

Explicación Gráfica del **COMPORTAMIENTO EXTREMO DEL FUEGO**



CTIF 

INTERNATIONAL ASSOCIATION
OF FIRE AND RESCUE SERVICES



COMPORTAMIENTO EXTREMO DEL FUEGO

Por Ed Hartin / CFBT-US.com

Comportamiento del fuego aquí

Los bomberos suelen basar sus expectativas sobre cómo se comportará un incendio en su experiencia. Las observaciones de Gisborne (1948) sobre el juicio experimentado de los bomberos forestales pueden parafrasearse y aplicarse también a los bomberos estructurales:

¿Qué es el juicio experimentado sino una opinión basada en el conocimiento adquirido por la experiencia? Si has combatido incendios en todo tipo de edificios, con todas las configuraciones y cargas de combustible diferentes, en todo tipo de condiciones, y si recuerdas exactamente lo que ocurrió en cada una de estas combinaciones, tu juicio experimentado es probablemente muy bueno.

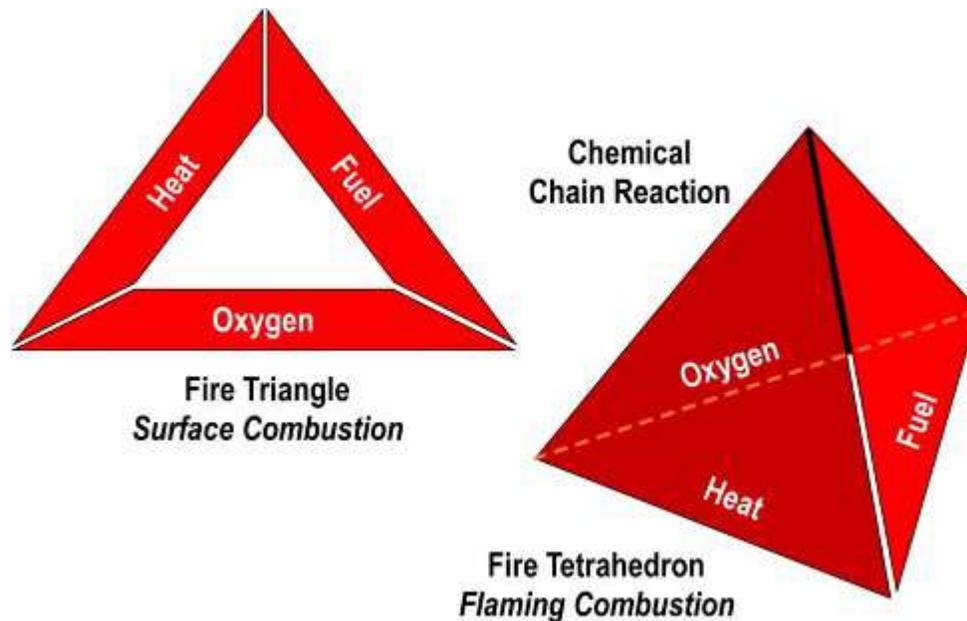
En la mayoría de las comunidades, la mayoría de los incendios se producen en estructuras residenciales (por ejemplo, casas unifamiliares, dúplex, edificios de apartamentos). Se producen muchos menos incendios en edificios comerciales e industriales. Además, a diferencia del carpintero, el electricista, el abogado o el médico, el bombero pasa poco tiempo realizando realmente el trabajo de su oficio. Aunque tener un número reducido de incendios es una situación deseable para la comunidad, los bomberos tienen pocas oportunidades de adquirir la experiencia necesaria para desarrollar un conocimiento sólido del comportamiento del fuego sólo a través de la experiencia. El estudio de la teoría del comportamiento del fuego y la experiencia de otros (por ejemplo, estudios de casos) proporcionan un valioso complemento a la experiencia personal (pero no pueden sustituirla por completo).

Combustión

Si se examinan los textos comunes de los servicios de bomberos, hay una variedad de definiciones de combustión, pero todas describen el mismo fenómeno: Una reacción química (oxidación) que produce calor (exotérmica) en la que un combustible se combina con oxígeno. En su forma más simple, el hidrógeno y el oxígeno se combinan, produciendo calor y vapor de agua. Sin embargo, la mayoría de las veces este proceso es considerablemente más complejo. En un incendio de estructura típico se produce una mezcla compleja, tóxica e inflamable de productos de combustión sólidos, gaseosos y vapores a medida que los combustibles complejos arden con ventilación limitada.

Los modos de combustión se diferencian en función del lugar donde se produce la reacción. En la combustión con llama, la oxidación implica combustible en fase gaseosa. Esto requiere que los combustibles líquidos o sólidos se calienten para convertirlos a la fase gaseosa. Algunos combustibles sólidos,

particularmente aquellos que son porosos y pueden carbonizarse, pueden sufrir oxidación en la superficie del combustible. Se trata de una combustión sin llama o combustión lenta. El triángulo y el tetraedro del fuego son modelos sencillos utilizados para explicar el proceso básico de la combustión con y sin llama, como se ilustra en la figura 1.



Aunque sencillos, estos modelos proporcionan un marco para entender la combustión y son útiles para comprender las variables en el desarrollo del fuego en compartimentos y las causas de los fenómenos de comportamiento extremo del fuego.

Desarrollo del fuego

Cuando un incendio no está confinado, gran parte del calor producido por el combustible ardiendo escapa a través de la radiación y la convección. ¿Qué cambia cuando el incendio se produce en un compartimento? Otros materiales del compartimento, así como las paredes, el techo y el suelo, absorben parte del calor radiante producido por el fuego. La energía del calor radiante que no se absorbe se refleja y sigue aumentando la temperatura del combustible y la velocidad de combustión.

El humo caliente y el aire calentado por el fuego se vuelven más flotantes y ascienden, al entrar en contacto con materiales más fríos como el techo y las paredes del compartimento; el calor es conducido a los materiales más fríos, aumentando su temperatura. Este proceso de transferencia de calor eleva la temperatura de todos los materiales del compartimento. A medida que el combustible cercano se calienta, comienza a pirolizarse. Finalmente, la velocidad de pirólisis puede llegar a un punto en el que se puede soportar la combustión con llamas y el incendio se extiende.

Además de contener energía calorífica, los incendios en compartimentos se ven influidos por el perfil de ventilación. El tamaño del compartimento y el número y tamaño de las aberturas que pueden proporcionar una fuente de oxígeno para la combustión continuada también influyen en el desarrollo del fuego.

Aunque las "etapas del incendio" se han descrito de forma diferente en los libros de texto de los servicios de bomberos, el fenómeno del desarrollo del incendio es el mismo. Para nuestros propósitos, las etapas de desarrollo del fuego en un compartimento se describirán como incipiente, crecimiento, completamente desarrollado y decaimiento (ver Figura 2). A pesar de dividir el desarrollo del incendio en cuatro "etapas", el proceso real es continuo, con "etapas" que fluyen de una a otra. Aunque es posible definir claramente estas transiciones en el laboratorio, sobre el terreno suele ser difícil saber cuándo termina una y empieza la siguiente.

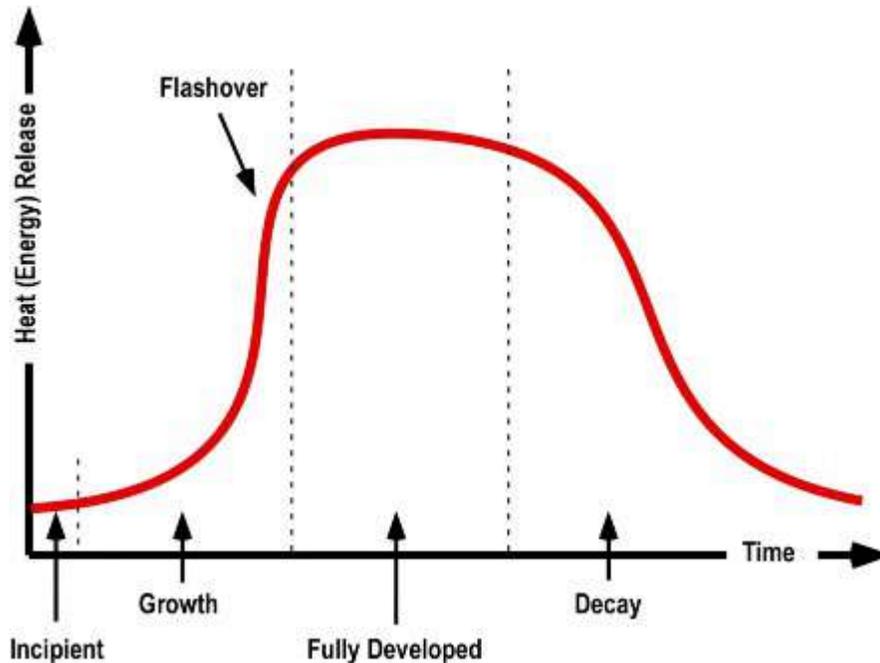


Figura 2. Desarrollo del fuego en un compartimento Desarrollo del fuego en un compartimento

Etapas.jpg

Nota: Esta curva ilustra la tasa de liberación de calor. La forma de esta curva variará considerablemente en función del tipo de combustible implicado y del perfil de ventilación del compartimento. Aunque la temperatura suele seguir a la liberación de calor, es probable que la forma de la curva tiempo/temperatura sea un poco diferente.

La explosión no es una de las "etapas", sino simplemente una transición rápida de la etapa de crecimiento a la de desarrollo completo. No siempre se producirá el flashover (el incendio puede decaer antes de alcanzar el flashover o esta transición puede producirse lentamente). Hay dos factores interrelacionados que tienen una gran influencia en el desarrollo del fuego dentro de un compartimento.

En primer lugar, el combustible debe tener suficiente energía calorífica para desarrollar condiciones de flashover. Por ejemplo, es improbable que la ignición de varias hojas de periódico en una pequeña papelera metálica tenga suficiente energía calorífica para desarrollar condiciones de flameo en una habitación revestida de placas de yeso laminado. Por otro lado, es muy probable que la ignición de un sofá con cojines de espuma de poliuretano colocado en la misma habitación provoque un flameo.

El segundo factor es la ventilación. Un incendio en desarrollo debe tener suficiente oxígeno para alcanzar el flashover. Al modelizar el desarrollo de un incendio en una habitación de hotel, Birk (citado en Grimwood, Hartin, McDonough y Raffel, 2005) determinó que cerrar la puerta impedía que la habitación alcanzara la fase de flashover (siempre que otras aberturas, como las ventanas, permanecieran intactas). Si la

ventilación es insuficiente, el incendio puede entrar en la fase de crecimiento y no alcanzar el pico de liberación de calor de un incendio totalmente desarrollado.

La distinción entre combustible controlado y ventilación controlada es fundamental para comprender el comportamiento de los incendios en compartimentos. Como se ha indicado anteriormente, los incendios en compartimentos suelen estar controlados por el combustible en la fase incipiente y de crecimiento temprano, y de nuevo cuando el fuego decae y se reduce la demanda de oxígeno (véase la figura 3).

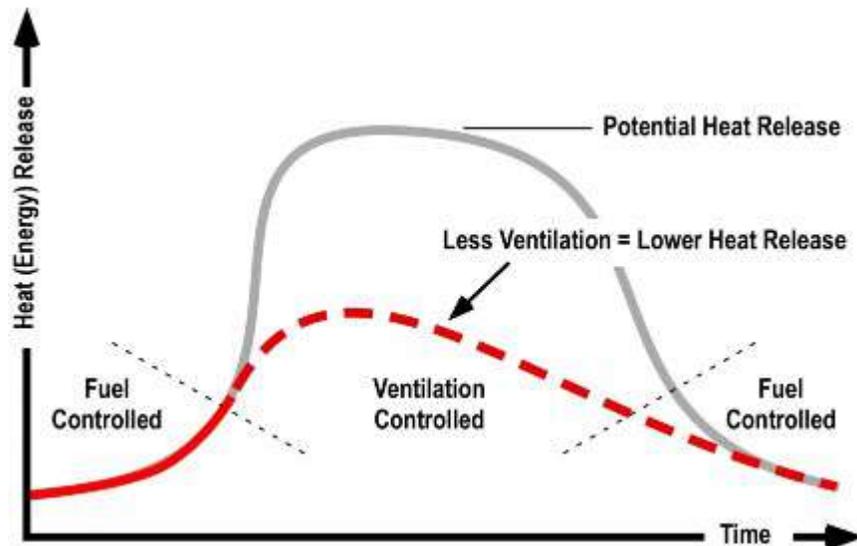


Figura 3. Desarrollo del fuego con ventilación limitada

Mientras el fuego está controlado por el combustible, la tasa de liberación de calor y la velocidad de desarrollo están limitadas por las características del combustible, ya que el aire dentro del compartimento y el perfil de ventilación existente proporcionan suficiente oxígeno para el desarrollo del fuego. Sin embargo, a medida que el fuego crece, la demanda de oxígeno aumenta y, en algún momento (en función del perfil de ventilación), superará la cantidad disponible. En este punto, el incendio pasa a controlarse por ventilación.

Cuando el desarrollo del incendio está limitado por el perfil de ventilación del compartimento, los cambios en la ventilación influirán directamente en el comportamiento del incendio. La reducción de la ventilación (por ejemplo, cerrando una puerta) reducirá la tasa de liberación de calor y ralentizará el desarrollo del incendio. Aumentar la ventilación (por ejemplo, abriendo una puerta o ventana) aumentará la tasa de liberación de calor y acelerará el desarrollo del incendio. Los cambios en el perfil de ventilación pueden estar causados por el fuego (fallo del cristal de una ventana), por los ocupantes (dejar una puerta abierta) o por la acción táctica de los bomberos.

Comportamiento extremo del fuego

El término comportamiento extremo del fuego tiene su origen en la comunidad de lucha contra incendios forestales. El Glosario de Terminología de Incendios Forestales del Grupo Nacional de Coordinación de Incendios Forestales (NWCG, 2006) establece: "Extremo 'implica un nivel de características de comportamiento del fuego que normalmente impide métodos de acción directa de control...'" (p. 68). Este término es igualmente aplicable a los incendios compartimentados. Flashover, backdraft y explosión de humo, aunque diferentes, pueden clasificarse como fenómenos extremos de comportamiento del fuego.

El rápido avance del fuego representa una amenaza significativa para los bomberos durante la extinción de incendios estructurales. Si los bomberos no tienen un alto nivel de conciencia de la situación, este peligro

aumenta. Es difícil adquirir destreza en el reconocimiento de los indicadores del comportamiento del fuego y en el desarrollo de una comprensión de la dinámica del fuego únicamente a partir de la experiencia en el terreno o del estudio en el aula.

Los fenómenos de comportamiento extremo del fuego pueden clasificarse en función de la duración del aumento de la tasa de liberación de calor. Los sucesos escalonados dan lugar a un rápido desarrollo del fuego y a un aumento sostenido de la tasa de liberación de calor. Los fenómenos transitorios dan lugar a un aumento extremadamente rápido, pero generalmente breve, de la tasa de liberación de calor (es decir, deflagración).

Flashover

Es la transición repentina de un incendio en desarrollo a un incendio completamente desarrollado. Este fenómeno implica una rápida transición a un estado de afectación total de la superficie de todo el material combustible del compartimento. Si se produce un flashover, la tasa de liberación de calor en el compartimento así como la temperatura en el compartimento aumentan rápidamente. El flashover puede producirse cuando el fuego se desarrolla en un compartimento o cuando se suministra aire adicional a un fuego controlado por ventilación (que no tiene suficiente combustible en fase gaseosa y/o temperatura para retroceder).

Los indicadores de flashover incluyen un flujo de calor radiante en el suelo de 15-20 kW/m² y una temperatura media de la capa superior de 500o-600o C (932o-1112o F) (Drysdale, 1998). Otros indicadores más observables son la rápida propagación de las llamas y su extensión fuera de las aberturas de los compartimentos. Las ventanas de los compartimentos también pueden fallar debido al rápido aumento de la temperatura en la superficie interior del acristalamiento de la ventana (Gorbett & Hopkins (2007)).

Con una ventilación adecuada, el flashover se produce como parte del desarrollo normal del incendio, tal y como se ilustra en la Figura 2. Si la ventilación es limitada, el fuego puede propagarse a través de las aberturas del compartimento. Si la ventilación es limitada, el incendio puede quedar controlado por la ventilación antes de que se produzca el flashover. Un aumento posterior de la ventilación puede provocar un flashover (como se ilustra en la Figura 4).

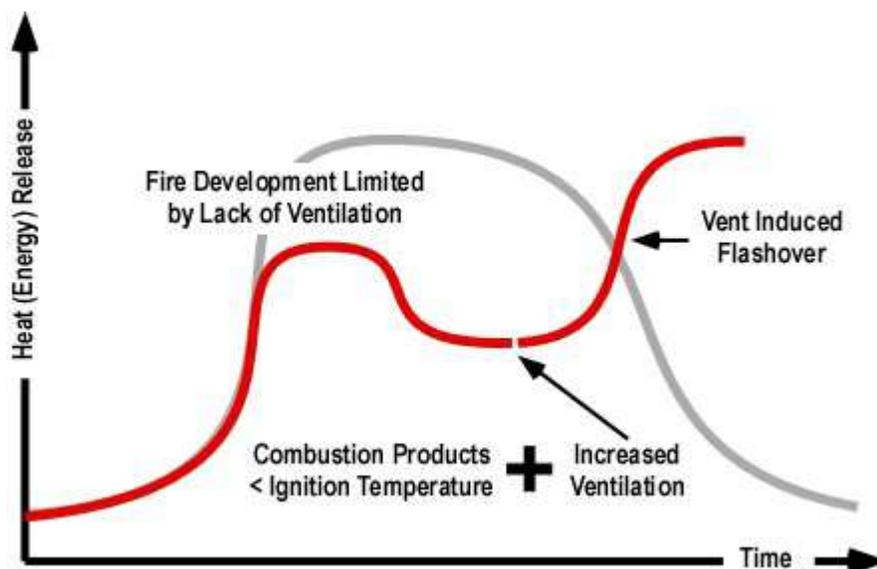


Figura 4. Incendio inducido por ventilación Flashover inducido por ventilación

Flashover inducido por ventilación

El fognazo depende de la tasa de liberación de calor. Si la tasa de liberación de calor es suficiente, la radiación se convertirá en el método de transferencia de calor dominante dentro del compartimento y elevará rápidamente la temperatura de las superficies combustibles hasta su temperatura de autoignición. Cuando la ventilación es adecuada, el suceso iniciador es simplemente la implicación de suficiente combustible para generar la tasa de liberación de calor necesaria. Cuando el fuego arde en un régimen de ventilación controlada, el aumento de la tasa de liberación de calor puede deberse a un aumento de la ventilación.

Contracorriente

Una corriente de retorno implica la deflagración (explosión) o combustión rápida de productos de pirólisis calientes y productos de combustión inflamables al mezclarse con el aire. Para que se produzca una corriente de retorno en un compartimento son necesarias varias condiciones. El incendio debe haber progresado hasta un estado de ventilación controlada con una alta concentración de productos de pirólisis y productos de combustión inflamables. La concentración de oxígeno

en el compartimento sea baja, generalmente hasta el punto de que la combustión con llama sea limitada. Además, debe haber suficiente temperatura para que el combustible se inflame al mezclarse con el aire (Grimwood, Hartin, McDonough y Raffel, 2005; Karlsson y Quintiere, 2000).

Como se ilustra en la Figura 5, la liberación de energía de una corriente de retorno es extremadamente rápida y suele ser transitoria, durando poco tiempo. Por lo general, la corriente de retorno provoca una liberación de energía breve pero bastante importante. Sin embargo, dependiendo del volumen de combustible y del lugar de ignición, este fenómeno puede dar lugar a una liberación prolongada de energía. Por ejemplo, una corriente de retorno que se produjo en un edificio de apartamentos de Nueva York provocó un aumento sustancial de la tasa de liberación de calor durante 5 ½ minutos (Bukowski, 1996).

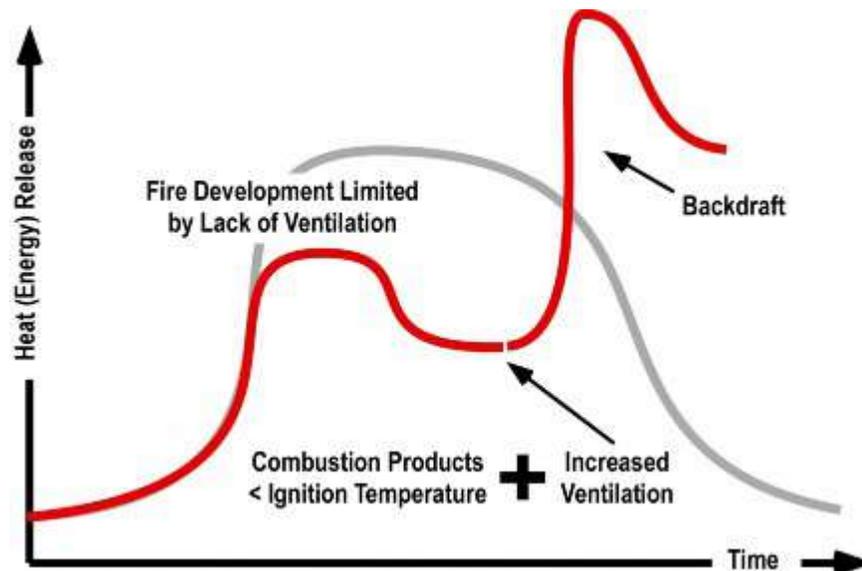


Figura 5 Corriente de retorno

Mientras que el aumento de la tasa de liberación de calor resultante de una corriente de aire de retorno es transitorio, los cambios en el perfil de ventilación como resultado de una sobrepresión (por ejemplo, el fallo

de ventanas u otras aberturas estructurales) hacen que el fuego pase a menudo a un estado completamente desarrollado (Karlsson & Quintiere).

Al igual que un flashover inducido por ventilación, el suceso iniciador de un backdraft es un cambio en el perfil de ventilación que proporciona oxígeno adicional. ¿Cuál es entonces la diferencia entre estos dos sucesos? La principal diferencia es la velocidad a la que aumenta la tasa de liberación de calor (véanse las figuras 4 y 5). La corriente de retorno implica una deflagración, mientras que la descarga inducida por ventilación no. Sin embargo, la distinción entre estos dos fenómenos no está del todo clara, ya que algunos sucesos ocurridos sobre el terreno caen en la "zona gris" ilustrada en la figura 6.

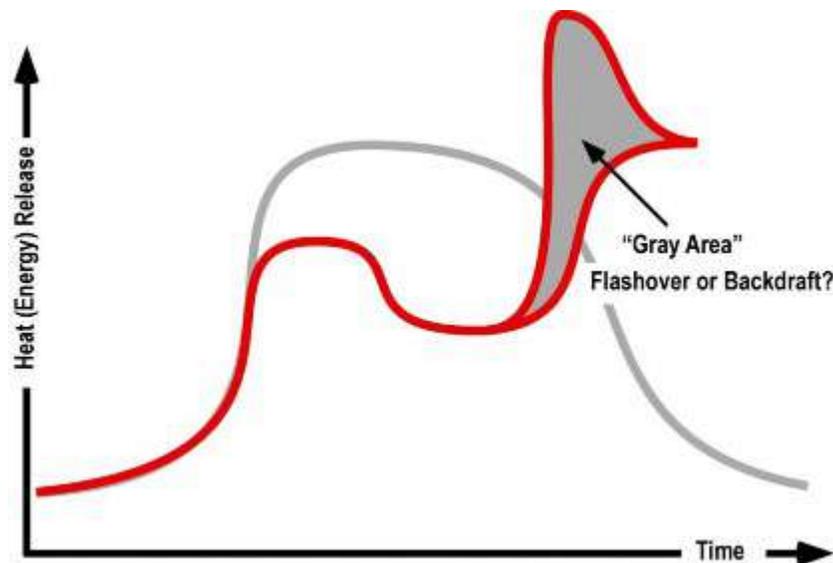


Figura 6. La zona gris La zona gris

Es importante que los bomberos recuerden que aumentar el oxígeno suministrado a un incendio con ventilación controlada provocará un aumento del crecimiento del fuego y de la velocidad de liberación de calor. Esto puede ocurrir de forma relativamente lenta o puede ser explosivo, dependiendo de las condiciones dentro del compartimento.

Explosión de humo

En muchos textos antiguos sobre comportamiento básico del fuego o ventilación se utilizaban indistintamente los términos explosión de humo y corriente de retorno. Sin embargo, la explosión de humo o de gas de incendio y la corriente de retorno son fenómenos bastante diferentes. En ambos casos, el humo es el combustible. Sin embargo, los otros lados del triángulo del fuego son bastante diferentes. Un backdraft requiere una alta concentración de gas/vapor combustible, una baja concentración de aire y una temperatura superior a la temperatura de ignición de los productos inflamables de la combustión y la pirólisis produce. Por otro lado, una explosión de humo requiere una mezcla de combustible (humo) y aire dentro del rango de inflamabilidad, pero estará por debajo de la temperatura de ignición de los productos inflamables de la combustión y la pirólisis produce (véase la figura 7). Si la mezcla de combustible y aire hubiera alcanzado su temperatura de ignición, ya se habría encendido. En muchos aspectos, una explosión de humo es similar a la ignición de propano o gas natural en el interior de una estructura.

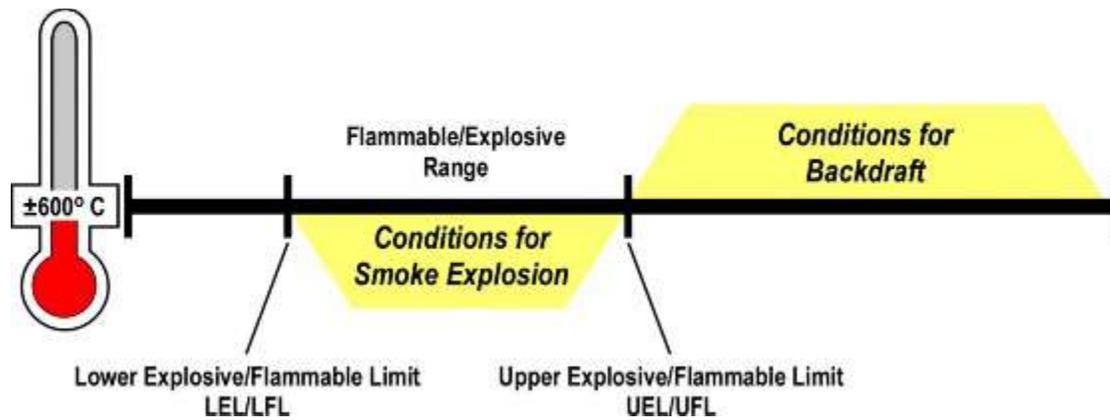


Figura 7. Rango explosivo/inflamable

Si existe una fuente de ignición, la mezcla de combustible y aire se encenderá de forma explosiva. Los factores que influyen en la violencia de una explosión de humo incluyen el grado en que la estructura confina la mezcla de combustible/aire y lo cerca que está la concentración de combustible y aire de una mezcla estequiométrica (ideal para una combustión completa). Cuanto mayor sea el confinamiento y más se aproxime la concentración a la estequiométrica, mayor será la violencia de la explosión.

El humo de un incendio insuficientemente ventilado puede fluir a través de fugas en una estructura y acumularse en espacios ocultos u otros compartimentos dentro del edificio. Recuerde, ¡el humo es combustible! Si hay humo, aunque esté frío y alejado de los compartimentos afectados, puede producirse una explosión de humo. Karlsson y Quintiere (2000) observan que este fenómeno "rara vez se observa en incendios de recintos". Sin embargo, aunque infrecuentes, las condiciones necesarias para una explosión de humo pueden desarrollarse dentro de una estructura y presentar una amenaza significativa para los bomberos.

Variables de los incendios de compartimentos

Las principales variables que influyen en el desarrollo del fuego y en el comportamiento extremo del fuego en un incendio de compartimento son las características y disponibilidad del combustible, el perfil de ventilación y las características y configuración del compartimento (ver Figura 8).

Las características químicas y físicas del combustible y su disponibilidad determinan la energía potencial total disponible (carga de fuego) y la tasa potencial de liberación de calor. Sin embargo, la liberación de energía térmica en una reacción de combustión requiere oxígeno (a menudo del aire). Cuando se produce un incendio en un compartimento, el área y la altura del compartimento, junto con la ventilación, influyen en la velocidad de desarrollo del incendio y en la tasa de liberación de calor necesaria para alcanzar el flashover.

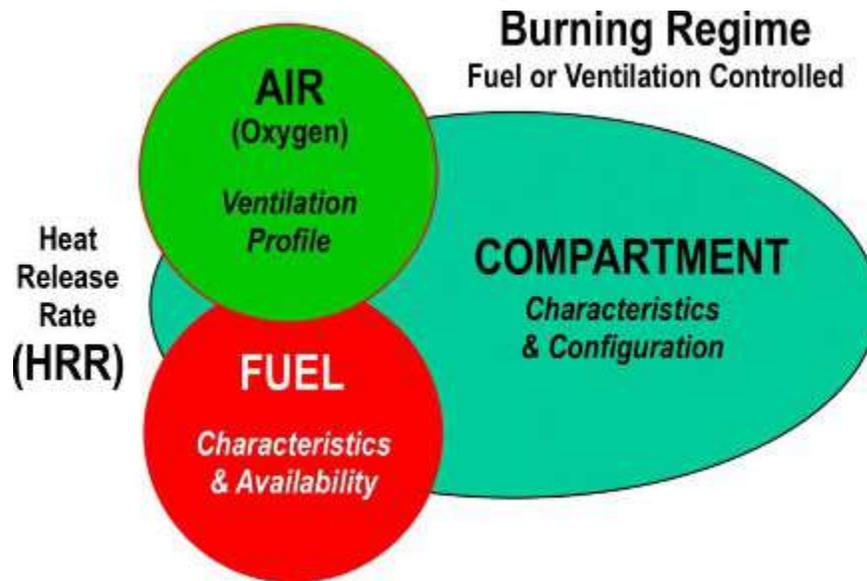


Figura 8. Variables de un incendio en un compartimento Variables del incendio en un compartimento

A medida que se desarrolla un incendio en un compartimento, el perfil de ventilación suele limitar el aire disponible para la combustión, lo que lleva al incendio a un régimen de combustión controlado por ventilación. A medida que un incendio pasa a ser de ventilación controlada, se reduce el porcentaje de productos de pirólisis que se queman en el proceso de combustión y aumenta el porcentaje de productos inflamables de la combustión que se producen. Los componentes inflamables del humo son un factor crítico en el comportamiento extremo del fuego, como el flashover inducido por ventilación, el backdraft y la explosión de humo. Por eso es importante que los bomberos consideren el humo como combustible.

El aumento del suministro de aire a un incendio controlado por ventilación siempre provocará un aumento de la tasa de liberación de calor. Como se ha comentado anteriormente, estos cambios también pueden dar lugar a un comportamiento extremo del fuego, como el flameo inducido por ventilación o la corriente de retorno.

Resumen

La figura 9 ofrece una representación gráfica de los tres tipos de fenómenos de comportamiento extremo del fuego analizados en este documento y de los sucesos que precipitan su aparición. Comprender cómo se producen los fenómenos de comportamiento extremo del fuego es fundamental para que las operaciones de extinción sean seguras y eficaces. Los bomberos deben ser capaces de reconocer la posibilidad de un comportamiento extremo del fuego y la posibilidad de que las condiciones cambiantes y las operaciones tácticas influyan en el comportamiento del fuego. Esta comprensión, junto con la experiencia personal, proporciona una base para la toma de decisiones acertadas y la acción táctica basada en el juicio experimentado.

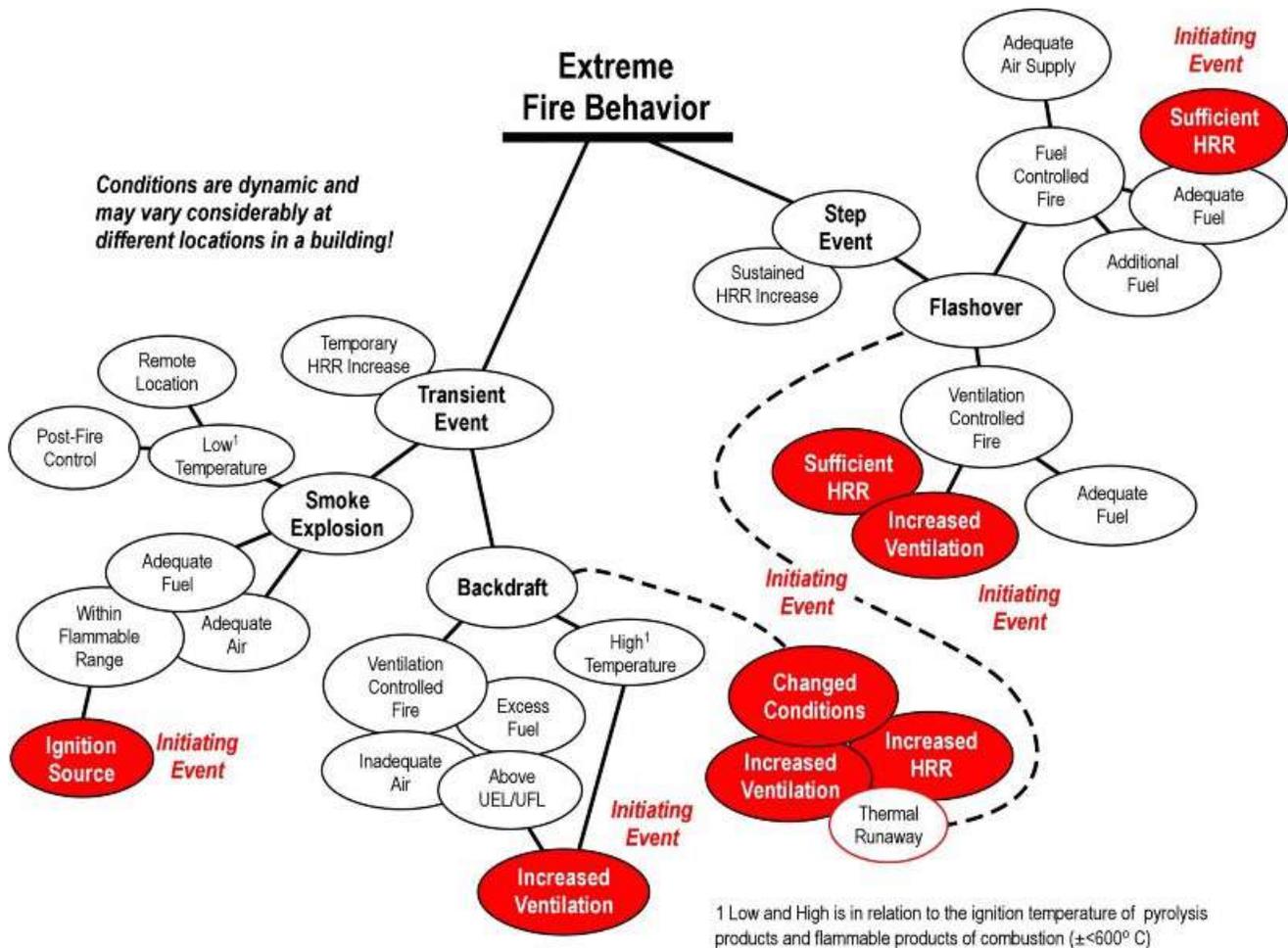


Figura 9. Mapa conceptual del comportamiento extremo del fuego

Referencias

Bukowski, R. y Richard, W. (1996, noviembre). Modeling a backdraft incident: The 62 watts street (NY) fire. *Fire Engineers Journal* (1), 14-17.

Drysdale, D. (1998). *An introduction to fire dynamics*. New York: John Wiley & Sons. Gisborne, H. (1948) Fundamentos del comportamiento del fuego. *Fire Control Notes* 9(1), 13-24.

Gorbet, G & Hopkins, R. (2007) The current knowledge & training regarding backdraft, flashover, and other rapid fire progression phenomena. Ponencia presentada en la reunión anual de la National Fire Protection Association, Boston, MA.

Grimwood, P., Hartin, E., McDonough, J., & Raffel, S. (2005). *3D firefighting: training, techniques, and tactics* (Lucha contra incendios en 3D: formación, técnicas y tácticas). Stillwater, OK: Fire Protection Publications.

Karlsson, B. & Quintiere, J.G. (2000). *Enclosure fire dynamics*. Boca Ratón, FL: CRC Press.

Grupo Nacional de Coordinación de Incendios Forestales (NWCG) (2006). *Glosario de terminología sobre incendios forestales*. Consultado el 16 de marzo de 2008 en <http://www.nwcg.gov/pms/pubs/glossary/pms205.pdf>.

Lecturas adicionales

Hartin, E. (2005). *Extreme Fire Behavior - Backdraft*. Extraído el 16 de marzo de 2008 de www.firehouse.com



Milan Dubravac
Presidente de CTIF



Roman Sykora
Secretario General de CTIF

© 2017 International Association of Fire and Rescue Services

All rights reserved.

Enlaces rápidos

[Mapa del sitio](#)
[Contact](#)

[Twitter](#)



No hay nada que ver aquí. Por ahora.

Quando twittee, sus Tweets se mostrarán aquí.

[Ver en Twitter](#)

Facebook



CTIF Fire & Rescue N...
4.351 seguidores

[Seguir página](#)

[Compartir](#)

Crafted by: zanvidmar.com