

Aberturas de ventilación e incendios

Hay una gran confusión en los servicios de bomberos sobre cuándo hay que crear/usar aberturas para ventilar durante la lucha al incendio. En Bélgica, la ventilación con presión positiva (VPP) generalmente no se inicia hasta que el fuego haya sido apagado. De esta forma la ventilación no afecta al comportamiento del fuego. En otros países, es costumbre empezar a ventilar durante la lucha al fuego o incluso antes del ataque interior. Este método de operación, especialmente antes de hacer el ataque, puede influenciar en el comportamiento del fuego. Este será el caso, incluso cuando la ventilación natural se use. Es importante para el servicio de bomberos darse cuenta que abrir la puerta frontal equivale a una ventilación natural. De hecho, esto significa que la aproximación belga al fuego, (sin VPP) puede afectar al progreso del fuego

1 Influencia en el comportamiento del fuego

Para entender la influencia en el comportamiento del fuego, al crear aberturas de ventilación, uno tiene que entender el comportamiento del fuego en sí mismo. Aquí distinguimos dos tipos diferentes de comportamiento. En un lado tenemos el comportamiento de un incendio "ventilado" y en el otro lado tenemos el comportamiento de un incendio "infraventilado". Para entender estos dos términos, primero vamos a explicar los dos regímenes distintos de combustión: controlado por el combustible y controlado por la ventilación.

1.1 Régimen de combustión

Al comienzo de un incendio solo una pequeña cantidad de material está involucrada en la combustión. Hay aire disponible más que suficiente para alimentar el pequeño fuego. Las características del material (combustible) y su distribución en la habitación determinarán qué sucede. Otros atributos importantes son la propagación de la llama, que es la velocidad a la cual las llamas se propagan sobre la superficie, y la velocidad de liberación de energía, que es la velocidad a la cual el combustible produce energía. En la fase incipiente del fuego, el combustible controla el progreso. Es lo que se conoce como incendio "controlado por el combustible"

Después de un tiempo el fuego crece más. La temperatura aumenta mientras la concentración de oxígeno disminuye. Una capa de humo se ha formado. Un poco después, la capa de humo se inflamará (el rollover). Debido a esto, la radiación de calor hacia el combustible que está por debajo de la capa de humo aumenta significativamente y el flashover ocurre. Para que este escenario ocurra, debe estar disponible suficiente cantidad de aire. Esto significa que al menos una puerta o una ventana necesitan estar abiertas. Otra posibilidad es que una ventana (p.ej. con un solo cristal) se rompa durante el desarrollo del incendio.

Después del flashover, toda la habitación está en llamas. El fuego arrastra dentro de él oxígeno a través de cualquier abertura que esté disponible. Típicamente el fuego está saliendo del edificio. Esto es porque el suministro de aire que viene a través de las aberturas es insuficiente para el fuego, y debido a que no hay suficiente oxígeno disponible dentro, una parte del humo está ardiendo en el exterior. Fuera de la

habitación, hay suficiente oxígeno. La intensidad del fuego ya no está determinada por la cantidad de combustible. Es la ventilación (oxígeno) la que determina qué sucede. Por cada kilogramo de oxígeno que entra en el compartimento, sobre 13 Megajulios (MJ) de energía pueden ser liberados. Prácticamente hablando, 3MJ de energía puede ser liberado por cada metro cúbico de aire. Cuando el aire fluye a 1m/s a través de una puerta de 2 m² de superficie, puede alimentar un fuego de 6MW. Desde que ahora la ventilación determina lo que sucede, el fuego está "controlado por la ventilación"

1.2 Dos tipos de comportamiento del fuego

1.2.1 Comportamiento del fuego ventilado

El comportamiento del incendio ventilado está compuesto por 5 etapas. El fuego comienza en la fase incipiente y pasa a la fase de crecimiento. En ambas fases, el incendio está controlado por el combustible. Luego sucede el flashover. En esta etapa está la transición del régimen controlado por el combustible al régimen de controlado por la ventilación. La cuarta etapa es de totalmente desarrollado y durante esta etapa el incendio está controlado por la ventilación. Cuando el combustible se acaba, la potencia del incendio disminuirá y la necesidad de oxígeno caerá también. En cierto punto el incendio volverá a una fase de controlado por el combustible.

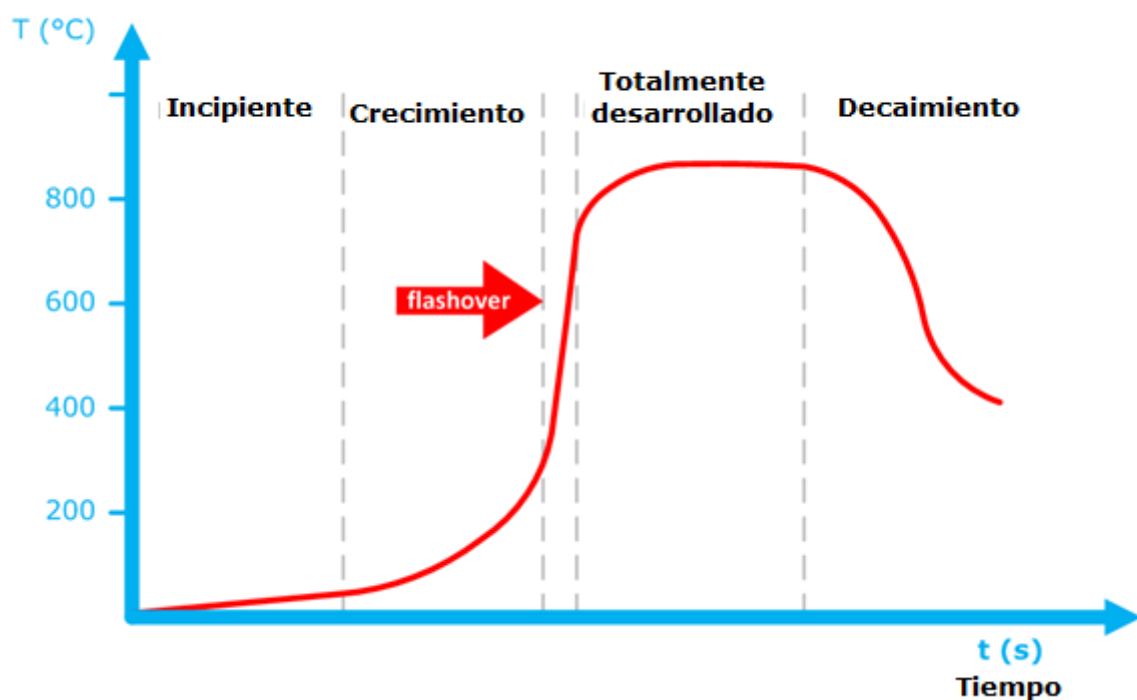


Figura 1 Comportamiento de incendio ventilado (*Graph: Karel Lambert*)

El comportamiento del incendio ventilado empieza controlado por el combustible, pasa a régimen de controlado por la ventilación y posteriormente pasa de nuevo al régimen de controlado por el combustible

1.2.2 Comportamiento del incendio infraventilado

El comportamiento del incendio infraventilado es el mismo que el del ventilado. En la fase incipiente del incendio, el fuego está controlado por el combustible al igual que en la etapa de crecimiento. La diferencia está en la disponibilidad de aberturas de ventilación. Cuando hay poca o ninguna ventilación, la concentración de oxígeno caerá rápidamente. El fuego se convertirá en controlado por la ventilación antes de que ocurra flashover y el fuego permanecerá controlado por la ventilación hasta que el fuego se apague o hasta que haya sido extinguido por el servicio de bomberos.

"Un incendio infraventilado es un fuego que se convierte controlado por la ventilación antes del flashover."

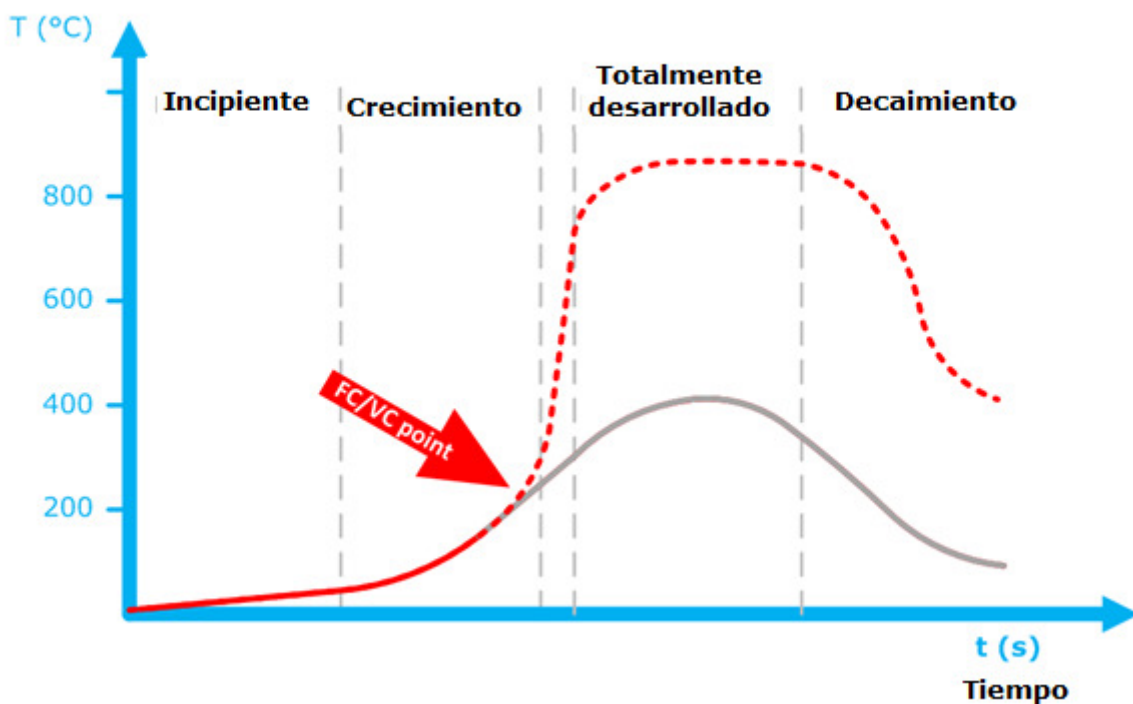


Figura 2 El comportamiento del incendio infraventilado: la línea roja indica la parte que es igual para ambos tipos de comportamiento. La línea roja de puntos indica el comportamiento del incendio natural o ventilado mientras que la línea gris indica el comportamiento infraventilado. (Graph: Karel Lambert)

El incendio infraventilado también empieza controlado por el combustible, pero pasa al régimen de controlado por la ventilación mucho antes. Esto ocurre antes del flashover. El fuego permanece controlado por la ventilación hasta que se extingue o muera.

1.3 Influencia de la ventilación

En los Estados Unidos es costumbre ventilar durante las operaciones de lucha contra incendios. Esto significa que normalmente se hacen aberturas extras. Esto se puede lograr rompiendo ventanas (ventilación horizontal) y creando aberturas en los tejados (ventilación vertical). La mayoría del tiempo se hace la ventilación natural. Esto significa

que no se usan ventiladores de presión positiva. Youtube contiene incontables videos de incendios donde la ventilación hace que la situación se escape de las manos.

En cierto momento, alguien ideó esta táctica. En los Estados Unidos esta táctica fue acreditada por Benjamin Franklin (1706-1790). Este inventor y bombero ideó la táctica para deshacerse de humo durante las operaciones de extinción de incendios. La táctica ha dado muy buenos resultados durante años y años. Esto es porque el comportamiento del fuego era diferente en el pasado. El combustible estaba hecho principalmente por productos naturales mientras que hoy en día el combustible en una casa está compuesto principalmente por derivados del petróleo. Steve Kerver mostró que el tiempo para el flashover había disminuido inmensamente. El tiempo empleado de unos 30 minutos en los años 50, se había reducido a 3 o 4 minutos en los días de hoy. Esto significa que, ahora, los fuegos están controlados por el combustible por un periodo mucho más pequeño que en el pasado.

Aplicar la ventilación a un incendio controlado por el combustible tiene un efecto muy limitado. Después de todo, lo que sucede al incendio está determinado por las características del combustible. Esto explica por qué la ventilación había sido una táctica estándar en los Estados Unidos desde hace mucho tiempo. Hasta finales del siglo XX, esto era una táctica muy buena.

En los edificios modernos, el incendio se vuelve controlado por la ventilación muy rápidamente. Cuando el fuego se ha convertido en controlado por la ventilación antes del flashover, estamos tratando con un incendio infraventilado y este tipo de incendio sucede más y más últimamente. Cuando se crea una abertura en una pared de una habitación cuando un incendio infraventilado está ardiendo, la tasa de liberación de energía del incendio aumentará. Con este tipo de incendio la ventilación determina qué sucede. Haciendo una abertura, se hace disponible una ventilación extra. Hay diferentes fórmulas para calcular la potencia máxima que puede generar un incendio dependiendo del área de superficie y de la altura de las aberturas. Una puerta abierta con una altura de 2 metros y una anchura de 0.9 metros puede hacer que la potencia del incendio en el interior aumente 3 o 4 MW. Rompiendo una ventana de 2 metros de ancho y 1.5 de alto, puede alimentar el incendio de 4.7 a 5.5 MW

Por lo tanto, la ventilación tiene que ser manejada con mucho cuidado cuando tratamos con incendios infraventilados. La tasa de liberación de energía aumentará siempre después de que se haga una abertura. Los bomberos en los Estados Unidos están siendo cada vez más consciente de ello. Entre otras cosas, esto ha llevado a la introducción del "hombre de puerta". Este bombero se asegura que la puerta permanece lo más cerrada posible. Aplicando este principio, la tasa de liberación de energía del incendio se limita.

2 Eficacia de las aberturas de ventilación

Otra cuestión importante es la que aparece con el tamaño de la abertura de ventilación. Mucho se ha escrito sobre esta materia en la literatura de bomberos. En los Estados Unidos una salida de 4 por 4 pies (1.2m por 1.2m) se considera lo normal. Esto es un agujero de 1.44 m². Recientemente se ha sugerido que no son lo suficientemente grandes por lo que una abertura de 4 por 8 pies se está usando más hoy en día, esto es igual a 2.88 m².

En Europa el crear aberturas en el tejado no es una práctica común. Normalmente mantenemos las aberturas o rompemos ventanas. En tales casos, el tamaño de la salida está dictada la mayoría del tiempo por el tamaño de las ventanas disponibles. Abrir ventanas es preferible a romperlas ya que, una ventana abierta que lleva a un flujo de ventilación no deseado, puede ser cerrada otra vez. Este no es el caso de las ventanas rotas.

Manteniendo la entrada y la salida en una proporción específica la una con la otra, la ventilación puede ser realizada de la forma más eficiente. Esto significa que a través de una abertura se puede obtener el mayor flujo posible

Para determinar esta proporción ideal, hay que hacer una distinción entre la ventilación natural y con presión positiva. Los siguientes párrafos se refieren a situaciones donde una abertura se usa completamente como entrada y otra completamente como salida. Esto normalmente es el caso de la ventilación vertical. En la práctica, la ventilación horizontal es más compleja. Muchas veces, las aberturas se usan en dos direcciones. Cada abertura tiene un doble flujo a través de ellas. Es imposible simplificar este fenómeno particular, por lo tanto vamos a mantener las cosas simples en las secciones siguientes

2.1 Ventilación natural

La ventilación básicamente implica el transporte de una masa de humo de dentro hacia fuera. Debido a que no es posible crear un vacío, esta masa de humo será remplazada por una masa igual de aire. En el caso de la ventilación natural, el humo saldrá del edificio por flotabilidad. Esta fuerza ascendente es el resultado de la diferencia de densidad (temperatura) entre el aire y el humo. Para que la ventilación funcione propiamente, suficiente aire tiene que fluir dentro del edificio. Los estudios han mostrado que la efectividad del 90% se consigue cuando la entrada es el doble del tamaño que la salida, para cualquier salida. Esto se redujo adicionalmente a 80% de eficacia cuando la entrada es del mismo tamaño que la salida (ver figura 3)

Un ejemplo numérico quizás aclare las cosas un poco más. Supongamos que una habitación tiene que ser ventilada, y tiene una puerta de (anchura x altura: 1x2 metros) y cuatro ventanas de 1m². Supongamos que el humo tiene una temperatura de 300°C. Si una ventana se abre para servir como salida y la puerta funciona como entrada, el ratio entrada/salida de 2 se ha formado. Esto conduce a una efectividad del 94% (en relación con el flujo máximo teórico) a través de la salida. 2.67 kg de humo por segundo, es ventilado desde el edificio. Si una segunda ventana es abierta, el ratio entrada/salida caerá a 1. La efectividad por cada ventana separada disminuirá un 81%. Sin embargo, la superficie total de todas las salidas es el doble. Esto significa que se logra 1.61 veces la capacidad máxima teórica de una ventana. Que de hecho, es mejor que 0.94 veces la capacidad de una sola ventana. En efecto, 4.81kg de humo salen por segundo. Cuando las cuatro ventanas son abiertas, el ratio entrada/salida cae a 0.5. La efectividad para cada ventana es del 57%. Sin embargo ahora hay cuatro ventanas abiertas. Para este ejemplo resulta en 7.26 kg/s. Cada vez que se abren más ventanas, la efectividad por ventana se reduce más. Si la salida es tres veces el tamaño de la entrada, la apertura de ventanas adicionales se vuelve inútil.

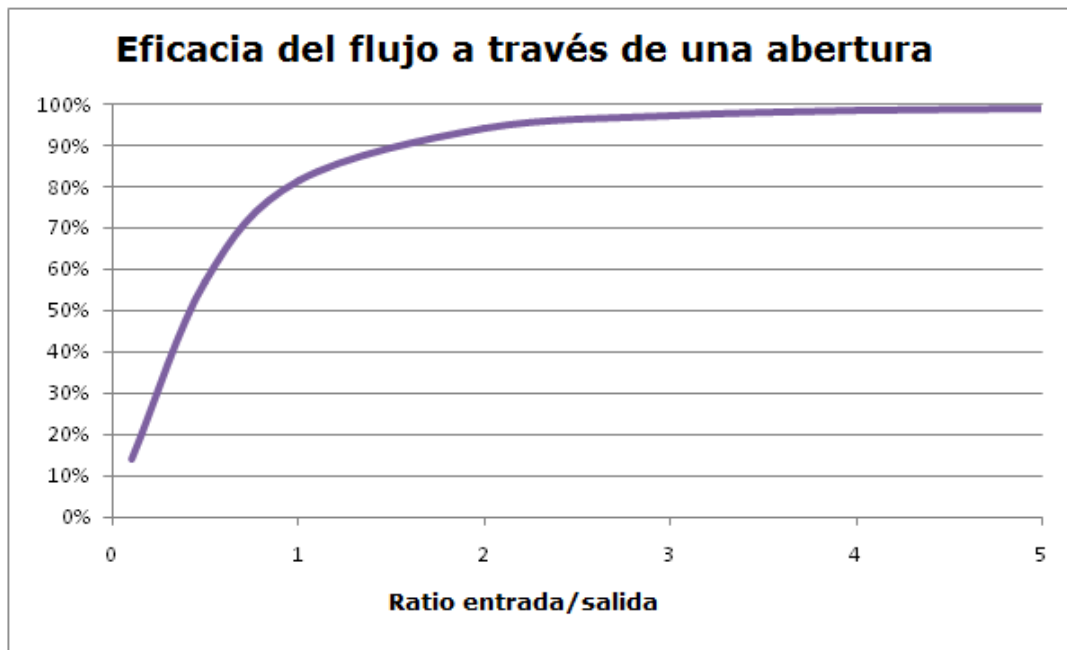


Figura 3 Efectividad del flujo en relación con la proporción entre la entrada y la salida para humo a una temperatura de 300°C. Cuando la entrada es del doble de tamaño que la salida la efectividad es del 94%. Cuando la entrada es del mismo tamaño que la salida, la efectividad se ve reducida al 81%.

Para resumir, se puede declarar que el ratio entrada/salida de 2/1 para una sola ventana se obtiene la efectividad más alta. Abriendo más ventanas conduce a una efectividad más baja por ventana pero un flujo total más alto. Cuando se ha alcanzado una proporción de 1/3 ya no es útil abrir más ventanas. Es importante tener en mente que esto es válido para la ventilación vertical. La puerta está completamente debajo de la capa de humo y las ventanas están por encima del plano neutro. Las ventanas son usadas completamente como salidas.

2.2 Ventilación con presión positiva

Para la ventilación con presión positiva, la proporción entre la entrada y la salida necesita ser diferente para conseguir un flujo óptimo. La proporción es la opuesta a la ventilación natural. En otras palabras,



Figura 4 Posicionamiento de dos ventiladores de presión positiva en formación de V. (Photo: Frank Meurisse)

para un flujo óptimo la salida tiene que ser el doble del tamaño de la entrada. En el ejemplo anterior, esto significa que la efectividad óptima es conseguida cuando las cuatro ventanas están abiertas. Luego el ratio entrada/salida es 1/2. El flujo no es creado por la diferencia de temperatura entre el humo y el aire, sino que es forzado por el ventilador. Una vez más, es posible mejorar el efecto de la ventilación mediante la apertura de más ventanas. Igual que en el caso de la ventilación natural, no tiene sentido intentar conseguir una relación menor que 1/3.

3 Viento

En la sección anterior, examinamos la efectividad del flujo de una sola ventana sin tener en cuenta las condiciones locales. En realidad, esto no es la forma adecuada de hacer las cosas. Antes de hacer cualquier abertura de ventilación, tenemos que comprobar si hay algún viento y en qué dirección está soplando

En el caso de la ventilación natural, el viento tendrá una gran influencia. Es por tanto imperativo el intentar siempre ventilar "con el viento". Esto implica que la entrada debe ser creada en el lado donde le viento está soplando (barlovento). Preferiblemente la salida tiene que ser creada en el lado opuesto (sotavento). Incluso cuando la salida se ha hecho en un tejado inclinado, es mejor seguir esta regla. Cuando es imposible hacerlo, la mayor eficacia posible se intentará con la abertura de ventilación (véase más arriba).

La ventilación con presión positiva significa que la situación es menos dependiente del viento. Ventilar contra el viento puede ser logrado de una forma limitada. En tales situaciones, la salida puede permanecer siendo pequeña. Esto conducirá a una sobrepresión mayor en el interior. Para pequeñas velocidades de viento, esto puede ser suficiente para vencer la presión que ejerce el viento y también quizás sea útil para situaciones en las que no sea posible crear aberturas en el lado de sotavento. Sin embargo es importante darse cuenta que esta opción es muy limitada. Los estudios han mostrado que los ventiladores de VPP que se encuentran típicamente en los camiones de bomberos pueden crear una sobrepresión de 26Pascales. Esto es más o menos lo equivalente a la presión creada por un viento de 20km/h. Ventilar contra la dirección del viento solo funcionará con velocidades muy bajas de viento. Varias fuentes mencionan que no se puede pasar el umbral de 10km/h. Para velocidades de viento inferiores, la ventilación contra el viento es efectiva. Sobre esta velocidad la efectividad cae muy rápidamente.

4 Bibliografía

- [1] Lambert Karel, *New insights into ventilation, De brandweerman, May 2011*
- [2] Hartin Ed, www.cfbt-us.com
- [3] Kerber Steve, *Impact of ventilation on fire behavior in legacy and contemporary residential construction, 2011*
- [4] Kerber Steve, *Analysis of changing residential fire dynamics and its implications on firefighter operational timeframes, Fire Technology, vol. 48, p 865-891, 2012*
- [5] Merci Bart, *Active fire protection II: smoke and heat control, postgraduate studies in fire safety engineering, Universiteit Gent, 2010*
- [6] Svensson Stefan, *Fire Ventilation, Swedish Rescue Services Agency, 2000*

- [7] *Christian Gryspeert, personal communication, 2014*
- [8] *Kerber Steve, Madrzykowski Dan & Stroup David, Evaluating positive pressure ventilation in large structures: high-rise pressure experiments, NISTIR 7412, Gaithersburg, MD, USA: National Institute of Standards and Technology, 2007*

Karel Lambert