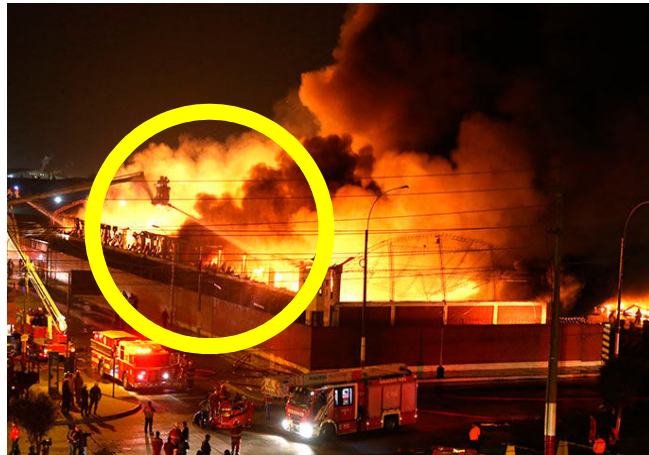
Un punto importante que debe tomarse en cuenta, y que hasta el momento no se ha mencionado, es que la quema libre de materiales también es una forma de extinción del incendio, en la cual se permite liberación natural de la energía del incendio, es decir dejar que el fuego mismo libere la energía a la atmósfera, y tan sólo preocuparnos por proteger las exposiciones o la propagación del fuego. Este método es muy usado en las grandes ciudades de Europa en donde las construcciones han crecido muy densamente y las propiedades se encuentran muy pegadas entre ellas, siendo en estos casos la prioridad que el fuego no se extienda, sin tener que preocuparse por los daños ya ocasionados, con la filosofía que invoca lo siguiente: "Echemos agua o no, los bienes ya están completamente dañados". Existe toda una polémica sobre este punto, la cual no formará parte de discusión en el presente análisis.

Análisis Mediante Cálculos Estadísticos y/o Empíricos

La complejidad detrás de los análisis anteriores ha tratado de ser resuelta con estadísticas. Estudios realizados en 5000 incendios Europeos por Grimwood (2014) y por Barnett (2004) han dejado como valor promedio 24 lpm de agua por cada MW de incendio residencial.

Según este cálculo a la habitación del ejercicio anterior de 20 m² que produce un incendio de una potencia de 5,000 kW (5 MW) tendríamos que aplicarle 31 gpm (24 lpm / MW x 5 MW = 120 lpm ≈ 31 gpm). Si regresamos al análisis termodinámico del agua, potencialmente un incendio de 5,000 kW podrían ser extinguidos con un caudal de 23 gpm, por lo que los 31 gpm calculados según esta propuesta, supondrían una eficiencia del 75% en la aplicación del agua (23 gpm / 31 gpm ≈ 0.75), o dicho de otra forma asumir una pérdida de 8 gpm por cada 23 gpm vaporizados y súper calentados.

Si bien técnicamente esto es posible, sólo en condiciones ideales podría alcanzarse. Esta teoría quizás explique en parte por qué antiguamente las unidades de bomberos contaban con líneas de mangueras de alta presión equipadas con pitones de 23 gpm @ 100 psi (las famosas devanaderas), las cuales con la experiencia de las últimas décadas han dejado de usarse a medida que las cargas calóricas de los incendios se han incrementado, situación que se ha visto muy agravada con la creciente introducción de los plásticos en el consumo humano, lo que ha modificado bastante las cargas calóricas de los ambientes incendiados.



Un segundo análisis de Grimwood (2014) y Barnett (2004) ha dejado como valor promedio de 5 lpm/m² para incendios mayores a 100 m², método muy simplista por cuánto no toma en cuenta la carga calórica, haciéndolo únicamente dependiente del área, sin contar tampoco la altura de almacenaje. Este método implicaría que un incendio en un almacén de 500 m² totalmente encendido requeriría una descarga de 660 gpm (500 m² x 5 lpm/m² = 2500 lpm ≈ 660 gpm), lo cual podría ser muy poco caudal si estuviéramos extinguiendo fuegos en plásticos del Grupo A (los más inflamables) o derivados del caucho, y mucho caudal si estuviéramos extinguiendo madera húmeda, o materiales similares con menos carga calórica.

La Academia Nacional de Bomberos de los Estados Unidos (NFA) ha desarrollado una fórmula que permite hacer un cálculo rápido del requerimiento de caudal para extinguir un incendio. Esta fórmula ha sido derivada a través de un estudio de caudales de un gran número de incendios que fueron controlados satisfactoriamente, además del intercambio de información con oficiales de bomberos experimentados, con respecto al caudal que ellos encontraron efectivos para varias situaciones de incendio. La fórmula calcula el caudal como:

$$Q \text{ (Caudal en GPM)} = 3.6 \times A \text{ (Area en m}^2\text{)} \times \% \text{ (Porcentaje del Espacio en llamas)}$$

Esto quiere decir que el incendio de la habitación del ejercicio anterior debería apagarse con 72 gpm (3.6 gpm/m² x 20 m²) x 100% = 72 gpm). Si el porcentaje del espacio en llamas es menor se aplica proporcionalmente a la fórmula, por ejemplo si sólo el 50% de la habitación está ardiendo se aplica 50%, por lo que el caudal sería 36 gpm. Nuevamente esta fórmula termina siendo irrealista para grandes

incendios, en el almacén de 500 m² mencionado anteriormente, se requerirían 1800 gpm independientemente del combustible involucrado.

Es necesario precisar cuan diferentes pueden ser los cálculos dependiendo del continente, lo que trae consigo la gran diferencia en estrategias que existen entre los Europeos y los Americanos. El análisis Americano propone 3 veces más Caudal que el análisis Europeo, aquí existen muchas razones que explican tales diferencias, que van desde las tácticas, la escasez de recursos, la forma y tamaño de las ciudades y de las construcciones en ambas regiones, las filosofías distintas de combate de incendios, la idea de extinguir o dejar quemar, entre muchas otras razones que no viene al caso comentar en este artículo.



En el año 1970, el Instituto de Investigación Tecnológica de la Universidad de Illinois publicó un análisis realizado a 134 incendios atendidos por los Bomberos en varios tipos de ocupaciones, tamaños de ciudades, tipos de construcciones y magnitudes de incendios. En el análisis de estos incendios se reportó detalladamente los tiempos desde que se inició el ataque del incendio hasta que se logró el control del mismo y luego la extinción completa. De la misma forma se analizó la cantidad total de agua utilizada para el control y luego la extinción del incendio, así como los caudales promedio utilizados para dicho propósito. Finalmente se registraron el tamaño de las áreas destruidas por el fuego.

Toda esta información fue analizada y ploteada, teniendo como argumentos el área afectada por el incendio, el caudal promedio y el tiempo utilizado para lograr el control del incendio. El agua y tiempo utilizado para lograr la extinción total del incendio no fue utilizado, por cuanto en este punto se encontraron datos dispersos y mucha variabilidad. Producto de este análisis se obtuvieron las siguientes fórmulas:

$$W = 1.24 A^{0.664}$$

$$T = 1.66 A^{0.559}$$

Donde

W = Caudal en Litros / Segundo

A = Area del incendio o Zona afectada en m²

T = Tiempo hasta lograr el control del Incendio

Un segundo estudio hecho en Inglaterra, bajo una metodología similar obtuvo las siguientes formulas:

$$J = 0.33 A^{0.5}$$

$$T = 3.3 A^{0.5}$$

J = Numero de Chorros aplicados al Incendio (Aprox. 400 Litros / Minuto por Chorro)
 A = Area del incendio o Zona afectada en m²
 T = Tiempo hasta lograr el control del Incendio

A diferencia de los casos anteriores, ambos estudios fueron hechos con la misma metodología y alcanzaron resultados similares para los EE. UU e Inglaterra. Si hacemos los cálculos de la habitación de 20 m² podemos corroborar que, en el primer caso el caudal requerido para controlar el incendio es 144 gpm y en el segundo caso 155 gpm. Esto puede dar luces sobre la importancia de usar metodologías iguales para lograr resultados homogéneos, bajo la premisa que no hay nacionalidad en el comportamiento del Fuego, es decir todos los incendios no importa donde sucedan, tienden a tener el mismo comportamiento y por lo tanto los mismos requerimientos de control y extinción.

El Agua Para el Combate de Incendios en Nuestra Realidad Nacional

Si bien nominalmente el agua por su abundancia resulta siendo un producto de bajo costo en la mayoría de lugares, su almacenamiento y transporte resultan siendo bastantes costosos en situaciones de emergencia. Si contabilizáramos lo que le cuesta un incendio a la Comunidad Limeña podríamos ver que en verdad no es un recurso barato.

Pongamos como ejemplo el incendio de las Malvinas, donde aproximadamente se consumieron 8000 m³ de agua (500 gpm en promedio x 72 horas de incendio). El costo más bajo del agua para uso doméstico transportado por tuberías es de S/. 2.50 por m³,

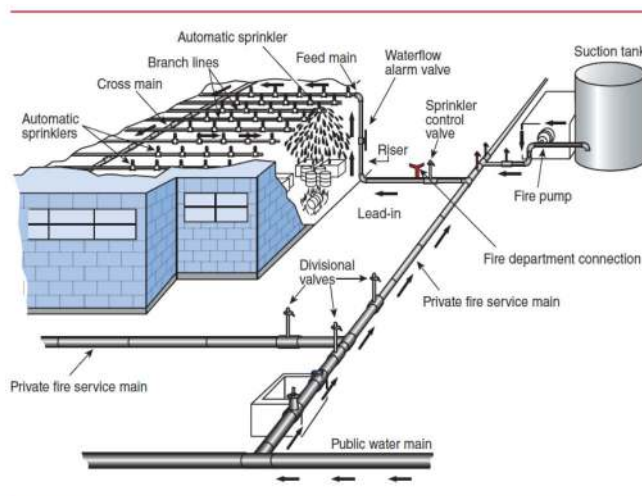
COSTO DEL AGUA PARA EXTINGUIR EL INCENDIO DE MALVINAS	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR
CAUDAL PROMEDIO	GPM	500.00
DURACION DEL INCENDIO	DIAS	3.00
AGUA CONSUMIDA	M ³	8,175.60
COSTO MAS BAJO AGUA EN TUBERIAS	S/.	2.50
COSTO MAS BAJO AGUA EN CISTERNA	S/.	7.50
PORCENTAJE AGUA EN TUBERIAS	%	70.00
PORCENTAJE AGUA EN CISTERNA	%	30.00
COSTO DEL AGUA PARA EXTINGUIR EL INCENDIO	S/.	32,702.40

mientras que el costo más bajo del agua transportada en camiones cisterna es de S/. 7.50 por m³. Asumamos que el 30% del agua para extinguir el incendio llegó en camiones cisterna y el resto llegó por tuberías, esto nos daría una inversión en agua de S/. 32,000. Si siguiéramos haciendo cálculos sobre lo que le costó a la Comunidad Limeña este incendio, en recursos logísticos y humanos invertidos para extinguirlo, y le sumáramos las pérdidas económicas causadas a los afectados, podríamos decir que este incendio costó mucho más de lo que se pudo haber invertido en protegerlo adecuadamente, sin contar por supuesto las invaluable e irrecuperables dos vidas que se perdieron en el incendio.

Una gran parte de estos mayores costos que tenemos como comunidad, es la carencia de infraestructura apropiada para el combate oportuno del incendio, lo que significa que si bien el agua es un recurso bastante económico, de nada sirve tenerlo como agente extintor si no podemos contar con grandes cantidades para propósitos de emergencia en el momento oportuno, lo que significa tenerlo en las etapas iniciales del incendio.

¿Bombas de Agua Contra Incendio Privadas o Mejores Redes Públicas para el Combate de Incendios?

Existen conceptos diametralmente opuestos entre los principios de suministro de agua para la protección contra incendios en Países desarrollados como los EE. UU. y aquellos de nuestra realidad nacional. Mientras que en estos países el abastecimiento para los sistemas contra incendios se hace en muchos casos desde la red pública, y en caso la presión no sea suficiente se refuerza con la instalación de una bomba contra incendios, a la que se le suele llamar “booster pump” o “bomba reforzadora”, en el Perú en cambio



estamos obligados a vaciar el agua en un tanque y re-bombarla nuevamente a través del uso de bombas contra incendios privadas y de uso exclusivo de la propiedad. Entre las ventajas que trae consigo contar con una red pública confiable para el combate de incendios están:

1. Las redes Públicas de agua contra incendios son sumamente confiables, sólo dependen del adecuado control de una única instancia, a diferencia de las redes privadas que dependen de múltiples instancias (léase propietarios), generando un excesivo y complejo mecanismo de control que el Estado y el Sector Privado deben afrontar.
2. Las bombas de agua contra incendios están sujetas a múltiples posibilidades de falla en caso de incendio, si las bombas son eléctricas existe una alta probabilidad que no puedan operar en caso de incendio debido a la errada política, cada vez más aplicada, que se deben cortar todas las fuentes de energía eléctrica en caso de incendio.
3. Sumado a ello, está la lamentable situación, que dificulta que las bombas eléctricas se puedan probar, por los altos costos asociados a los picos de consumo que generan energía reactiva.
4. Si todas las bombas fueran alimentadas por un motor Diesel, aparte de los mayores costos que estas bombas representan para el usuario, tendríamos casos en los que en un mediano plazo estos equipos estarán fuera de servicio, por falta de mantenimiento y/o por la falta de capacidad de los propietarios de invertir en el mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo a que da lugar equipos como

éstos, situación que también aplica en menor medida a las bombas eléctricas y que se agrava cuando la propiedad del sistema pertenece a múltiples propietarios, que casi nunca se ponen de acuerdo.

5. Mientras que el caudal para la extinción de incendios en las redes públicas que abastecen a los sistemas de rociadores y a otros sistemas de protección contra incendios a base de agua, es un flujo potencial, en las redes privadas es un stock. Esto quiere decir que cada edificación se tiene que suplir de una capacidad de agua suficiente para combatir su propio incendio, generándose múltiples instalaciones con múltiples tanques en toda la ciudad, si a esto le sumamos que el agua almacenada es potable, estamos generando un enorme daño ecológico al tener en stock un bien que usaremos con una muy baja probabilidad. Esto es como que cada uno tenga en su casa un tratamiento completo y costoso para una enfermedad muy rara, a la espera de usarlo un día y lo más probable que nunca.



6. El hecho que cada edificio de la ciudad guarde aproximadamente 100 m³ de agua para uso de su propio incendio, y hayan miles de edificios guardando ese volumen, ya es un desastre ecológico y un enorme daño que estamos haciendo a nuestro ecosistema.
7. En EE.UU. las redes públicas de incendio, tienen presión y caudal suficiente para extinguir incendios en edificios de gran altura sin la necesidad de una bomba contra incendios. Los edificios no tienen tanque, ni hay bombas contra incendio, sino que se abastecen directamente de la red pública. Esta red de emergencia jamás es desconectada y tiene la prioridad en cualquier caso.

Una Posible Solución al Problema de Abastecimiento

¿Pero si ya estamos encaminados en un modelo en el cual no existen redes públicas capaces de soportar el abastecimiento adecuado para un sistema contra incendios, cómo resolveríamos estas deficiencias?. La respuesta puede estar en el apoyo municipal y el sector privado, lo cual funcionaría en comunidades altamente pobladas como la ciudad de Lima. El ahorro económico comunitario que se lograría en recursos, la protección del medio ambiente y la mayor confiabilidad en el funcionamiento del sistema, serían aspectos muy importantes que se lograrían resolver, si dejáramos de instalar los cientos de bombas contra incendios y las decenas de miles de metros cúbicos que se piensan instalar en los próximos años en un distrito, y sean reemplazados por una sola gran tanque municipal con una red de tuberías independiente y una sola gran bomba contra



incendios que abastezca a todos los edificios del distrito. El dinero dejado de invertir en tanques y bombas contra incendio tendría que ser aportado para la construcción de este sistema público a cargo de cada municipio, con lo cual es posible que el proyecto sea auto sostenible, pues es más que evidente que un tanque y una bomba contra incendios en una calle de la ciudad cuestan más que lo que cuestan 100 metros de tubería para llegar al edificio, si a esto sumamos que en cualquier calle de la ciudad hay más de un edificio que requiere de agua contra incendios, no es muy difícil darse cuenta que tenemos de sobra los recursos para lograr no sólo ahorrar dinero a la comunidad, sino mucho más importante, darle mayor seguridad a la ciudad con un solo sistema bien mantenido, en vez de cientos de sistemas mal mantenidos y que no funcionan. Tan importante como lo anterior, está el hecho de preservar nuestro medio ambiente, con una cantidad ínfima de agua guardada para un incendio, en vez de cientos de miles de metros cúbicos de agua "tratada previamente", que se encuentran ahora maltratados en un tanque que quizás jamás se use. Esto permitiría además contar con una red de hidrantes para uso de los bomberos, abastecida con un alto régimen de caudal y presión, que dejaría atrás el viejo y recalcitrante argumento de escasez de agua en los incendios.

Conclusiones

1. El agua es un impresionante agente extintor, su capacidad de absorción de calor es incomparable, su abundancia y bajo costo lo hacen el agente extintor por excelencia.
2. La máxima acción enfriadora del agua se da cuando su volumen líquido se convierte completamente en vapor súper calentado, disipándose a la atmósfera a grandes temperaturas. Toda el agua que no se convierte en vapor disipado, es agua desperdiciada.
3. La cantidad de agua que debe aplicarse a un incendio para extinguir el fuego es una pregunta muy compleja de responder, en este artículo hemos analizado cuál es el potencial máximo extintor del agua en base a sus propiedades termodinámicas (3,400 Kilojulios por litro de agua). Esta capacidad máxima de extinción no puede ser superada y debemos concentrarnos más bien en preguntarnos cuánto de esta capacidad máxima puede ser alcanzada en términos prácticos y reales.
4. Por lo pronto asumir que la eficiencia máxima que puede lograrse en términos prácticos, es el 25% de la capacidad máxima de absorción de calor del agua, resulta ser una tasa razonable y conservadora. En términos prácticos llegar a disipar el 25% del agua arrojada, es también un gran avance.
5. Si no colocamos la cantidad adecuada, en la forma y lugar adecuado, sus grandes beneficios en la extinción del incendio no se lograrán alcanzar.



6. Se cual fuera el método que se use para calcular la cantidad de agua a aplicar en un incendio, este método es intrínsecamente independiente de la potencia del incendio, es decir de la cantidad de calor liberada por unidad de tiempo.
7. Otros efectos importantes del agua como agente extintor no están relacionados con su capacidad de extinción por sí misma, sino por su capacidad de evitar condiciones extremadamente peligrosas que puedan ser provocadas por un incendio fuera de control, sobre todo cuando el incendio es provocado en un espacio cerrado y poco ventilado, donde existen las condiciones favorables para una explosión de humo (backdraft). El agua aplicada en estas condiciones provoca dos efectos importantes: Desplazamiento del oxígeno y dilución de las mezclas inflamables en los espacios interiores.
8. Hacer un simple cálculo de balance de energías entre la energía producida por el incendio y la absorbida por el agua, es un cálculo simple y a la vez falso, porque en la realidad hay demasiadas variables complejas detrás del proceso de combustión, entre ellas la ineficiencia en la aplicación del agua, la dificultad para balancear el tamaño ideal de las gotas de agua en función de la temperatura producida por el incendio, la dificultad de súper calentar el vapor del agua, la geometría del ambiente, las gradientes de temperatura existentes en un incendio, entre otros factores muy complejos.
9. Existe una gran divergencia entre los métodos de aplicación de agua para la extinción de incendios de los Norteamericanos y Europeos, mientras los Europeos propugnan aplicar el agua de la manera más eficiente posible con el fin de acercarse al valor ideal de 100% de eficiencia, los Norteamericanos buscan noquear al fuego con caudales muy por encima de los termodinámicamente requeridos. Estas filosofías distintas pueden ser más o menos válidas en circunstancias distintas dependiendo del caso.
10. No obstante de lo mencionado en el numeral anterior, es importante usar metodologías iguales para lograr resultados homogéneos, bajo la premisa que no hay nacionalidad en el comportamiento del Fuego, es decir todos los Incendios no importa donde sucedan, tienden a tener el mismo comportamiento y por lo tanto los mismos requerimientos de control y extinción. Los Incendios no tienen Nacionalidad.
11. Dejar quemar es también una forma de extinción de incendios, si la cantidad de recursos son limitados y el fuego está bajo cierto control, no se deje llevar por la presión del momento. No hay nada más ridículo que pretender apagar un incendio de varios millones de Kilowatts con un chorro de 500 gpm, por más poderoso que parezca este chorro en otras circunstancias, lo único que está haciendo es desperdiciar recursos, arriesgar innecesariamente a los bomberos y generar un espectáculo para contentar a la prensa y los espectadores.



12. Si bien nominalmente el agua por su abundancia resulta siendo un producto de bajo costo, su almacenamiento y transporte resultan siendo bastantes costosos en situaciones de emergencia. Los cálculos de costos del incendio realizados en el Incendio de las Malvinas, demuestran que el costo económico y social de este incendio supera en creces las políticas a que hubieran dado a lugar hacer de este centro comercial un lugar seguro para sus clientes y propietarios.

13. Nuestra Realidad Nacional en infraestructura hídrica para el combate de incendios deja en claro las deficiencias de nuestro sistema. Como sugiere el autor, estas políticas que demandan gran inversión, podrían ser resueltas con tanques municipales públicas financiadas con los menores costos que implicaría tener tanques privados y bombas contra incendio en cada edificación.



14. Las grandes ventajas de un suministro público de abastecimiento contra incendios, destacadas por el autor, incluyen: Mayor Confiabilidad, Menores costos de mantenimiento, independencia del suministro de energía al edificio o zona donde sucede el incendio, mayores caudales para la extinción de incendios, excesiva inversión en tanques privados y bombas contra incendio, excesivo daño del recurso hídrico potable, demasiadas personas involucradas en la responsabilidad del mantenimiento, excesivos y complejos mecanismos de control del Estado sobre el Sector Privado, entre otras dificultades del modelo actual.

Bibliografía Consultada

- Presentaciones del Master in Fire Protection Engineering Science de California Polytechnic State University
- Determining how much water is needed for effective fire control <https://www.firehouse.com>
- GRIMWOOD, Paul, DESMET, Koen (2003), A comprehensive guide to compartment firefighting & live fire training (CFBT), Firetactics, Cemas, UK.
- GRIMWOOD, Paul, SANDERSON, Iain (2014), "Water flow rate investigation to improve tactical firefighting", en Technical Perspectives International Fire Professional, nº10.
- KARLSSON, Björn, QUINTIERE, James (2002), Enclosure fire dynamics, CRC press, Florida, USA.
- Dirección General de Protección Civil y Emergencias, Manual de Incendios, Grupo Tragsa y CEIS Guadalajara, España
- Baldwin, R., "Use of Water in the Extinction of Fires by Brigades" Instn. Fire Engineers Q. 31, 82, 163-168, 1971.
- LABES, W.G. Fire department operation analysis, final report. Illinois Institute of Technology Research Institute