

¿Qué es el flujo de gases?

1 Introducción.

El modelo SHAF fue pensado por el australiano Shan Raffel en los comienzos del año 2000. Después de muchos debates con colegas, y bajo la influencia del americano del Ed Hartin, el modelo cambió un poco después a B-SHAF. Este modelo ha sido también llamado "leer el incendio". Es una herramienta para determinar con qué tipo de incendio uno está tratando en la escena. B-SHAF se compone de Building (edificio), Smoke (humo), air track (flujo de gases), Heat (calor) y Flames (llamas). . El objetivo de este artículo es dar más detalles sobre el parámetro: Air track, flujo de gases.

1.1 ¿Por qué fluye el humo?

2.1.1 Flotabilidad o principio de Arquímedes.

La teoría de los flujos es muy complicada. Muchos parámetros físicos están involucrados. Aquí intentaremos describir lo que sucede en un incendio.

Durante un incendio, el foco del fuego juega un papel crucial. El foco del incendio produce humo caliente y este humo es más caliente que el aire del alrededor. Todo el mundo sabe que cuando los objetos se calientan, se expanden. En los sólidos y en los líquidos la expansión es bastante limitada. Por el contrario, para los gases (humo) el aumento de la temperatura causa una expansión masiva. Debido a esta expansión, la densidad del gas disminuye. Esto significa que el peso de un metro cúbico de gas disminuye. El humo a una temperatura de 315°C tiene una densidad igual a la mitad de la densidad del aire a 20°C. Un incremento en la temperatura hará que disminuya aún más la densidad.

Entonces, ¿cuál es la importancia de esta diferencia en la densidad? Para entender esto es necesario hacer un experimento mental. Piensa en una bañera con agua dentro. Coge una pelota de pin pon y manténla apretada hacia abajo en el fondo de la bañera. Ahora libérala. La pelota de ping pon subirá a la superficie del agua. La razón para que la pelota de pin pon suba es la diferencia de densidad. El agua ejerce una fuerza hacia arriba en la pelota de pin pon. Se llama el principio de Arquímedes. La fuerza hacia arriba es directamente proporcional al volumen de la pelota y a la diferencia de densidad entre la pelota y el agua. Viendo que la pelota de pin pon es mucho más ligera que el agua, entonces se eleva.

Debido al hecho de que el humo tiene una menor densidad que el aire del alrededor, el humo se elevará. Mientras que el humo se eleva, el aire se mezcla con este y hace que la temperatura del humo baje. Debido a esta caída de la temperatura, la diferencia de densidad también disminuye y consecuentemente la flotabilidad disminuirá también. Desde el momento en el que el humo se ha enfriado hasta el punto donde la temperatura es igual al aire del ambiente, este se estancará. Uno puede, a veces, observar este fenómeno en una habitación llena de personas que fuman cigarrillos.

La diferencia con la pelota de pin pon es que no se trata de una sola partícula de humo, sino más bien un flujo continuo de humo. Y a diferencia de la bañera, aquí no hay superficie de agua. Aquí los límites del aire están compuestos por el techo. El humo, por lo tanto no será capaz de elevarse indefinidamente. Podemos verlo como si liberáramos docenas de pelotas de pin pon en el fondo de un acuario. Después de un rato, las bolas que llegan al techo empujarán a los lados a aquellas que ya están ahí. Lo mismo ocurre con el flujo de humo. El humo fluirá hacia arriba hasta el techo, y luego se desviará y fluirá horizontalmente a lo largo del techo.

1.1.2 Diferencia en presión.

Otra forma de examinar el flujo de gases es viendo la diferencia de presión entre dos áreas. Un buen ejemplo de esto es una presa. Una presa es construida para conseguir un nivel de agua más alta en un lado y un nivel más bajo en el otro lado. Debido a esto,

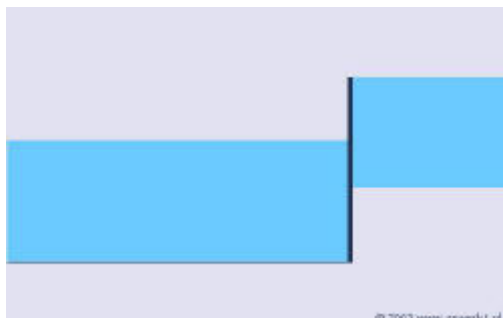


Figura 1 Dibujo esquemático de una presa.

esta presión a un lado es también mayor que en el otro. Debajo de la superficie, un conducto puede ser abierto para permitir que agua fluya desde un lado al otro. El agua siempre fluirá del lado de más presión hacia el área de menor presión. El flujo está tratando de anular la diferencia de presión y continuará hasta que ya no haya diferencia de presión. Cuanto mayor sea la diferencia en la presión, más violento será el flujo.

El mismo fenómeno ocurre cuando tratamos con los gases. El equipo de respiración autónomo (ERA) es un buen ejemplo entre los bomberos. Dentro de una botella del ERA, el aire se mantiene a una presión muchas veces mayor que el aire de alrededor. Cuando el ERA se abre, una salida está disponible para que el exceso de presión pueda escapar. El aire es expulsado fuera. Este procedimiento hace mucho ruido y el aire fluye bastante rápido. Esto es debido a la gran diferencia de presión entre el aire de dentro del ERA y la presión del aire atmosférico. La salida gradual de aire del ERA hará que la presión dentro disminuya. La velocidad del aire saliendo disminuirá y el ruido desaparecerá. Sin embargo el flujo de aire continuará hasta que la presión de aire de ERA se iguale con la presión exterior. Cuando durante un incendio se crea una sobrepresión en un área determinada, un flujo de aire se creará cuando se haga una abertura. La Naturaleza tratará de eliminar la diferencia de presión.

1.2 ¿Qué sucede luego?

Un mayor desarrollo dependerá del tamaño del incendio. Si el incendio crece y expande, la cantidad de energía liberada aumenta. En el caso de la cantidad de humo producido, también se incrementa.

Karlsson&Quintiere describe el desarrollo del incendio en su libro "Enclosure Fire Dynamics". La descripción es bastante sistemática, pero es una aproximación a la realidad. Aquí están descritos los cuatro perfiles diferentes de presión que el incendio exhibe desde un incendio incipiente a hasta una fase totalmente desarrollado. Durante la fase incipiente del incendio se crea una sobrepresión dentro del compartimento por el humo. El humo que se está produciendo se expandirá.

Este proceso está siendo obstaculizado por el aire presente en los alrededores y causa un leve exceso de presión. Si una abertura se crea la presión podrá ser liberada.

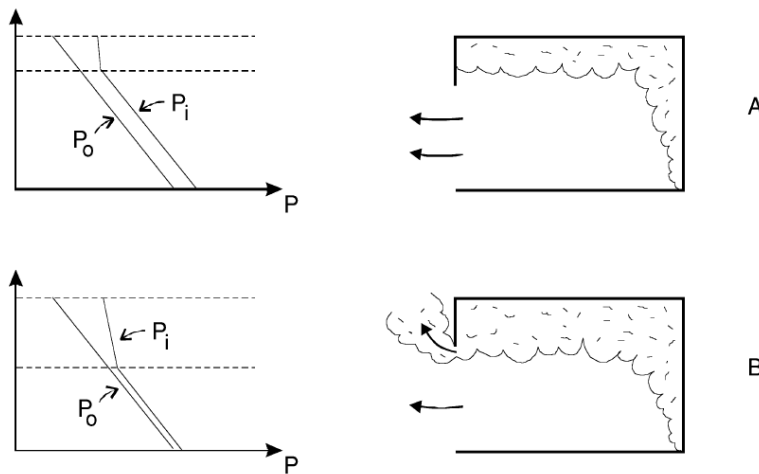


Figura 2 Perfiles de presión A y B. (Graph: Karlsson&Quintiere)

La figura 2 muestra la situación en la fase incipiente de un incendio. El foco del incendio está produciendo humo. El humo se eleva y forma una capa contra el techo.

El fuego crea un leve exceso de presión. Debido a esto parte del aire más frío dentro de la habitación es forzado al exterior. A la izquierda de este dibujo se representa un diagrama del perfil de presión. El eje

horizontal indica la presión. Esto significa que la presión aumenta hacia la derecha. El eje vertical indica altitud. La línea denominada P_o representa la presión del aire del exterior. La presión del aire está compuesta por el peso del aire en la tierra. Cuanto más arriba va uno, el aire es más ligero ya que la presión disminuye. La inclinación de la línea es obviamente exagerada, pero sirve para el propósito de ilustrar el fenómeno más claramente. La presión dentro del compartimento es presentada por la línea denominada P_i . El gráfico muestra que la presión dentro es un poco mayor que en el interior. La línea P_i es localizada más hacia el lado de la derecha. Lo que también se puede ver claro es que la línea discurre paralelamente a la línea P_o . El aire dentro de la habitación más o menos tiene la misma temperatura que el aire de fuera. En este caso la presión también disminuye igual de acuerdo con la altitud. En el momento en el que la línea P_i toca la capa de humo dentro de la habitación, la línea se desvía. La temperatura de la capa de humo es mucho mayor que la temperatura del aire del entorno. La temperatura del humo es por tanto menor lo que significa que el peso del humo es menor que el aire que lo rodea. Si uno fuera a elevarse en tal ambiente, la presión disminuirá más lentamente.

Conforme el fuego crece, varias cosas sucederán. La capa de humo caerá. Esto significa que el momento en el que P_i se desvía, lo hará más abajo. La sobrepresión disminuirá porque el aire es forzado hacia afuera a través de la abertura de la puerta. La línea P_i se deslizará hacia la izquierda y será posicionada más cerca de la línea P_o (que todavía representa la presión del aire exterior). Esta línea permanecerá inmutable durante todo el desarrollo del incendio. En pocas palabras, no porque haya un incendio, hay un cambio en las condiciones atmosféricas.

Posteriormente un segundo perfil de presión es creado en el momento en el que la capa de humo cae por debajo de la altura de la puerta. Este perfil de presión se llama perfil B y dura unos cuantos segundos. En esta etapa tanto el aire frío como el humo caliente están fluyendo a través de la puerta. Esto provoca rápidamente la eliminación de la sobrepresión dentro de la habitación. Es un tipo de fase de transición y es solo necesaria para permitir entender el desarrollo siguiente

1.3 La fase de desarrollo y el incendio totalmente desarrollado.

El fuego ha alcanzado ya la fase de desarrollo y la capa de humo ha caído ya bastante. La temperatura del humo se ha incrementado mucho. El foco del incendio está consumiendo una cantidad sustancial de aire. El aire dentro de la habitación ya no es suficiente para alimentar el fuego y por tanto el aire es arrastrado desde el exterior para alimentar las necesidades del incendio. Se ha creado el perfil de ventilación C

La línea P_i (presión de aire dentro) se mueve más hacia la izquierda. La línea se ha movido tan lejos que la presión del aire a nivel del suelo afuera es ahora mayor que la presión de aire en el interior.

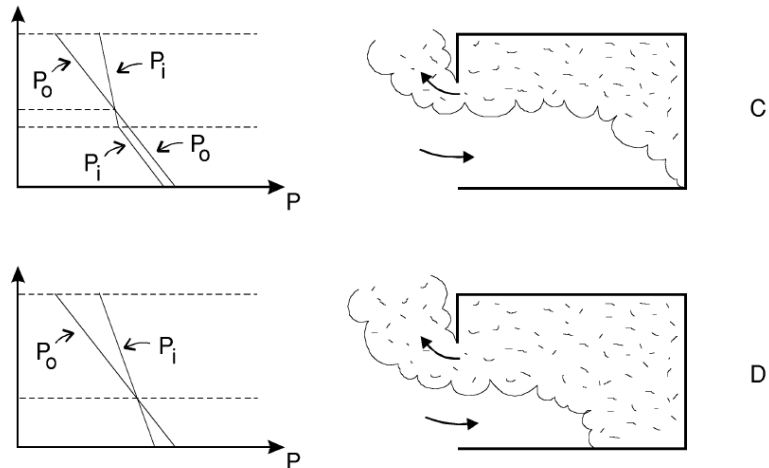


Figura 3 Perfiles de presión C y D (Graph: Karlsson&Quintiere)

Debido a que la capa de humo está bajando cada vez más, la línea se desvía

incluso más pegado al nivel del suelo que en el perfil B. Pueden distinguirse dos zonas separadas claramente ahora. La zona de debajo de la capa de humo en el cual la temperatura es casi igual que la temperatura de afuera. En esta zona ambas líneas discurren paralelas. La presión de aire disminuirá igualmente de acuerdo con la altitud debido a que la densidad es la misma. Debido al hecho que la presión de dentro es menor que la presión de fuera, un flujo de aire desde afuera se está formando. Este es el flujo de aire que alimenta el fuego.

La segunda zona se está formando por la capa de humo. Dentro de la capa de humo la línea P_i se desvía. Esto significa que la diferencia entre la presión de dentro y de la fuera disminuye. En un cierto punto la línea que representa la presión interior (P_i) se cruza con la línea que representa la presión exterior (P_o). En este punto la presión interior iguala a la presión exterior. Esto se conoce como plano neutro. Típicamente el plano neutro se localiza sobre 10 cm encima de la parte de debajo de la capa de humo. Esta distinción es de poca importancia para los bomberos. En la práctica la parte de debajo de la capa de humo sirve como una buena indicación del plano neutro.

Sobre el plano neutro ambas líneas continúan a lo largo de sus respectivos caminos. Esto causa una nueva diferencia en la presión creada entre dentro y fuera. La presión dentro de la habitación es mayor que la presión de fuera. Esta diferencia en la presión incrementa en relación con la altitud. Cuanto más alto sobre el plano neutro, mayor diferencia en la presión. Esto no es el caso de debajo del plano neutro, aquí la diferencia de la presión permanece constante sobre toda la altitud. Sobre el plano neutro se ha creado un flujo de humo. La velocidad a la cual el humo viaja, se incrementa cuando el humo es más caliente y cuando se eleva más alto respecto el plano neutro. Durante el perfil de presión C hay un flujo de aire fresco hacia dentro y un flujo de humo hacia afuera. Este perfil se mantendrá hasta el flashover. El tiempo necesario para que esto

suceda, depende de la carga de combustible y de las características del compartimento. Como se mencionó en los artículos pasados, este periodo de tiempo se ha acortado considerablemente durante las últimas décadas. El marco de tiempo para que suceda el flashover, ahora es de 3 o 4 minutos. La experiencia nos ha mostrado que la propagación del fuego a otros combustibles dentro de la habitación o la falta de oxígeno como resultado de una abertura pequeña, pueden ambos producir un flashover retardado.



Figura 4 Flujo bidireccional del compartimento en llamas. El humo sale por la parte superior de la puerta. El aire fluye hacia dentro por la parte de abajo. (Photo: Nico Speleers)

Después de un flashover ya no hay dos zonas separadas con diferentes temperaturas. El compartimento se considera una sola zona con aproximadamente la mismas temperaturas a lo largo de toda la habitación. Ya no hay una capa de humo definida. La parte de debajo de las aberturas continúan siendo usadas para arrastrar aire fresco pero la capa de humo que había sido claramente distinguible durante la fase de desarrollo, ahora ha llenado el compartimento. Encima de esto, el humo se ha inflamado. La figura 3, D muestra el perfil de presión de esta fase. La presión del aire de fuera P_o continua inmutable. El perfil de presión de dentro ha tomado una nueva forma. Considerando que la temperatura de dentro es aproximadamente la misma a lo largo de toda la habitación, la línea que

representa esta presión ya no tiene un desvío. La temperatura en el interior es mucho mayor que en el exterior. Esto significa que la densidad es mucho más baja que afuera. Esto, de hecho, hace que la presión disminuya menos rápido de acuerdo con la altitud. El punto en el cual las dos líneas de presiones se cruzan indica ahora el plano neutro. En este punto la presión de dentro es igual a la presión de fuera. Debajo de este plano, el aire fluirá hacia dentro mientras que arriba, el humo (y las llamas) fluirán hacia afuera.

2 ¿Práctico?

El párrafo de arriba describe las diferencias de presiones y cómo los flujos de gases se crean. Posteriormente se analizaron los patrones de presión pertenecientes a un incendio de compartimento. Es posible aplicar este conocimiento práctico mientras se lee el incendio. El camino seguido por el humo desde el foco del incendio al exterior se llama trayectoria del humo. Una buena observación de los flujos de gases combinados con el conocimiento en el desarrollo del incendio puede resultar en una gran cantidad de información del fuego por un lado. Sin embargo es importante darse cuenta que todo esto es para pequeños compartimentos, para habitaciones de menos de 70 m². También la altura del incendio no debe sobre pasar los 4 metros.

2.1 Altura de la capa de humo

La altura de la capa de humo nos dice cosas sobre el nivel de desarrollo del incendio. Si la capa de humo está por el techo, probablemente el fuego continúe en una etapa incipiente. Sin embargo no se puede estar 100% seguro de esto tampoco. Puede ser bastante posible que una abertura de ventilación esté presente por algún punto más alto. Esto influirá en cómo se muestra el humo.

Sin embargo si la capa de humo ha alcanzado la profundidad de un metro aproximadamente, el fuego ha alcanzado la fase de desarrollo. Estudios recientes han mostrado que el tiempo necesario para que un incendio ventilado alcance el flashover es aproximadamente de dos a cuatro minutos. Conforme el fuego se desarrolla hacia el punto del flashover, la capa de humo caerá.

Cuando la capa de humo ha caído hasta un metro por encima del nivel del suelo, el fuego habrá conseguido estar muy próximo al punto del flashover. La evolución de la altura de la capa de humo (y del plano neutro que se situaba un poco por encima) es un buen indicador que puede ser usado para evaluar tanto la velocidad a la que el incendio se expande y el riesgo de flashover.

2.2 Velocidad de los flujos

El comienzo de este artículo explica como el flujo es creado debido a la diferencia de temperatura. Cuanto mayor sea la diferencia, más rápido será el flujo. Cuando el humo empieza a fluir muy rápido, las turbulencias se convertirán claramente visibles. Observando la velocidad del flujo es posible evaluar la intensidad del fuego. Un incendio intenso producirá más calor. El calor llevará a una mayor diferencia en temperatura. Luego, esto resultará en un flujo más rápido. Es por tanto posible, el deducir si el incendio está bien desarrollado o no por la velocidad del flujo. También es una indicación de la fase de desarrollo que ha alcanzado el incendio

2.3 ¿Dónde está el incendio?

Los flujos de gases también enseñan algo sobre la localización del incendio. El humo fluirá lejos del fuego. Cuando miramos el humo es posible determinar (quizás con el uso de la cámara térmica) en qué dirección se mueve el humo. Si se siguiera el humo aguas arriba, se alcanzará el foco del incendio.

Aparte de esto, lo contrario puede concluirse: cuando una puerta se abre hacia una habitación y el humo no se mueve, probablemente signifique que la habitación no está (estaba) unida con la habitación del fuego.

Obviamente es también necesario tener en cuenta la posibilidad de que uno no está en la trayectoria del humo antes de abrir la puerta. Después de abrir la puerta un flujo comenzará. Esto ofrece información de la localización del fuego, pero es igualmente importante el darse cuenta que este nuevo flujo creado proporcionará al fuego oxígeno extra.

3 Bibliografía.

- [1] *Enclosure fire dynamics*, Bjorn Karlsson & James Quintiere, 2000
- [2] *Binnenbrandbestrijding*, Koen Desmet & Karel Lambert, 2008 & 2009
- [3] Shan Raffel, www.cfbt-au.com
- [4] Ed Hartin, www.cfbt-us.com

Karel Lambert