

Madrid, Enero 2017

Intervención en Incendios Interiores



GUÍA VISUAL PARA BOMBEROS

*Belén Bello Sánchez | 12042
Grado en Fundamentos de la Arquitectura | UPM
Trabajo Fin de Grado Aula 3*

Intervención en Incendios Interiores

Guía visual para bomberos

Alumna

Belén Bello Sánchez

Expediente 12042

Tutor

Antonio Aznar | DEFE

Aula 3 TFG. Coordinadores

Antonio Juárez

Antonio Aznar

Madrid, Enero de 2018

Escuela Técnica Superior de Arquitectura

Universidad Politécnica de Madrid

“Solo tengo una ambición en este mundo, y es la de ser bombero. Esto, a los ojos de muchos, pudiera parecer modesto, pero los que conocemos este trabajo, creemos que es la más noble tarea. Una antigua máxima dice que “Nada se puede destruir sino es con fuego“.

Nosotros luchamos para preservar la riqueza de nuestra sociedad, que es el producto del hombre, necesaria para la vida de ricos y pobres. Nosotros defendemos del fuego, el arte que ha embellecido nuestro mundo, el producto del talento del hombre que ha permitido el desarrollo de la humanidad.

Pero sobre todo, nuestro más honroso encargo es el de salvar vidas: la tarea del mismo Dios.”

Edward F. Croker. Jefe del Servicio de bomberos de Nueva York (1899-1911)

Resumen

La eficacia en la correcta ejecución y coordinación de las acciones durante las intervenciones en incendios interiores es esencial para aumentar las probabilidades de lograr el objetivo principal: garantizar la seguridad y supervivencia de las personas.

Por lo tanto, el objeto de este Trabajo de Fin de Grado es sistematizar estas técnicas de actuación ante incendios en un documento visual e inmediato que pueda ser empleado a modo de formación y entrenamiento por el Cuerpo de Bomberos de la Comunidad de Madrid.

Para ello, previamente se tejerá un marco de referencia teórico acerca de las variables que afectan al incendio a través del estudio del comportamiento del fuego y la ventilación, así como de las técnicas disponibles de actuación frente al mismo. Las conclusiones valorarán la utilidad y efectividad del presente documento.

Palabras clave: incendios interiores, cuerpo de bomberos, guía visual de actuación, técnicas de ventilación, fuego, extinción.

Contenido

Introducción

pág. 01

01 Objetivos y metodología

pág.03

02 Estado de la cuestión

pág.05

03 Marco teórico de referencia

03.1. Comportamiento del fuego

pág. 07

03.1.1. Triángulo y tetraedro del fuego

pág.07

03.1.2. Fases de un incendio

pág.011

03.1.3. Productos de la combustión

pág.012

03.1.4. Tipos de incendios

pág.016

03.1.5. Formas de transmisión del calor en incendios

pág.020

03.2. Incendios en interior

pág. 021

03.2.1. Desarrollo genérico de un incendio de interior

pág.021

03.2.2. Efectos del incendio sobre el edificio

pág.030

03.2.3. Influencia del recinto en el incendio

pág.030

03.3. Métodos de extinción de incendios

pág. 030

03.3.1. Mecanismos de extinción del fuego

pág.031

03.3.2. Aplicación de agua

pág.034

03.3.3. Control de la ventilación y presurización de recintos

pág.040

04 Intervención en incendios interiores

04.1. *Metodología de actuación*

pág. 045

04.1.1. *Fase 0. Recepción del aviso y
movilización al siniestro*

pág.046

04.1.2. *Fase 1. Evaluación perimetral*

pág.048

04.1.3. *Fase 2. Rescate exterior y control de
riesgos inminentes*

pág.050

04.1.4. *Fase 3. Intervención: rescate interior,
extinción y control de propagación*

pág.051

04.1.5. *Fase 4. Restitución de la normalidad*

pág.053

Guía visual de actuación

Conclusiones finales

pág.055

Bibliografía

pág.057

Introducción

Muchos son los beneficios que ha aportado el fuego a lo largo de la evolución humana. Desde el descubrimiento del mismo hace 1.600.000 años, el conocimiento de la utilidad del fuego y los métodos de obtención del mismo han ido progresando, permitiendo a la especie humana avanzar hasta lo que somos hoy en día.

Sin embargo, la pérdida de su control ha supuesto no sólo grandes pérdidas materiales sino, más importante aún, la pérdida de vidas humanas. Los datos estadísticos del año 2016 en la Comunidad de Madrid señalan que la lucha contra el fuego sigue siendo un asunto preocupante a día de hoy, pues de los heridos en intervenciones llevadas a cabo por el Cuerpo de Bomberos, un veintitrés por ciento de los mismos ocurrieron en incendios de interior (CAM, 2017).

La relevancia de la cuestión ha desembocado en una investigación sobre los manuales de protocolos de intervención en incendios interiores, y se ha detectado en la bibliografía estudiada una serie de carencias: se trata de largos y densos manuales de actuación, difíciles de entender, con esquemas incompletos, y en ocasiones obsoletos. En ningún caso, la información se sintetiza una forma más visual y directa.

“Lo que se oye, se olvida; lo que se ve, se recuerda” decía un proverbio chino. Con él en mente, el afán de colaborar en el avance de la profesión del bombero ha llevado a este Trabajo de Fin de Grado a formarse como una *guía visual de intervención en incendios interiores*. Esta se presenta como un documento colaborativo que ofrece una formación de apoyo para el Cuerpo de Bomberos a modo informativo y de entrenamiento.

En ella, la protección contra incendios se plantea como una materia de conocimiento abordada desde un enfoque multidisciplinar basándose en los conocimientos arquitectónicos y técnicos adquiridos a lo largo del Grado, que serán conjugados en un plan de acción contra incendios que incluya medidas orientadas a salvar vidas, evitar su propagación y reducir al mínimo los daños y pérdidas en caso de que el siniestro ocurra.

El motivo por el que se elige el tema de la lucha contra el fuego es la propia motivación personal y pasión que levanta en mí el poder colaborar con el Cuerpo de Bomberos así como el interés en conocer más sobre esta materia a la que un día me gustaría dedicar mi actividad profesional.

No menos importante, el hecho de que en el Grado en Fundamentos de la Arquitectura, bajo el plan educativo actual (Plan Bolonia 2010) no se incluyan cursos relacionados con el mundo de la emergencia, hace todavía más interesante este objeto de estudio. Resultaba de gran interés aportar así nuevas maneras de entender y de aplicar la profesión del arquitecto como colaborador en el presente trabajo, sin desempeñar ningún tipo de actuación de rescate pero pudiendo ofrecer soluciones más adecuadas y seguras así como utilizar su capacidad adquirida de expresar y sintetizar la información de una forma visual y precisa. Un enfoque profesional del arquitecto menos extendido pero no menos importante.

01 **Objetivos y metodología**

El objetivo principal de esta investigación es condensar el conocimiento de la metodología y técnicas de intervención utilizadas en incendios interiores poniéndolos en común con la experiencia profesional del Cuerpo de Bomberos de la Comunidad de Madrid en un manual visual de actuación.

La finalidad del mismo es mejorar la formación y hacer más efectivos los entrenamientos de un cuerpo de bomberos que “está formado por efectivos con muy diversas formaciones previas a la profesión: desde filólogos a ingenieros o arquitectos” (Arévalo, 2017). Proporcionar un manual, con un lenguaje claro y adaptado a un nivel cotidiano de uso, permitirá tener una mayor claridad mental de los conocimientos. En consecuencia la rapidez y eficacia de las intervenciones podrá incrementarse, factor fundamental para elevar la probabilidad de salvar vidas.

Además, por su lenguaje universal, la guía ofrece la posibilidad de acercar estos conocimientos a otros ámbitos profesionales que podrían valorar la efectividad de unas soluciones frente a otras e incluso proponer, desde un enfoque diferente, nuevas tácticas de intervención que de otra forma quizá nunca se habrían planteado.

Tras la formulación de los objetivos que se pretenden alcanzar con el desarrollo del trabajo, se dedicará la primera parte a realizar una investigación de carácter científico-técnico que permita poner encima de la mesa todas aquellas variables que puedan influir en el desarrollo de un incendio. Estos parámetros que tejen el marco teórico pasan por el comportamiento del fuego, las técnicas de ventilación y de presurización de espacios así como la influencia de

los recintos, materiales de construcción y condiciones exteriores sobre la propagación de incendios.

La segunda parte del trabajo estará centrada en una investigación sobre la sistemática de actuación de los bomberos en estas situaciones: desde que se produce la llamada de emergencia, pasando por la lectura del edificio hasta la determinación y ejecución del plan de acción, tratando de normalizar la secuencia en una serie de pasos lógicos. Para ello se ha llevado a cabo un exhaustivo trabajo de campo, con numerosas visitas a Parques de Bomberos de la Comunidad de Madrid y entrevistas a integrantes del cuerpo como Ángel Sevillano o José Miguel Arévalo.

Interiorizados todos los conocimientos previos, la investigación se culmina con una guía adaptada al lenguaje visual cotidiano de los bomberos que pueda servir a modo de manual de consulta, entrenamiento y formación.

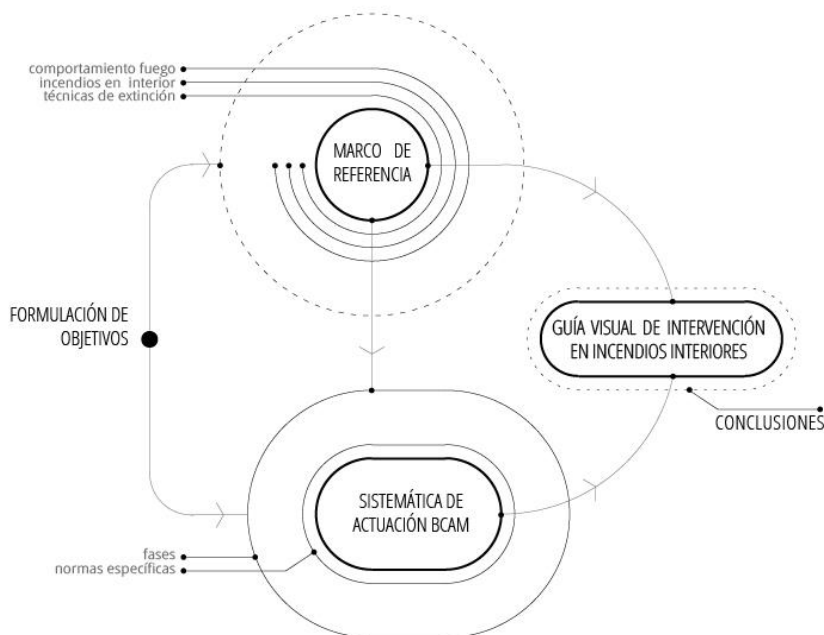


Fig.01. 1. Diagrama de estructura y metodología. Fuente: elaboración propia

02 Estado de la cuestión

A pesar de que los protocolos de intervención de los cuerpos de bomberos están normalizados y reglamentados, resulta difícil encontrar manuales de actuación con ese mismo grado de sistematización, al menos no específicos de la Comunidad de Madrid. De cara a lograr alcanzar los objetivos de una manera más precisa, se ha analizado la bibliografía existente acerca del tema en busca de ejemplos de guías específicas de acción contra el fuego y se han tomado como referencia tres.

El manual completo del zapador bombero escrito por Don José Aparici y Biedma constituye el único documento publicado sobre intervenciones en incendios en Madrid. No obstante, data de 1849. Evidentemente, a pesar de que las intenciones tienen una cierta tendencia a la representación gráfica adaptada a un lenguaje universal como se puede observar en la figura 02.1., los contenidos están completamente obsoletos: tanto en técnicas y herramientas como en conocimientos.

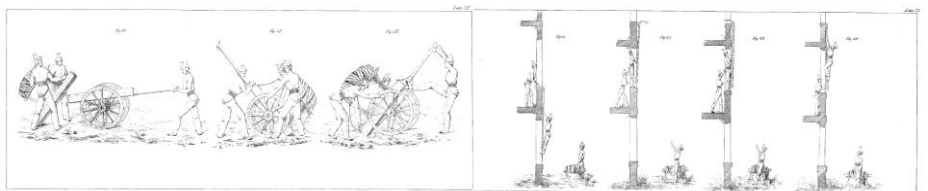


Fig.02.2. Fuente: Aparici y Biedma, J., 1849. *Manual completo del zapador bombero o lecciones teórico-prácticas para la extinción de los incendios*. Madrid: s.n.

Más actualizado es el *Manual de Bomberos* redactado por los Servicios Provinciales de Extinción y Prevención de Incendios (SEPEI) de la Diputación de Albacete en 2003. La densidad del texto y la ausencia de imágenes dificultan la comprensión del contenido.

Además, el nivel de sistematización de los protocolos de actuación es un poco abierto en este documento.

Por su parte, el CEIS de Guadalajara ha realizado la versión más sistematizada y a mi modo de ver, estructurada en *Manual de Incendios*. Esta guía se acerca más a un modo directo de transmisión de la información, a través de esquemas y diagramas que, sin embargo, no dejan de ser muy textuales.

Basado en el análisis de los tres manuales y de las virtudes y carencias detectadas, la propuesta de guía que aquí se presenta debe tener una serie de características consideradas de carácter fundamental: debe estar actualizada a los medios y técnicas disponibles a día de hoy; debe abarcar los contenidos de una forma estructurada y sistematizada; y por último, debe ser visual empleando un lenguaje comprensible y comunicable.

Avanzando un poco más en este tema de la universalidad lenguaje y en la búsqueda de referencias, la intención se centra en encontrar un método de representación que se emplee en el cotidiano, que sea claro, directo y entendible por gente de todos los ámbitos. Al mismo tiempo debe ser preciso, debido a la importancia del mensaje y a la necesidad de seguir al pie de la letra los modos de actuación.

Esto lleva a pensar a las instrucciones de evacuación de los aviones. Su sencillez y claridad hacen que un vistazo rápido sea suficiente para interiorizar las instrucciones, y en caso de emergencia, poder seguir las sin tener que volver a mirar la guía. Esto hace del lenguaje de las guía de seguridad de aviones el mejor ejemplo a seguir pues están adaptadas al entendimiento universal.



Fig.02.2. Fuente: S.E.P.E.I. Diputación de Albacete, 2003. Manual S.E.P.E.I. de bomberos. Cursos de iniciación y reciclaje. Antonio Peinado Moreno ed. s.l.: Libros en la Red.

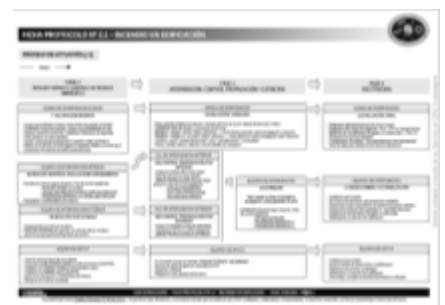


Fig.02.3. Fuente: Manual de incendios. Formación para bomberos CEIS Guadalajara., 2015.



Fig.02.3. Lufthansa safety card. Fuente: <https://www.flysfo.com/museum/aviation-museum-library/collection>

03 Marco teórico

03.1. Comportamiento del fuego

Evitar que se descontrole un fuego y dominar el mismo es de vital importancia para impedir que el incendio se desarrolle y para extinguirlo en caso de que se llegue a producir. Para ello es imprescindible conocer y entender qué es el fuego.

La norma UNE-EN ISO 13943 especifica el fuego como un proceso físico-químico conocido como combustión entre un producto que arde o combustible y otro que provoca la combustión o comburente (normalmente oxígeno), iniciado por una fuente de energía generalmente en forma de calor. Dicha reacción es fuertemente exotérmica (desprende calor) lo que se manifiesta en una emisión lumínica en forma de llamas, calor, gases y humo. (AENOR, 2012)

Los términos fuego e incendio se emplean de forma indistinta. No obstante, parece importante hacer una distinción: mientras que el fuego consiste en una combustión puesta en marcha de manera deliberada y controlada en espacio y tiempo, el incendio supone una combustión que se extiende incontroladamente. (AENOR, 2012)

03.1.1. Triángulo y tetraedro del fuego

Como ya se ha dicho, los incendios requieren tres elementos para producirse: una sustancia inflamable o combustible, una sustancia que favorece la combustión o comburente y una fuente que tenga la suficiente energía para activar el fuego (calor, chispa, llama). La desaparición de uno de los factores hace que el fuego deje de existir.

A menudo estos tres elementos han sido representados en un gráfico en forma de triángulo, el triángulo del fuego, en el que cada uno de sus lados concierne a un elemento. (Figura 03.1)

Un análisis más preciso del fenómeno llevó a algunos teóricos a plantear que era posible la concurrencia de estos tres factores sin que necesariamente se originara el fuego. Era necesario que los productos resultantes de la combustión y el calor generado se reinvirtieran en el desencadenamiento de nuevas reacciones para convertir en incontrolable el proceso de combustión y permitir su propagación en el espacio y en el tiempo.

Esto condujo a la inclusión de una cuarta variable, la reacción en cadena, que genera el tetraedro del fuego (Figura 03.2.). De la misma manera que ocurría en el gráfico anterior, el fuego se extingue al eliminar una de las cuatro variables.

Combustible

Se define como combustible toda aquella sustancia capaz de arder a través de una reacción con un comburente en presencia de una energía de activación. La gran parte de ellos son orgánicos y están compuestos por una mezcla de hidrógeno y oxígeno en distintas magnitudes, entre otros la madera, el carbón, material textil, gasolina e incluso algunos elementos metálicos como aluminio o magnesio y otros no metálicos como azufre o fósforo.

De acuerdo a su estado físico, es posible encontrar combustibles sólidos, líquidos y gaseosos. Es importante puntualizar que la combustión, de forma general, ocurre en fase gaseosa. Esto quiere decir que el combustible como tal no arde, sino los gases liberados por el material al proporcionarle calor.

La peligrosidad de un combustible, o lo que es lo mismo, su grado de inflamabilidad depende varios factores: de su punto de inflamación (*Flash Point*) o mínima temperatura a la que el en

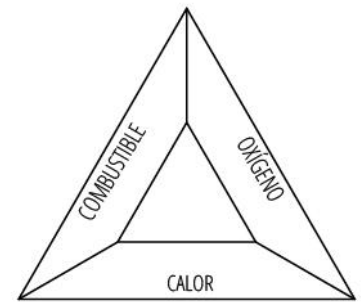


Fig.03.1. Triángulo del fuego. Fuente: elaboración propia a partir de: HITADO ESCUDERO, P. A., 2015. Parte 1. Teoría del fuego. En: Manual de incendios. Formación para bomberos CEIS Guadalajara.

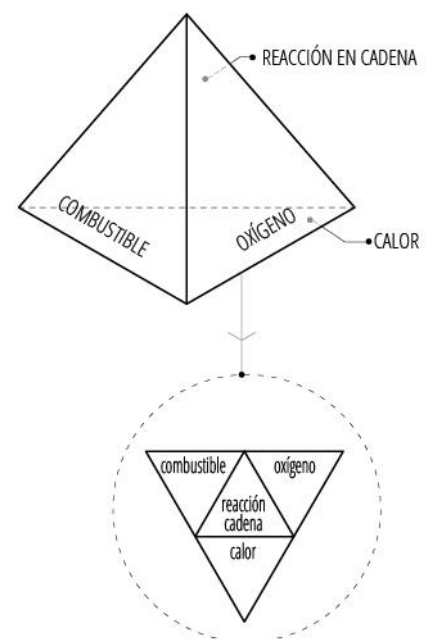


Fig.03.2. Tetraedro del fuego. Fuente: elaboración propia a partir de: HITADO ESCUDERO, P. A., 2015. Parte 1. Teoría del fuego. En: Manual de incendios. Formación para bomberos CEIS Guadalajara.

Combustible	INFLAMACIÓN	AUTO INFLAMACIÓN
Poliamida	420 °C	425 °C
Polietileno	345 °C	490 °C
Aceite	232 °C	343 °C
Madera	225 °C	280 °C
Glicerina	160 °C	370 °C
Gasoil	60 °C	330 °C
Alcohol etílico	18 °C	425 °C
Acetona	-18 °C	540 °C
Gasolina	-39 °C	285 °C
Butano	-60 °C	287 °C
Propano	-104 °C	450 °C
Gas natural	-180 °C	482 °C
Metano	-188 °C	537 °C
Hidrógeno	-259 °C	580 °C

Fig.03.3. Tabla temperaturas de inflamación y autoinflamación.
Fuente: HITADO ESCUDERO, P. A., 2015. Parte 1. Teoría del fuego. En: Manual de incendios. Formación para bomberos CEIS Guadalajara.

contacto con una fuente de ignición, el combustible se inflama; de su punto de ignición o de incendio (*Ignition Point*) o mínima temperatura a la que no sólo se inflama sino que continua ardiendo aunque se retire la fuente de ignición; y de su punto de autoinflamación o temperatura a la que el combustible arde sin necesidad de aporte calorífico. (AENOR, 2012)

Comburente

Se conoce como comburente aquellas sustancias capaces de activar la combustión en el momento en que el combustible se encuentra a la temperatura correcta.

El oxígeno molecular (O_2), encontrado aproximadamente en un 21% en volumen en el aire, es el agente comburente más habitual en incendios pero existen otras sustancias que pueden activar la combustión como el ozono, el ácido nítrico y sulfúrico, el nitrato sódico, entre otros.

No obstante, el hecho de tener combustible en presencia de oxígeno no garantiza que vaya a producirse un incendio. Además de una mínima energía de activación, se requiere una proporción adecuada de gases combustibles en relación a la cantidad de oxígeno.

Se conoce como límite superior de inflamabilidad (*LSI*) a la máxima concentración de gas combustible en el aire capaz de iniciar la combustión. Por encima de él, el fuego no se propaga por falta de comburente. Límite inferior de inflamabilidad (*LII*) es la mínima concentración de gases combustibles mezclados en el aire capaz de entrar en combustión. Situado entre ambos límites encontramos lo que se conoce como rango de inflamabilidad o explosividad donde pueden ocurrir incendios o explosiones. A mayor amplitud de ese rango, más peligroso se considera el combustible. (Hitado Escudero, 2015)

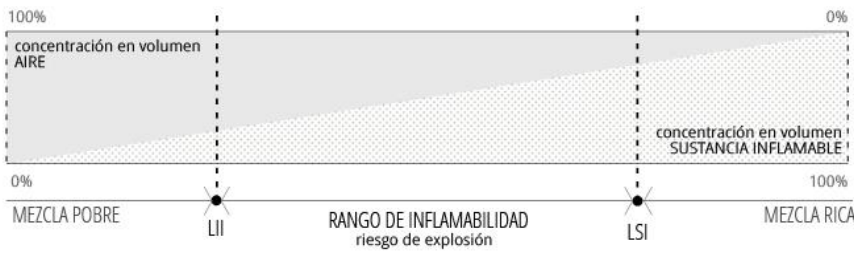


Fig.03. 4. Inflamabilidad. Fuente: elaboración propia a partir de: LAGUNA, P., 2016. Teoría del fuego. Bomberos de la Comunidad de Madrid. Madrid.

Es importante tener en cuenta que al incrementar la temperatura o presión de la mezcla de gases el rango de inflamabilidad se ensancha, disminuyendo el límite inferior y aumentando el superior, y por tanto, acrecentando el riesgo de incendio.

Además una mezcla de gases que se sitúa por encima del límite superior está en riesgo de introducirse en zona de peligro si por algún motivo aumenta el aporte de aire, y por tanto, de oxígeno. Esta situación es lo que genera, como veremos más adelante, el fenómeno del Flashover.

Energía de activación

Representa la energía calorífica en intensidad y magnitud mínima necesaria para que el combustible supere su punto de ignición y se produzca la combustión. La energía aportada por los focos de ignición puede producirse de diversas maneras: naturales como rayos, volcanes, el sol; origen químico provocada por el calor que desprende cualquier reacción exotérmica; mecánico por chispas generadas por roces o choques entre metales; origen eléctrico generada por sobrecargas eléctricas; origen térmico o directo; u origen biológico por fermentación. De todas estas formas el aporte energético más común se da a través de llamas, chispas, contacto con superficies calientes o brasas.

Reacciones en cadena

Como se ha dicho anteriormente, la combustión es una reacción exotérmica. Bajo unas circunstancias específicas, la propia energía que se desprende en la misma en forma de calor es suficiente para generar un complejo de reacciones encadenadas que mantienen el proceso de combustión a lo largo del tiempo.

03.1.2. Fases de un incendio

En la evolución de los incendios, es importante distinguir cuatro fases: inicio, desarrollo, propagación y extinción. A modo de resumen, para que un incendio comience deben actuar combustibles, un comburente y una energía de activación, lo que generará una liberación de calor suficiente para mantener el incendio activo a través de la reacción en cadena. El oxígeno existente es el que permite la combustión en la fase de desarrollo. El aumento de temperatura en esta etapa hace que la combustión se extienda a otros elementos no involucrados en la fase inicial, haciendo que esta suba exponencialmente. Eso genera la disminución de la concentración de oxígeno y el aumento de monóxido de carbono y otros gases tóxicos. Esta es la fase más peligrosa de todo el proceso: la sobrepresión que provocan los gases puede provocar la rotura de cristales y la entrada masiva de aire y de oxígeno, que mantendrá la combustión aún más activa. La máxima transmisión de calor se da en la fase de propagación, tanto por convección como por radiación. El incendio se apaga de manera natural por agotamiento de combustible, pero se hace referencia a la fase de extinción cuando el incendio finaliza por la acción del hombre. En este caso, existen una serie de pautas que serán analizadas en este Trabajo de Fin de Grado y serán recogidas en la guía conclusiva.

03.1.3. *Productos de la combustión*

Bien conocido es el principio de la ciencia que afirma que “la materia no se crea ni se destruye, tan sólo se transforma”. Lo mismo ocurre cuando se produce una combustión: ninguno de los elementos iniciales se destruye, sino que cambian sus propiedades provocando la emisión de humo, llamas, calor y gases.

Humo

El humo está compuesto por vapor condensado, gases de la combustión y fundamentalmente partículas en suspensión parcialmente quemadas de distinto tamaño y color, transportadas por las corrientes de convección generadas por las diferencias de temperatura del aire.

Estas partículas impiden el paso de la luz y generan una de las situaciones de mayor riesgo en un incendio: la falta de visibilidad. A este factor hay que sumar el lagrimeo y los efectos irritantes sobre el aparato respiratorio y los ojos, lo que dificulta las labores extinción y evacuación o rescate de personas atrapadas. En determinadas condiciones de calor y oxígeno, el humo además puede llegar a inflamarse o generar una explosión.

Dependiendo de qué elementos sean los que ardan y de la proporción de oxígeno que exista, el humo presentará una coloración determinada. De una forma generalista, es posible aplicar la siguiente regla:

- *Humo blanco.* Combustibles ordinarios. Síntoma de gran cantidad de oxígeno que permite que estos ardan libremente. Fase inicial del incendio.
- *Humo negro.* Combustibles ordinarios. Supone falta de oxígeno. Fase avanzada del incendio.
- *Humos de color.* Indica posibilidad de gases tóxicos.

Llamas

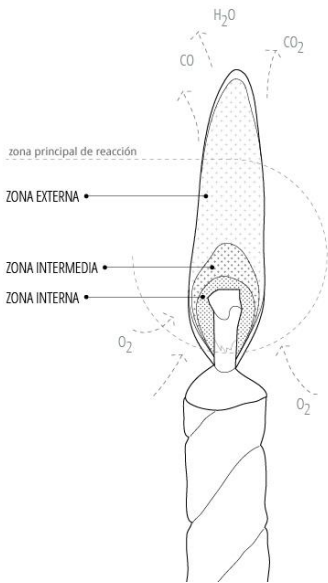


Fig.03.5. Llama. Fuente: elaboración propia

Las llamas son un fenómeno asociado a la combustión y está formada por gases candentes que se exteriorizan como una generación de calor asociada a un fenómeno lumínico. La naturaleza del combustible y la concentración de oxígeno serán lo que determinará la temperatura de las llamas (1800°C a 2200°C), su color así como la intensidad luminosa de las mismas. Cuando la cantidad de oxígeno es alta las llamas se presentan de color amarillo y de color azul si la concentración es baja.

La temperatura de la llama varía en función de la zona de la misma:

- *Zona interna.* Zona fría y oscura.
- *Zona intermedia.* Zona más luminosa y donde la temperatura es máxima.
- *Zona externa.* Zona poco luminosa.

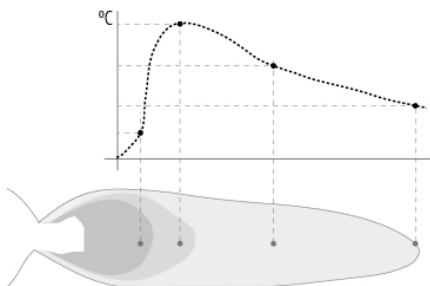


Fig.02.6. Temperatura de la llama. Fuente: elaboración propia

Las llamas se generan en el estado gaseoso de la materia. Por ello, siempre que los combustibles sean gaseosos la combustión se manifestará con llamas. Cuando los combustibles son líquidos y en la mayoría de los sólidos ocurre lo mismo puesto que lo que se quema son los gases inflamables desprendidos por estos. Este proceso por el cual se produce la descomposición química de la materia en gases por elevación de la temperatura es lo que se conoce como el proceso de pirolisis.

En un incendio, las llamas suponen un gran peligro, no sólo por la temperatura que llegan a alcanzar sino también por las respuestas de pánico e histeria en las personas atrapadas. Al igual que ocurría con el humo a menudo empeoran la percepción del espacio provocando deslumbramiento.

Su color también es símbolo del material que está combustionando así como del momento en el proceso de desarrollo del fuego en que nos encontramos:

- *Amarillo.* Combustible sólido ordinario
- *Naranja.* Combustible ordinario, en estado final de combustión.
- *Rojo:* Líquidos inflamables combustibles y derivados de hidrocarburos.
- *Blanco.* Metales
- *Azul.* Alcoholes y gas natural con concentración óptima de oxígeno.
- *Verde.* Nitratos y cobre.

Calor

Como se ha dicho anteriormente, la combustión como reacción exotérmica que es, emite calor. Este calor es producto del rápido movimiento y constante choque de las moléculas que conforman la materia, o lo que es lo mismo, de su energía cinética.

La capacidad de una sustancia de absorber energía en forma de calor es lo que se conoce como calor específico. Así, cuanto mayor sea el valor de esta variable asociada a un cuerpo, mayor será su poder refrigerante (Hitado Escudero, 2015). En la tabla podemos ver por qué el agua será el agente extintor por excelencia (*Figura 02.7.*).

Es importante considerar la dilatación y los cambios de estado, efectos generados por el calor sobre la materia. Sobre el ser humano, el aire caliente genera agotamiento, deshidratación, aumento del ritmo cardíaco, bloqueo de las vías respiratorias y quemaduras, por lo que en nada ayuda a las labores de rescate y extinción.

Sustancia	c [J/(g°C)]
Agua	4,182
Aire seco	1,009
Aluminio	0,896
Bronce	0,385
Cobre	0,385
Concreto	0,92
Hielo (a 0°C)	2,09
Plomo	0,13
Vidrio	0,779
Zinc	0,389

Fig.03.7. Tabla de calor específico.
Fuente: HITADO ESCUDERO, P. A., 2015.
Parte 1. Teoría del fuego. En: Manual de incendios. Formación para bomberos CEIS Guadalajara.

Gases

Cuando se produce la combustión, los materiales combustibles se descomponen y desprenden una serie de gases que van a constituir el principal peligro en las situaciones de incendio. Según los datos estadísticos del Cuerpo de Bomberos de la Comunidad de Madrid, la causa de la mayoría de muertes ocurridas en incendios se sitúa en la inhalación de estos gases tóxicos, y no en las llamas, que además pueden inducir en quien lo respira “incapacidad física, pérdida de coordinación, desorientación o envenenamiento” (CAM, 2017) (Hitado Escudero, 2015).

La toxicidad y la concentración de los mismos variarán en función de la composición química de los combustibles y de la cantidad de oxígeno que intervenga en el incendio así como de las temperaturas que se lleguen a alcanzar. La inflamabilidad del gas es un factor muy importante a tener en cuenta puesto que no solo no ayuda a apagar el incendio, sino que contribuye a avivar y agravar las consecuencias de los mismos.

En la combustión, el dióxido y el monóxido de carbono los gases que se producen en mayor cantidad junto con el vapor de agua aunque pueden generarse otros. La siguiente tabla muestra algunos de los gases más comunes que se concentran en los incendios y sus características (*Figura 02.8.*)

Gas	Fórmula	Combustible	Color	Olor	Inflamabilidad	Efectos	Peligrosidad
Monóxido de carbono	CO	Orgánicos. Combustiones incompletas con baja concentración de O ₂	Incoloro	Inodoro	Si 12-74%	Asfixia Eliminación de oxígeno en sangre	Alto
Dióxido de carbono	CO ₂	Orgánicos. Combustiones completas con alta concentración de O ₂ .	Incoloro	Inodoro	No	Propiedades narcóticas	Desplaza O ₂ , e induce a la respiración de gases tóxicos
Ácido cianhídrico	HCN	Plásticos, nylon, lanas o sedas	Incoloro	Amargo	Si 5-40%	Parálisis respiratoria	Alto
Ácido sulfhídrico	SH ₂	Sustancias con azufre, como cuero o caucho	Incoloro	Huevos podridos	Si 4,5-45%	Asfixia Parálisis respiratoria	Alto
Amoniaco	NH ₃	Sustancias con hidrógeno, como lanas, sedas y algunos plásticos	Incoloro	Penetrante Repugnante	Si 16-25%	Efectos irritantes que producen complicaciones pulmonares y de córnea.	Medio

Fig.03. 8. Gases producto de la combustión. Fuente: elaboración propia.

03.1.4. Tipos de incendios

De acuerdo con la norma UNE-EN 2, existen formas de clasificar los fuegos atendiendo a diversos criterios (AENOR, 1994). Aquí se analizarán aquellas clasificaciones que se consideran de mayor relevancia a la hora de llevar a cabo un plan de acción contra el incendio:

- Según el tipo de combustible
- Según la velocidad de reacción
- Según la propagación de oxígeno
- Según su magnitud

Según la naturaleza del combustible

Es una clasificación de acuerdo al comportamiento de los materiales combustibles.

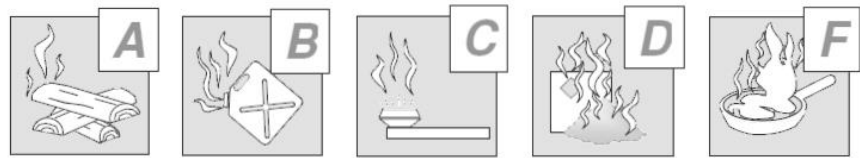


Fig.03. 9. Tipos de fuego en función del combustible.

Fuente: <http://firestation.files.wordpress.com>.

- *Fuegos Clase A.* Aquellos fuegos originados por combustibles sólidos, generalmente de naturaleza orgánica, con un elevado punto de fusión, como la madera, papel, tela, goma, carbón o tejidos. Su combustión se caracteriza por la formación de brasas profundas que incrementan la peligrosidad por la posibilidad de reencenderse una vez las llamas se han apagado.
- *Fuegos Clase B.* Son los fuegos producidos por combustibles líquidos o sólidos licuables, con bajo punto de fusión, como petróleo, gasolina, pintura, ceras o plásticos.
- *Fuegos Clase C.* Son los fuegos cuyos combustibles son sustancias gaseosas, como propano, butano o metano.
- *Fuegos Clase D.* Se consideran los fuegos originados por metales como sodio, magnesio o potasio. *Fuegos Clase D.* Se consideran los fuegos originados por metales como sodio, magnesio o potasio. Son de los más peligrosos.
- *Fuegos Clase F.* Aquellos fuegos derivados de aceites y grasas vegetales o animales. (AENOR, 1994)

Según la velocidad de reacción

La velocidad a la que se produce este proceso de reacción puede ser diferente y es lo que determina distintos tipos de combustión:

- *Combustión lenta u oxidación.* Hablamos del orden de pocos centímetros por segundo. Se produce cuando la aportación de oxígeno es escasa y el combustible es compacto.
- *Combustión viva o normal.* Más centímetros por segundo. Ocurre cuando el combustible recibe una buena aportación de oxígeno, generalmente en lugares al aire libre.
- *Combustión instantánea:* en este caso, el orden se amplía a metros o kilómetros por segundo. Este tipo de combustiones generan una elevada cantidad de calor y una alta emisión de luz. De acuerdo a su velocidad de propagación, pueden ser:
 - *Combustión deflagrante o deflagración.* Una masa de gas a alta presión es súbitamente liberada, generando un frente de llama de elevada temperatura que llega a alcanzar los 1800°C y que avanza en forma de onda de combustión o bola de fuego a velocidad inferior a la del sonido (333m/segundo). Da lugar a quemaduras graves sobre las personas.
 - *Combustión detonante o explosión.* La velocidad de propagación del frente de llama supera a la del sonido (333m/segundo). En este caso, la expansión y combustión de la masa de gas a presión se produce de forma tan violenta que genera una onda de choque con gran poder destructor sobre estructuras próximas, dando lugar a pérdidas de bienes y de vidas. (AENOR, 1994)

Según la propagación de oxígeno

- *Combustión completa.* Cuando la cantidad de oxígeno es suficiente, el combustible reacciona en su totalidad generando únicamente como productos CO₂ y H₂O. Consecuencia de esta reacción aparecerá un humo blanquecino.
- *Combustión incompleta.* La escasez de oxígeno o la presencia de sustancias incomburentes dan lugar a una reacción incompleta en la que se produce CO y H₂O. La presencia del monóxido de carbono, como se ha visto, supone un alto grado de peligro por riesgo de explosión en caso de una entrada súbita de aire en el espacio. En este caso, el humo será negro o muy oscuro. (AENOR, 1994)

Según su magnitud

- *Conato.* Fuego pequeño extingible rápidamente con extintores
- *Incendio parcial.* Incendio que afecta a una parte de un edificio, casa o instalación. Ya no es posible extinguirlo solo con extintores y resulta de vital importancia actuar rápido para evitar que se convierta en un incendio total.
- *Incendio total.* Aquel incendio que abarca la totalidad de una instalación, casa o edificio y que se encuentra fuera de control. Combatirlo resulta muy difícil y la estrategia más empleada por los bomberos es evitar su propagación a edificios circundantes. (AENOR, 1994)

03.1.5. Formas de transmisión de calor en incendios

Dos cuerpos a distinta temperatura siempre tienden a estabilizarse y buscar el equilibrio térmico a través del traspaso de energía o calor de la zona de mayor temperatura a la de menor hasta conseguir igualarse. Esta transferencia de calor, cuya magnitud es la cantidad de calor por unidad de tiempo, será determinante en la ignición. En las combustiones, se conocen tres formas básicas de transmisión del calor: conducción, convección y radiación.

Conducción

Se denomina conducción al traspaso de calor por contacto directo entre dos cuerpos o a la transmisión gradual de calor dentro de un mismo cuerpo. Lo más común es que se dé entre sólidos, aunque en ocasiones ocurre también entre sólidos y líquidos. Ocurre, por ejemplo, cuando colocamos una barra de metal sobre una llama.

Existen una serie de factores que influirán positivamente en la conducción como son el aumento de la superficie de contacto, el incremento de diferencias de temperatura, la disminución del espesor y de la densidad de los materiales.

Convección

La convección es el proceso de transmisión del calor que se debe a las diferencias de densidad que ocurre en los líquidos y gases que cuando se calientan, se expanden y se vuelven menos densos. Por ello, las masas de aire caliente tienden a elevarse, transmitiendo el calor en dirección ascendente. Puede ocurrir que las corrientes de aire transfieran calor por convección en muchas otras direcciones.

La convección es probablemente la forma más habitual de propagación de un fuego ya que la masa de aire caliente, que puede

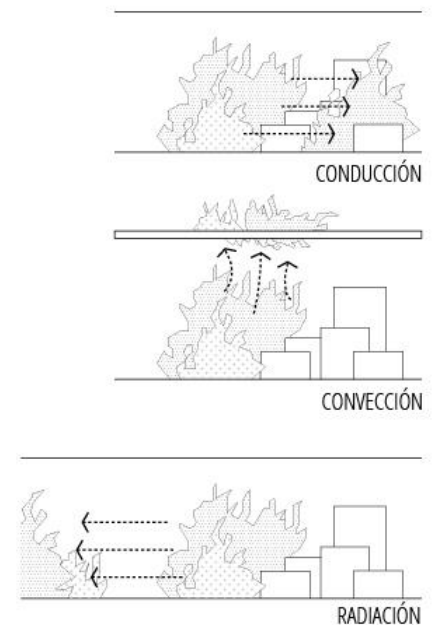


Fig.03.10. Formas de transmisión de calor en incendios.

Fuente: elaboración propia.

contener pequeñas partículas en ignición, deja un vacío ocupado por aire fresco recargado de oxígeno.

Radiación

El tercer mecanismo de transmisión de calor es la radiación. Supone la transmisión de energía o calor de un cuerpo a otro a través del aire en forma de ondas electromagnéticas. Estas viajan en línea recta partiendo del foco candente a la velocidad de la luz (300.000 km/sg) hasta que se encuentran con un cuerpo por el cual son absorbidas, reflejadas o transmitidas. El color de los materiales influirá altamente en su capacidad de absorber, reflejar o transmitir las ondas.

03.2. Incendios en interiores

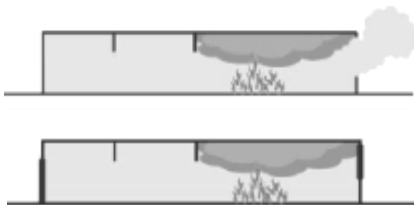


Fig.03.11. Diferencia entre incendio interior (arriba) e incendio confinado (abajo)

Fuente: ARNALICH Castañeda, A. & AYUSO Blas, J. L., 2015. Parte III. Incendios de interior. Ventilación de incendios. En: Manual de incendios. Formación para bomberos CEIS Guadalajara.

Por incendio interior se entiende aquel que se desarrolla en un espacio físico limitado y en el que no se produce un libre intercambio de calor ni de gases con el exterior. Es importante diferenciarlo de los incendios confinados en los que esta transferencia de gases interior-externo es nula. Podríamos decir que un incendio confinado es el que ocurre en el interior de una vivienda en el que todas las ventanas y puertas están cerradas; si los huecos estuvieran abiertos, se trataría de un incendio en interior.

03.2.1. Desarrollo genérico de un incendio de interior

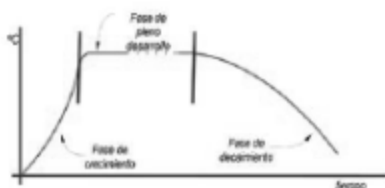


Fig.03.12. Curva evolución temperatura en incendios interiores. Fuente: ídem.

La evolución de un incendio interior puede dividirse en tres fases bien marcadas: crecimiento, pleno desarrollo y decaimiento (Arnalich Castañeda & Ayuso Blas, 2015).

Fase de crecimiento

El incendio comienza por la ignición de un elemento combustible en el interior de un recinto. Situamos ahí el foco de ignición. Se entra así en lo que se conoce como el período latente o incipiente caracterizado por la ausencia de llamas, el cual puede durar desde unos segundos hasta varias horas. Posteriormente, el desarrollo del proceso de combustión y el rápido aumento de la temperatura dará lugar a la formación de llamas y de abundante humo.



Fig.03.13. Esquema general del incendio en fase de crecimiento.
Fuente: *idem*

En esta etapa, la transmisión de calor se da por radiación a los combustibles situados alrededor y por convección en columna encima del foco de ignición a aquellos situados en la franja superior de la habitación. La aportación de calor que reciben estos combustibles es lo que genera el proceso de pirolisis, el cual irá en aumento durante todo este periodo debido al incremento exponencial de la temperatura.

La parte superior del recinto irá acumulando el humo y los gases incandescentes, generándose en esta etapa dos estratos. El estrato superior está formado por los gases de combustión que ascienden debido a la disminución de su densidad. En esta zona, la presión es superior a la exterior. El aire limpio queda retenido en el estrato inferior, donde se registran presiones por debajo de las exteriores. A modo de límite horizontal aparece el plano neutro donde la presión es equivalente a la del exterior.

A partir de este momento, será la proporción de oxígeno lo que condicionará la dirección del incendio en su evolución. Si la cantidad de O_2 es abundante para la combustión el incendio se

ILC	ILV
Entorno relativamente seguro para la progresión interior	Entorno especialmente peligroso con dificultades específicas
Buena visibilidad	Falta visibilidad. Operaciones interiores lentas y costosas
Colchón de aire fresco en zonas bajas	Atmósfera no respirable para víctimas o bomberos sin equipo de respiración
	Atmósfera combustible
Concentración de gases tóxicos relativamente bajas (CO, HCN, etc.)	Temperaturas altas generalizadas
	Concentración alta de gases tóxicos (CO, HCN, etc.)
Combustión completa	Colchón de gases inflamables con abundantes productos incompletos de combustión
Foco fácilmente localizable	Dificultad para localizar foco

Fig.03.14. Diferencia entre ILC e ILV. Fuente: *idem*.

mantendrá en esta fase limitado por la cantidad y distribución del combustible. Es lo que se conoce como incendio limitado por el combustible (*ILC*). (NFPA. National Fire Protection Association, 2017)

En este momento el colchón de gases producidos por la combustión puede alcanzar su punto de inflamabilidad y encaminar el incendio al denominado *flashover* o combustión generalizada de los gases y combustibles en el recinto. Los gases candentes a alta temperatura transmiten calor por radiación a los combustibles presentes en la habitación y hacen que estos alcancen la temperatura de autoignición extendiendo rápidamente el incendio por todo el espacio. (NFPA. National Fire Protection Association, 2017).

Fase de pleno desarrollo

En caso de que la cantidad de O_2 no alcance los valores necesarios para mantener la combustión, el incendio avanza hacia una fase en la que se ve limitado por la ventilación (*ILV*). Este descenso de la concentración de oxígeno puede ser debido a varios factores:

- Flashover o combustión generalizada
- Incendios confinados o con ventilación insuficiente en los que el consumo de O_2 supera el aporte.
- Elevada demanda de oxígeno por combustibles del recinto

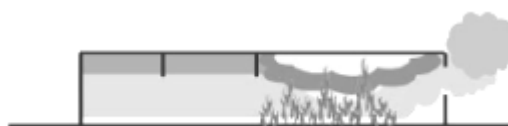


Fig.03.15. Esquema general del incendio en fase de desarrollo. Fuente: *idem*

La transición del ILC al ILV supone un déficit en la concentración de oxígeno que dará lugar a combustiones incompletas y por tanto, incrementará la presencia de gases tóxicos e inflamables como el CO.

Esta etapa puede alargarse en el tiempo y en ella la temperatura interior depende de la capacidad de la potencia del incendio (cantidad de calor generado por unidad de tiempo) de contrarrestar las pérdidas de calor del recinto.

Conviene tener en cuenta para el trabajo de los bomberos la distinta evolución que sufren los incendios ventilados en los que hay cierta visibilidad debido a la diferenciación de los estratos; y los incendios confinados en los que el plano neutro desciende hasta el suelo por la incapacidad de evacuación de los gases y generan una visibilidad nula.

Fase de decaimiento o rescoldo

Bien porque la potencia del incendio no es capaz de contrarrestar las pérdidas de calor o bien debido al descenso del oxígeno por debajo del 15%, entramos en una fase en la que la temperatura disminuye provocando que el incendio decaiga. La disminución del oxígeno genera combustiones incompletas dando lugar a altas concentraciones de humo con partículas en suspensión y gases tóxicos como el CO.



Fig.03.16. Esquema general del incendio en fase de rescoldo. Fuente: *idem*

En este momento en que la habitación se encuentra a una presión inferior a la exterior puede producirse el efecto *contratiro* en el que el humo es aspirado hacia el interior. Esta entrada subida de aire de manera descontrolada puede dar lugar a una de las situaciones más peligrosas para los bomberos: el fenómeno del *backdraft* o explosión de los productos incompletos de la combustión (NFPA. National Fire Protection Association, 2017). Tras esto, el incendio volvería a la fase de producción de llamas. Es lo que se conoce como pulsación del incendio.

Flashover

Como se ha visto el flashover es un fenómeno que supone un incremento repentino y continuo de la velocidad de propagación de un incendio como consecuencia de la súbita combustión de los gases y la inflamación generalizada de los combustibles presentes en el recinto debido a la radiación emitida por el colchón de gases candentes.

Existen una serie de signos que adelantan un potencial flashover:

- Aumento repentino de la temperatura. Antes de entrar, comprobar si la puerta está muy caliente.
- Inexistencia de llamas desde el exterior que indiquen el pleno desarrollo del incendio. El incendio todavía se encuentra en fase de crecimiento
- Humo oscuro y denso saliendo por puertas y ventanas. La presencia añadida de lenguas de fuego o *rollover* indican que el flashover puede ser inminente.
- Existencia de aporte de oxígeno. El incendio está ventilado
- Aumento del espesor de la capa de humo. El plano neutro
- Vapores visibles que ponen de manifiesto pirolisis de las superficies expuestas a radiación.

Las medidas destinadas a evitar este fenómeno que constituye un alto riesgo para los bomberos deben ir encaminadas a reducir el aporte de aire o a reducir la inflamabilidad del colchón de gases tratando de reducir su temperatura o diluyéndolo con vapor de agua. Otra opción es tratar de deshacerse de los gases de combustión a través del barrido por ventilación forzada, teniendo mucho cuidado de no producir turbulencias que mezclen las corrientes de aire fresco con los gases.

Backdraft

Constituye una de las situaciones más peligrosas a las que tienen que enfrentarse los bomberos, debido a la onda de presión que se genera consecuencia de una explosión del humo y gases del incendio por un aporte de aire fresco a un recinto donde hay o haya habido un incendio.

Los síntomas que predicen un backdraft son:

- Encontrarse en fase de decaimiento. Visible a través de pulsaciones: el incendio
- Colchón denso por elevada concentración de gases muy calientes por encima del límite superior de inflamabilidad (debido a la poca presencia de O₂) producto de la combustión incompleta. En el exterior se manifiesta con un color amarillento o anaranjado
- Recinto no ventilado
- Pulsaciones. Las presiones interiores pasan de ser mayores a menores que la exterior en breves espacios de tiempo. La sensación es que el incendio “inhala y exhala”. (Arnalich Castañeda & Ayuso Blas, 2015)

Esta situación altamente indeseable debe ser evitada a toda costa tomando para ello medidas que reduzcan la inflamabilidad de los gases reduciendo la temperatura a través de un ataque directo con agua desde la entrada o limitando el aporte de aire que hará decaer al incendio. Una opción que solamente puede ponerse en práctica en construcciones no tradicionales de forjados es abrir un hueco de ventilación en cubierta que favorece la salida de gases pero impide el paso de corrientes de aire.

03.2.2. Efectos del incendio sobre el edificio

Conocer las lesiones que el fuego genera en un edificio y, sobre todo, conocer la manera de protegerse de ellas es de vital

importancia para los bomberos que deben introducirse en un interior durante una intervención, pues de ello depende su supervivencia.

Las consecuencias de los daños por causa del incendio serán más graves cuando estos ocurran sobre los elementos estructurales como vigas o pilares, en cuyo caso la estabilidad local o total del edificio se verá afectada incrementando el riesgo de desplome.

El calor del fuego genera una serie de movimientos y dilataciones sobre los elementos afectados que dan lugar a empujes sobre los adyacentes y a tensiones internas, cuando la dilatación está limitada. Esto sumado a las sollicitaciones normales de carga puede dar lugar a una situación de colapso estructural.

De manera general, cualquier elemento constructivo longitudinal o superficial aislado será propenso a curvarse de forma convexa hacia la superficie calentada. Sin embargo, en una estructura real en la que los elementos se interconectan, la flexión puede alterarse e incluso invertirse en el caso de los elementos con menor rigidez.

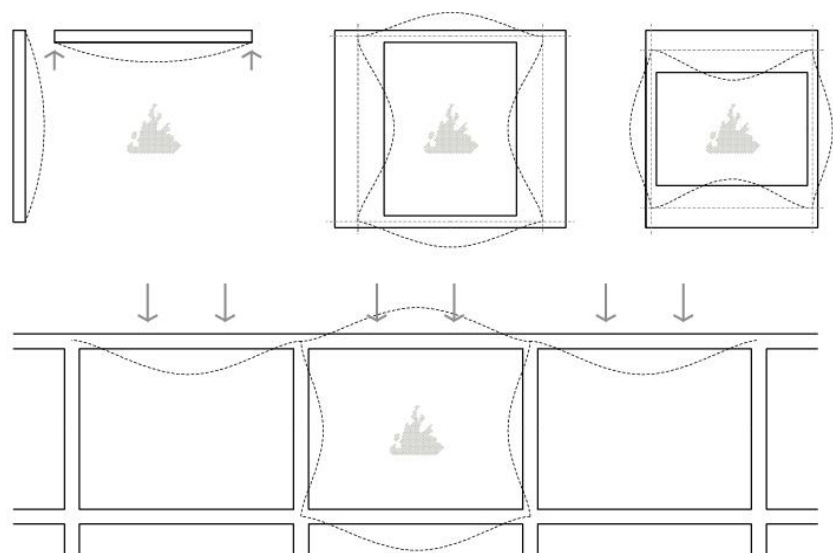


Fig.03.17. Flexión de elementos y entramados estructurales en presencia de una fuente de calor. Fuente: elaboración propia a partir de: S.E.P.E.I. Diputación de Albacete, 2003. Manual S.E.P.E.I. de bomberos. Cursos de iniciación y reciclaje. Antonio Peinado Moreno ed. s.l.:Libros en la Red.

Otra circunstancia importante es el efecto del agua o agentes de extinción sobre los elementos estructurales que se encuentran sometidos a altas temperaturas consecuencia del fuego. El acelerado proceso de enfriamiento generado por el impacto puede dar lugar a una pérdida inmediata de resistencia, razón por la cual no se debe lanzar el agua de forma directa a las estructuras.

Asimismo, las elevadas temperaturas ocasionan un deterioro que afecta a las propiedades de los materiales estructurales, cuya resistencia puede verse considerablemente disminuida. Para predecir posibles derrumbes, parece importante estudiar el comportamiento de los materiales estructurales más habituales a altas temperaturas.

Estructuras en acero

A pesar de su carácter incombustible, este material es muy peligroso al ser sometido al calor del fuego: pierde capacidad resiste y se dilata pudiendo provocar un desplome repentino.

Los elementos de gran sección soportan mejor el fuego que los de sección ligera, razón por la cual cerchas y vigas de celosía a menudo ceden a los pocos minutos.

Estructuras en hormigón armado

De entre los materiales estructurales comúnmente empleados el hormigón es aquel con una mejor resistencia al fuego. Por esta razón es usado a modo de protección de estructuras fabricadas en otros materiales.

Aun siendo incombustible puede verse afectado por los efectos del calor dando lugar a la pérdida de resistencia o a desconchados, si bien no es frecuente el derrumbamiento. El fallo es provocado la diferencia en el grado de dilatación de las capas interiores más frías y de las exteriores más calientes y del comportamiento de los

elementos del hormigón ante el calor: el cemento tiende a contraerse mientras que los áridos se dilatan. Esto genera tensiones diferenciales que provocan fisuras y la disgregación de los elementos del hormigón. Las armaduras de acero, ahora más expuestas al fuego conducen el calor al interior aumentando la diferencia de temperaturas interior-exterior que acelera la rotura del hormigón. Al mismo tiempo estas van perdiendo resistencia hasta alcanzar el fallo.

Estructuras en madera

A diferencia de los materiales previos, la madera es combustible en su estado natural pero su inflamabilidad se reduce con tratamientos ignífugos. Su capacidad resistente dependerá de propiedades como su densidad, porcentaje de humedad o área de la sección.

Bajo la acción prolongada de las llamas, se genera una capa de carbón en la zona exterior que disminuye la sección útil y por tanto, la resistencia de la madera, lo que bajo la acción de la carga de servicio produce la deformación del elemento. (S.E.P.E.I. Diputación de Albacete, 2003)

Estructuras en fábrica de ladrillo

Este material de construcción presenta una considerable resistencia al fuego, soportando temperaturas de hasta 1.100°C durante horas. La pérdida de resistencia que se produce en la cara calentada al elevarse la temperatura, genera una excentricidad en la carga a la que está sometido el elemento. Esto disminuye la capacidad resistente de toda la sección que podría llegar al fallo por cuestiones de inestabilidad.

03.2.3. Influencia del recinto en el incendio

Las características de un espacio influyen notablemente sobre la velocidad de desarrollo de los incendios.






Característica del recinto	Contribución a velocidad de desarrollo	Observaciones
Volumen		A mayor volumen, menor concentración de gases y disminución de la temperatura = <i>menor velocidad de desarrollo</i> .
Grado de ventilación		A mayor aporte de aire, mayor presencia de O ₂ = <i>mayor velocidad de desarrollo</i> .
Nivel de aislamiento térmico		A mayor nivel de aislamiento térmico, menores pérdidas por calor, aumento de temperatura = <i>mayor velocidad de desarrollo</i> .
Grado de compartimentación		A mayor grado de compartimentación, mayor dificultad de propagación = <i>menor velocidad de desarrollo</i> .
Inflamabilidad de estructura		A mayor inflamabilidad de la estructura, mayor propagación = <i>mayor velocidad de desarrollo</i> . Incendios de estructura (madera) Incendios de contenido (ladrillo y hormigón)

Fig.03.18. Influencia de las características del recinto en el desarrollo del incendio.
Fuente: elaboración propia a partir de MARTÍN Gómez, C. & MAMBRILLA Herrero, N., 2009. *La seguridad contra incendios y la arquitectura. Téctica: monografías de arquitectura, tecnología y construcción*. N°41, pp. 4-19.

En los últimos años el aumento de materiales sintéticos y de plásticos en los hogares (materiales con elevada carga calorífica) así como de la cantidad de enseres, las distribuciones de planta libre, el incremento de la superficie y del grado de aislamiento térmico se han traducido en incendios con curvas de desarrollo más rápidas (Arnalich Castañeda & Ayuso Blas, 2015).

03.3. Métodos de extinción de incendios

Las intervenciones en incendios en interiores suponen las acciones destinadas no solamente a la extinción del fuego, sino también

aquellas orientadas a la búsqueda y rescate de víctimas a través de las herramientas, técnicas y tácticas disponibles.

Sin embargo, un incendio es una situación condicionada por factores externos no controlables. Es por ello que la transferencia de los conocimientos de carácter académico sobre el comportamiento del fuego a técnicas de aplicación real es limitada.

03.3.1. Mecanismos de extinción del fuego

Como ya sabemos para que se dé un incendio es necesario que coincidan en espacio y tiempo los cuatro elementos propios del tetraedro del fuego: combustible, comburente, energía de activación y reacción en cadena.

Por consiguiente, parece lógico que si se pretende poner fin a este proceso de combustión se debe tratar de eliminar alguno de estos cuatro componentes, lo que da lugar a los cuatro mecanismos de extinción de incendios.

- *Desalimentación* o eliminación del combustible. Es posible hacerlo de forma directa alejando físicamente el combustible del foco de ignición o de forma indirecta enfriando los combustibles que se encuentran en el área de influencia del incendio con objeto de dificultar la propagación.
- *Sofocación* o eliminación del comburente. Se lleva a cabo impidiendo la ventilación del espacio o cubriendo el combustible para evitar el contacto con oxígeno y utilizando gases inertes o pulverizando agua, que al vaporizarse, desplaza el O₂ del aire.
- *Enfriamiento* o eliminación del calor. Es el método más empleado y suele ir acompañado de ventilación controlada. Se consigue a través del lanzamiento de agua

sobre las superficies calientes, con el objetivo de reducir la temperatura de los combustibles por debajo del punto de ignición. Además del agua, empleada generalmente por ser el agente extintor con mayor capacidad de refrigeración, en ocasiones se utiliza también dióxido de carbono o polvos antibrasas.

- *Inhibición* o rotura de la reacción en cadena. Se busca impedir la reacción de los radicales libres producto de la descomposición del combustible con el oxígeno por medio de la proyección de productos químicos.

Agentes extintores

Se define como agente extintor aquel producto capaz de extinguir un incendio al actuar sobre uno o varios elementos del tetraedro del fuego (S.E.P.E.I. Diputación de Albacete, 2003). Es importante reseñar que este no actúa de manera aislada sobre uno de los cuatro componentes, si bien el efecto sobre uno de ellos es mayor.

- *Agua*. Es el agente más utilizado por ser el más barato y el más efectivo.
- *Espuma*. Compuesta por burbujas de aire y agua, mezclados en un estado turbulento. Se clasifican por su coeficiente de expansión en espumas de baja expansión, espumas de media expansión y espumas de alta expansión (que llegan a multiplicar el su volumen por 1000).
- *Polvo BC, convencional o 'Polvo químico seco'*. Agente extintor sólido cuya base son sales sódicas o potásicas. Es de los más rápidos y eficaces pero tiene una serie de inconvenientes: puede generar problemas de visión o en las vías respiratorias al estar compuesto por partículas sólidas además de causar daños en equipos delicados al

ser muy abrasivo. No es óptimo para fuegos tipo A al no producir enfriamiento.

- *Polvo ABC o polivalente.* Formado por sales amónicas, sus características son parecidas al anterior con el valor añadido de ser aceptable para extinguir fuegos tipo A o de combustible sólido.
- *Polvos especiales.* Empleados en los fuegos tipo D.
- *Dióxido de carbono o CO₂.* Es aplicable en fuegos con presencia de tensión eléctrica. A pesar de no ser tóxico, al ser más pesado que el aire puede provocar asfixia debido al desplazamiento del oxígeno. Pierde efectividad al emplearlo al aire libre.

En la tabla (Figura 01.2.) se muestran los métodos de extinción para los que se emplean cada agente extintor, así como las formas de aplicación.

Agente extintor	Métodos de extinción	Medios de aplicación
AGUA	Enfriamiento Sofocación	Extintores portátiles, bocas de incendios, motobombas
ESPUMA	Sofocación Enfriamiento	Extintores portátiles, bocas de incendios, motobombas + dosificadores (mezcla aire espumógeno) + lanzas (mezcla espumante + aire)
POLVO BC	Inhibición Sofocación (cubre el combustible)	Extintores portátiles, sistemas fijos de disparo automático
POLVO ABC	Inhibición Sofocación	Extintores portátiles, sistemas fijos de disparo automático
CO₂	Sofocación Enfriamiento	Extintores portátiles (con boquilla cónica), sistemas fijos, sistemas automáticos

Fig. 03.19. Métodos de extinción y medios de aplicación de agentes extintores. Fuente: elaboración propia.

AGENTE EXTINTOR	CLASE DE FUEGO			
	A Sólidos	B Líquidos	C Gases	D Metales
Agua pulverizada	xxx(2)	x	-	-
Agua a chorro	xx(2)	-	-	-
Polvo BC convencional	-	xxx	xx	-
Polvo ABC polivalente	xx	xx	xx	-
Polvo específico metales	-	-	-	xx
Espuma física	xx(2)	xx	-	-
Anhidrido carbónico(CO2)	x(1)	x	-	-
Hidrocarburos halogenados	x(1)	xx	-	-

xxx= Muy adecuado xx= Adecuado x=Aceptable

Notas:

(1) En fuegos poco profundos (profundidad inferior a 6 mm) puede asignarse XX.

(2) En presencia de tensión eléctrica no son aceptables como agentes extintores el agua a chorro ni la espuma. El resto de los agentes extintores podrán utilizarse en aquellos extintores que superen el ensayo dieléctrico normalizado en UNE 23.110.

Fig.03.20. Limitaciones de agentes extintores. Fuente: S.E.P.E.I. Diputación de Albacete, 2003. Manual S.E.P.E.I. de bomberos. Cursos de iniciación y reciclaje. Antonio Peinado Moreno ed. s.l.:Libros en la Red.

03.3.2. Aplicación de agua

Como la mayoría de los agentes extintores, el agua actúa de forma simultánea sobre varios de los componentes del tetraedro del fuego. Reduce el combustible al vaporizarse y desplazar los gases inflamables, disminuye la temperatura del incendio absorbiendo calor para la vaporización y por enfriamiento directo y limita la cantidad de oxígeno que llega al fuego.

Para que su empleo sea efectivo, la aplicación de agua debe ser la precisa tanto en cantidad tratando de mantener al mínimo la vaporización pero siendo suficiente como para extinguir el incendio como en el tamaño de la gota. Puede ocurrir que esta sea demasiado pequeña y por tanto, ineficaz porque la evaporación ocurrirá antes de penetrar en la capa de gases; o demasiado grande y que gran parte de ella no alcance el estado gaseoso y caiga al suelo.

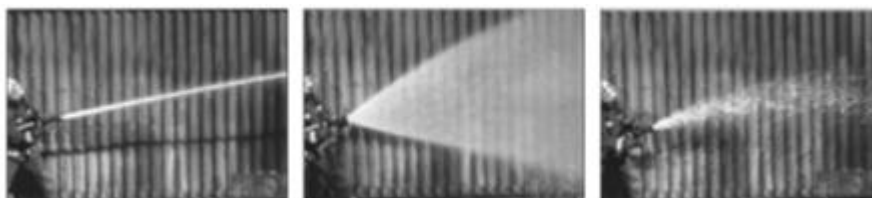


Fig.03.21. Secuencia comparativa del tamaño de gota por una lanza de bomberos.
 Fuente: ARNALICH Castañeda, A. & AYUSO Blas, J. L., 2015. Parte III. Incendios de interior. Ventilación de incendios. En: Manual de incendios. Formación para bomberos CEIS Guadalajara.

Como norma general, si el calor del recinto es elevado se empleará un tamaño de gota mayor puesto que su alcance es mayor y podrá absorber más energía.

Formas de aplicación


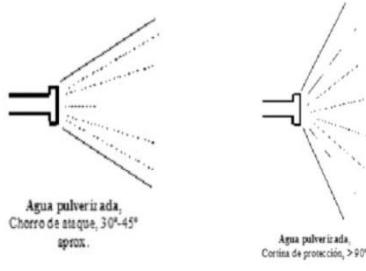
	Chorro sólido	Pulverizada
Esquema	 <p>Chorro sólido, 0°</p>	 <p>Agua pulverizada, Chorro de ataque, 30°-45° aprox.</p> <p>Agua pulverizada, Corriente de protección, >90°</p>
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> · Gran alcance · Ataque a larga distancia sin disgregarse · Alta capacidad de penetración con poca evaporación · Gran volumen de agua en el punto necesario 	<ul style="list-style-type: none"> · Mayor rendimiento · Mayor absorción de calor · Menor retroceso · Menos daños
Inconvenientes	<ul style="list-style-type: none"> · Eficacia limitada · Fuerza de impacto destructiva y retroceso · Riesgo salpicaduras 	<ul style="list-style-type: none"> · Alcance más limitado · Incremento de temperatura · Disminución de visibilidad
Aplicaciones	<ul style="list-style-type: none"> · Ataque directo al fuego · Ataque desde exteriores · Incendios grandes proporciones · Incendios de almacenes con materiales compactos · Saneamiento de cubiertas y estructuras dañadas durante el incendio 	<ul style="list-style-type: none"> · Ataque directo al foco · Ataque indirecto para absorción de calor · Incendios de materiales disgregados por su capacidad de penetración · Incendio de líquidos y polvos inflamables · Refrigeración de superficies calientes

Fig.03.21. Formas de aplicación de agua. Fuente: elaboración propia a partir de: Dirección General de Protección Ciudadana de la Comunidad de Madrid; Cuerpo de Bomberos, s.f. Bloque1. Tecnología del fuego y tácticas de extinción de interiores. En: C. d. Madrid, ed. Técnicas de intervención en incendios interiores..., pp. 27-38.

Normas de seguridad en la aplicación de agua

Al emplear agua, se tendrá en cuenta las siguientes medidas de seguridad:

- No utilizar agua en presencia de corriente eléctrica
- No utilizar agua en fuegos tipo D
- No dirigir un chorro sólido a personas, líquidos inflamables, polvos combustibles, estructuras de edificación y metales fundidos (Dirección General de Protección Ciudadana de la Comunidad de Madrid; Cuerpo de Bomberos).

Además, se tendrá en cuenta que al proyectar agua sobre un muro, esta debe ser aplicada desde el mismo lado donde se encuentre el incendio, puesto que al hacerlo desde el otro lado, se favorece su colapso.

Si se pretende refrigerar los techos, hay que tomar precauciones dado que existe la posibilidad de quemaduras por goteo de agua sobre nosotros a altas temperaturas (Dirección General de Protección Ciudadana de la Comunidad de Madrid; Cuerpo de Bomberos)

Técnicas de aplicación de agua

Los métodos de extinción a través de la aplicación de agua son fundamentalmente tres: ataque directo, ataque indirecto y enfriamiento de gases.

- *Ataque directo*

Método consistente en rociar el combustible directamente con agua.

- ¿Para qué? Extinción del fuego. Enfriamiento de superficies en combustión e interrupción de pirólisis.

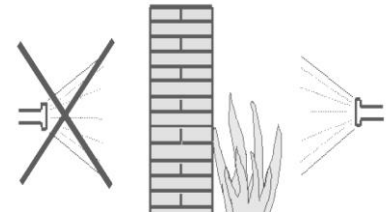


Fig.03.22. Normas de seguridad en la aplicación de agua.

Fuente: Dirección General de Protección Ciudadana de la Comunidad de Madrid; Cuerpo de Bomberos, s.f. Bloque 1. Tecnología del fuego y tácticas de extinción de interiores. En: C. d. Madrid, ed. Técnicas de intervención en incendios interiores.

- ¿Cuándo? Con el foco localizado y previamente al progreso de bomberos entre los materiales del incendio, pero una vez los gases han sido controlados. Foco localizado.
- Tipo de chorro: Caudal medio. Cono 0-15°.
- Pulsaciones: Aplicaciones de larga duración. Periodos de pausa relativamente largos 45". Movimiento de lanza a velocidad constante.

POSITIVOS	NEGATIVOS
<ul style="list-style-type: none"> • Enfría el contenido del compartimiento • Extingue el incendio en sus etapas finales • Protege a los bomberos por el enfriamiento del contenido del compartimiento para evitar que se inflamen de nuevo y que se produzcan más gases inflamables por pirólisis, asegurando que su ruta de retirada permanece segura 	<ul style="list-style-type: none"> - Produce grandes cantidades de vapor - Produce daños por agua

Fig.03.23. Efectos positivos y negativos de la utilización del método de ataque directo. Fuente: Dirección General de Protección Ciudadana de la Comunidad de Madrid; Cuerpo de Bomberos, s.f. Bloque 1. Tecnología del fuego y tácticas de extinción de interiores.

▪ *Ataque indirecto*

Proyección de agua a los gases calientes y a las superficies limítrofes calientes del recinto. Inundación del compartimiento con vapor de agua desde el exterior del mismo.

Las gotas de agua atraviesan los gases producto del incendio enfriándolos a su paso y al chocar contra las paredes, reducen la temperatura de las mismas, lo que disminuye el calor y, por tanto, ralentiza el proceso de pirolisis. Al mismo tiempo, el agua se vaporiza, favoreciendo la sofocación.

- ¿Para qué? Para enfriar gases que aún no han iniciado la combustión y para evitar proceso de pirolisis, enfriando los combustibles.
- ¿Cuándo? Riesgo de flashover. Si hay víctimas en el interior, valorar si el no aplicar este ataque empeoraría aún más la situación.

- Tipo de chorro: agua pulverizada en chorro de ataque. Cono 15-30º. Caudal medio-alto.
- Pulsaciones: 3"-20" con pausas de 45" que permitan distribución del vapor. Movimiento de lanza en T o en O.

POSITIVOS	NEGATIVOS
<ul style="list-style-type: none"> • Enfriar, contraer y diluir los gases del incendio • Enfriar los límites de compartimento • Protege a los bomberos al reducir la temperatura que emiten los gases del incendio y al extinguir las llamas que están por encima del plano neutro. • Sofoca el incendio con vapor 	<ul style="list-style-type: none"> - Puede empeorar las condiciones de trabajo: Reducción de la visibilidad, aumento de la temperatura,...

Fig. 03.24. Efectos positivos y negativos de la utilización del método de ataque indirecto. Fuente: Dirección General de Protección Ciudadana de la Comunidad de Madrid; Cuerpo de Bomberos, s.f. Bloque1. Tecnología del fuego y tácticas de extinción de interiores.

▪ *Enfriamiento de gases*

Variación del método indirecto: se debe proyectar agua sobre los gases para enfriarlos sin alcanzar los límites del compartimento. Con esto se consigue que se forme menos cantidad de vapor.

- ¿Para qué? Para enfriar gases que aún no han iniciado la combustión para facilitar un avance seguro.
- ¿Cuándo? Riesgo de flashover.
- Tipo de chorro: agua pulverizada en chorro de ataque. Cono 30º. Caudal bajo-medio.
- Pulsaciones: 1"-5" con efecto barrido.

POSITIVOS
<ul style="list-style-type: none"> • Enfriar, contraer y diluir los gases del incendio. • Protege a los bomberos al reducir la temperatura de los gases del incendio, extinguendo las llamas que están por encima del plano neutro. • Eleva o mantiene el plano neutro. • Mejora la visión. • Mejora las condiciones.

Fig.03.25. Efectos positivos y negativos de la utilización del método de enfriamiento de gases. Fuente: Dirección General de Protección Ciudadana de la Comunidad de Madrid; Cuerpo de Bomberos, s.f. Bloque1. Tecnología del fuego y tácticas de extinción de interiores.




<p>Ataque Directo</p>  <p>Imagen 96. Ataque directo</p>	<p>Extinción. Enfriamiento de superficies incendiadas e interrupción de la pirólisis.</p>	<p>Caudal medio Cono 0° a 15° Pulsaciones largas a aplicación continua Lanza en movimiento</p>
<p>Ataque Indirecto</p>  <p>Imagen 96. Ataque indirecto</p>	<p>Extinción. Inundación mediante vapor de agua.</p>	<p>Caudal medio a alto Cono 15° a 30° Pulsaciones de media a larga duración Lanza en movimiento</p>
<p>Enfriamiento de gases</p>  <p>Imagen 97. Enfriamiento de gases</p>	<p>Reducir la inflamabilidad del colchón de gases para permitir una progresión segura. Enfriamiento y dilución del colchón de gases de incendio.</p>	<p>Caudal bajo a medio Cono 30° Pulsaciones muy cortas en grupos Pulsaciones cortas en barrido</p>

Fig.03.26. Resumen de técnicas de aplicación de agua. Fuente: ARNALICH Castañeda, A. & AYUSO Blas, J. L., 2015. Parte III. Incendios de interior. Ventilación de incendios. En: Manual de incendios. Formación para bomberos CEIS Guadalajara. s.l.:s.n.

Tácticas de aplicación de agua

- *Métodos de extinción ofensiva*

Se trata de un método que actúa fundamentalmente contra los gases del incendio. Esta técnica de los bomberos se resume en cinco pasos:

- 1) *Asegurar acceso y salida.* Se debe observar el humo y los gases desde el exterior para comprobar posibilidad de backdraft. Pulverización de agua sobre puerta para enfriar y penetración del primer equipo de bomberos al compartimento.
- 2) *Control de temperatura.* Cerrar puerta para evitar aporte de oxígeno y rociar agua en la zona de presión positiva para enfriar y diluir los gases calientes. Esta técnica permite conocer de forma aproximada las temperaturas:

- Sobre los gases situados al lado del acceso, se realizan pulsaciones cortas. Que la vaporización del agua se produzca rápidamente implica altas temperaturas, y por tanto, premisa a la hora de actuar y enfriar gases.
 - Sobre los gases situados encima del bombero, se realizan un par de pulsaciones rápidas. Que caigan gotas implica que la temperatura no es muy elevada.
- 3) *Enfriamiento de gases* a través de pulsaciones de agua con cono de 45° al ir avanzando.
 - 4) *“Pintado de paredes”*. Cuando únicamente permanece activo el foco principal y el proceso de pirolisis en los combustibles cercanos, se procede a aplicar esta técnica. Se rocían las superficies calientes con un caudal muy pequeño, interrumpiendo el proceso de pirólisis.
 - 5) *Ataque directo* al foco del incendio (Dirección General de Protección Ciudadana de la Comunidad de Madrid; Cuerpo de Bomberos).

03.3.3. Control de la ventilación y presurización de recintos

Durante las fases de extinción y rescate resulta de vital importancia tener un control de la ventilación ya que disponer de una atmósfera libre de humo y gases permite acelerar el proceso. Un correcto empleo de la ventilación va a permitir aumentar la visibilidad, reducir la temperatura y el riesgo de flashover, controlar la potencia del incendio y direccionar el flujo de gases.

El control de la ventilación nunca se realiza de manera aislada sino que resulta de vital importancia para su la eficacia en el proceso de o la correcta coordinación con las operaciones de aplicación de agua.

Por otra parte, para poder aplicar correctamente las técnicas de ventilación es necesario controlar no solo el volumen del flujo de entrada y salida de gases, sino también el camino que recorren los flujos dentro del edificio.

Identificación del flujo de gases

Toda masa de gases tiende a desplazarse desde las zonas de mayor presión a aquellas que se encuentran a menor presión, generando un flujo de gases que tenderá a igualar estas diferencias de presiones.

Basándose en este principio, en todo incendio no confinado, con huecos de ventilación que conectan con el exterior, existe un movimiento de gases y de aire fresco. Esto es lo que se conoce como flujo de gases. De forma muy clara se puede diferenciar entre una ruta de gases fría que va desde la entrada de aire fresco hasta el incendio (a la zona por debajo del plano neutro cuya presión es inferior a la exterior) y una ruta de gases calientes (aquellos situados por encima del plano neutro) desde el foco del incendio hasta la salida.

Ruta fría	Ruta caliente
- Buena visibilidad.	- Baja visibilidad.
- Baja temperatura.	- Alta temperatura.
- Alta concentración de oxígeno (aumento de potencia en ILV).	- Alta concentración de gases tóxicos.
- Buenas condiciones de supervivencia.	- Gases potencialmente inflamables.
	- Condiciones de supervivencia críticas.

Fig.03.27. Flujo de gases Fuente: ARNALICH Castañeda, A. & AYUSO Blas, J. L., 2015. Parte III. Incendios de interior. Ventilación de incendios. En: Manual de incendios. Formación para bomberos CEIS Guadalajara.

Estos flujos de gases pueden ser unidireccionales o bidireccionales, dependiendo de la situación de apertura la exterior. Si esta se sitúa completamente por encima o por debajo del plano neutro nos encontramos ante un flujo unidireccional. Estos no naturalmente

típicos en incendios en lo que se utilizará la ventilación natural, por tener la entrada y salida de gases en diferentes niveles. Esta diferencia de altura contribuye a aumentar la diferencia de presión que provoca el movimiento. En cambio, si el plano neutro atraviesa la apertura, la zona superior será la salida de gases, mientras que la inferior constituye la entrada.

Métodos de ventilación en función de trayectoria de gases

- *Ventilación horizontal.* Este método se produce cuando entrada y la salida de los gases se encuentran en la misma planta.

Se puede efectuar, si la puerta o ventana abierta está situada próxima al foco y el fuego y los gases se concentran en una única planta.

También se emplea, cuando la apertura de huecos en cubierta supone una tarea de alta peligrosidad para los bomberos.

- *Ventilación Vertical.* Este método se produce cuando la salida de gases se encuentra por encima de la entrada de los mismo. Generalmente está asociado a huecos de ventilación verticales, como, por ejemplo, ascensores o tragaluces.

También se puede emplear esta técnica cuando el fuego ha alcanzado el tejado.

Métodos en función de cómo se genera el flujo de gases

Las técnicas de control de ventilación resultan de gran eficacia en al intervenciones puesto que permiten cambiar el rumbo del incendio si se aplican adecuadamente.

Entendiendo este control de la ventilación en su sentido más amplio: desde la eliminación de la misma o confinamiento hasta la

ventilación mecánica forzada, pasando por una posible ventilación natural del incendio.

- *Antiventilación o confinamiento del incendio.* No hay ventilación efectiva y el flujo de gases es inexistente.
 - Características. El plano neutro es bajo. Visibilidad casi nula y condiciones desfavorables de supervivencia.
 - Objetivos. Privar de aire fresco, limitando su crecimiento.
 - Cuando emplearlo. Incendio limitado por la ventilación (ILV).
 - Ejecución. Equipo entra y compartimenta interior, cerrando puertas y ventanas de tal forma que no entre aire fresco a los recintos incendiados y protege aquellos que todavía no lo están.
 - Precauciones y consideraciones. Debe realizarse el control de puerta de accesos, debido al riesgo de flashover en incendios infraventilados.

- *Ventilación natural.* Es el método más empleado en incendios de viviendas unifamiliares
 - Características. Estratificación de los gases. Estrato inferior con buena visibilidad.
 - Objetivos. Evacuar gases por diferencia de presiones generadas por el propio incendio. Recobrar visibilidad. Expulsar la atmosfera combustible. Reducir la temperatura, con el objetivo de mejorar las condiciones para la progresión interior y supervivencia de las víctimas.
 - Cuando emplearlo. Incendio limitado por el combustible (ILC). Incendio limitado por la ventilación (ILV) con acceso rápido al foco y con aperturas de gran tamaño.

- Ejecución. Primero abrir salidas y luego entradas. Nunca romper ventanas, porque no permiten su posterior cerramiento.
 - Precauciones y consideraciones. Efectividad limitada. Actúa mejor cuando es posible aplicarlo de forma vertical que horizontal. Es necesario tener especial cuidado con el posible backdraft. El ratio de entrada / salida debe ser de 1:2.
- *Ventilación forzada en presión positiva.* Se genera masa de aire en movimiento, que presuriza el interior y provoca un flujo de gases unidireccional a través del recinto.

La extinción se genera por dos procesos: el efecto barrido, en el que la diferencia de presión del aire limpio produce un empuje por el que se barre.

- Características. El plano neutro es bajo. Visibilidad casi nula. Condiciones desfavorables de supervivencia.
- Objetivos. Privar de aire fresco, limitando su crecimiento.
- Cuando emplearlo. Incendio limitado por la ventilación (ILV).
- Ejecución. Equipo entra y compartimenta interior, cerrando puertas y ventanas de tal forma que no entre aire fresco a los recintos incendiados y protege aquellos que todavía no lo están.

04 Sistemática de intervención en incendios interiores

Toda intervención por sencilla que parezca requiere de un planteamiento táctico previo. El objetivo del mismo consiste en coordinar la actuación para enfrentarse a la situación de la forma más efectiva posible teniendo en mente el conjunto de técnicas y recursos disponibles.

La toma de decisiones en pro de estos objetivos constituye un momento crítico en la actuación; su carácter prácticamente irreversible dirige la intervención en uno u otro sentido, lo que supone asumir una serie de riesgos y de pérdidas.

Por ello parece lógico basarse en el mayor número de parámetros conocidos a nuestra disposición. De acuerdo con Pablo Andrés Hitado Escudero la táctica elegida debe estar basada al menos en la experiencia profesional de los bomberos, el conocimiento técnico-científico, el abanico de técnicas disponibles y la valoración previa que se haya hecho sobre el incidente (Hitado Escudero, 2015).

04.1. Metodología de actuación en incendios interiores

El Cuerpo de Bomberos de la Comunidad de Madrid dispone de una sistemática establecida para intervenciones de incendios en edificaciones. Esta combina las técnicas tradicionales contra incendios provenientes de Escuela Sueca con las técnicas de

ventilación originarias de EEUU (Arnalich Castañeda & Ayuso Blas, 2015).

La cronología de las tareas a llevar a cabo nos lleva a agruparlas de forma general en una serie de fases sucesivas y/o simultáneas sujetas a unas normas específicas de actuación que deben seguirse según la situación.

- 1) Fase 0. Recepción del aviso y movilización al siniestro.
- 2) Fase 1. Evaluación perimetral.
- 3) Fase 2. Rescate exterior y control de riesgos inminentes.
- 4) Fase 3. Intervención: rescate interior, extinción y control de propagación.
- 5) Fase 4. Restitución de la normalidad (Dirección General de Protección Ciudadana de la Comunidad de Madrid).

Estas fases comprenden la constante toma y renovación de decisiones en función de cómo se desarrolle el incendio. Así el criterio de los bomberos determinará de manera última el orden definitivo de ejecución de acciones.

04.2. Fase 0. Recepción del aviso y movilización al siniestro

Esta fase constituye la labor más importante puesto que supone la puesta en marcha del operativo que va a determinar el rumbo de una intervención.

Recepción de la llamada

Las llamadas de emergencia dirigidas al servicio de bomberos son atendidas bien por el 112 o por el Centro de Comunicaciones de Operaciones de Bomberos de la Comunidad de Madrid (CECOP).

La recepción de la llamada extrae la primera información acerca del incidente y supone la primera preparación mental de los objetivos de la actuación. Por ello, resulta de suma importancia prestar atención al cuestionario que se realiza:

- Tipo de siniestro: incendio en interior, en este caso
- Localización del siniestro
- Presencia de víctimas o personas atrapadas, confirmadas o no
- Uso del edificio en el que se da el siniestro: residencial, uso público y tipo, industrial
- Accesos al edificio y localización de los mismos
- Número de plantas y pisos afectados
- Instalaciones y edificios cercanos

Las respuestas a este cuestionario condicionan, en primera instancia, si se van a realizar rescates por fachada.

Tren de salida

BUP	Numeración: M.I, BC1, BB1, BB2, BB3
AEA	Numeración: BC2, BB4

De manera ordinaria, el conjunto de medios que dan respuesta a una actuación va a estar formado por 8 bomberos: un mando intermedio (MI), 4 bomberos (BB) y 2 bomberos conductores (BC), divididos en una dotación de bomba o BUP y un camión autoescala o AEA. A la hora de actuar, estarán divididos en dos o tres equipos de trabajo.

Movilización al siniestro

Se deben tener en cuenta las condiciones climáticas, día de la semana y calendario, atascos o retenciones para así tomar la ruta más rápida. Esto supone un condicionamiento en la seguridad y la toma de más precauciones en la conducción.

Una vez se llega al lugar de los hechos, se procede al posicionamiento de los vehículos de acuerdo a los siguientes criterios:

- Mantener libre la zona próxima al acceso para facilitar el trabajo
- Prioridad en el posicionamiento de la AEA (justo enfrente de la fachada incendiada) (Dirección General de Protección Ciudadana de la Comunidad de Madrid).

04.3. Fase 1. Valoración perimetral

La llegada al escenario implica confirmar y completar los datos que habíamos obtenido en la llamada. Para ello, será clave tanto preguntar a los vecinos, policía u otras personas como llevar a cabo una revisión perimetral de “lo que se ve”.

Interrogatorio

Se busca completar datos sobre posibles víctimas y lugares en los que suelen encontrarse; llaves de acceso o mandos a distancia; accesos o vías de evacuación; elementos de extinción propios...

Lectura del incendio a través de revisión perimetral

A través de la vista, se observarán las siguientes variables que dan una visión general de la situación y a tomar decisiones tácticas:

- *Víctimas en fachada.* Su presencia determinará tomar rápidamente la decisión de su evacuación o confinamiento en la siguiente fase.
- *Accesos al edificio*

- *Humo.* El color y la densidad del humo puede dar información del tipo de combustible y de la fase del incendio ante la que se está, determinando posibles riesgos de flashovers o backdrafts.
- *Llamas.* Su color y duración también dan información sobre estado de la combustión y naturaleza del combustible.
- *Flujos de gases.* A través del humo y de las aperturas se puede establecer si es un incendio confinado o ventilado, y en ese caso, adivinar establecer el flujo natural de gases que se está dando y si es uni o bidireccional.
- *Localización de focos a simple vista.* En ocasiones es posible determinar el punto exacto de ignición desde el exterior.
- *Condiciones ambientales.* La dirección e intensidad del viento será de suma importancia a la hora de aplicar las técnicas de ventilación.
- *Lectura del incendio.* Conocer el *material* del edificio y su inflamabilidad permite intuir velocidades de propagación. Si la estructura es inflamable como madera, es decir, que el incendio se propaga a través de la misma, las técnicas de confinamiento de incendio pierden sentido. La antigüedad del edificio da una idea del grado de compartimentación interior o de la presencia de espacios diáfanos. La velocidad de los incendios en edificios modernos suele ser mayor por la abundancia de contenidos sintéticos. La superficie o volumen condiciona el caudal óptimo de ventilación.

Determinación de la táctica: ofensiva o defensiva

Se divide la intervención en sectores y a cada uno de ellos se le puede asignar un modo táctico diferente que derivará en la elección de unas acciones a desarrollar.

- *Planteamiento ofensivo*: atacar el incendio de manera directa con el objetivo de extinguirlo. Supone asumir un mayor número de riesgos, por lo que es necesario estar seguros del éxito antes de llevarlo a cabo.
- *Planteamiento defensivo*: atacar las zonas en las que el incendio o el humo acumulado está causando lesiones al propagarse, y no el propio incendio de forma directa. Supone un nivel menor de riesgo, por lo que mientras no haya garantía de éxito para el planteamiento ofensivo, la táctica debe ser defensiva (Arnalich Castañeda & Ayuso Blas, 2015).

04.4. Fase 2. Rescate exterior y control de riesgos inminentes

Rescate exterior

Se decide si se llevará a cabo una actuación de confinamiento preferiblemente, o de rescate si las víctimas se encuentran la zona del incendio, en línea de humos o en situación de pánico.

Control exterior de propagación

TÁCTICA DE ATAQUE	SITUACIÓN DE APLICACIÓN	MODO DE EFECTUARLA	OBJETIVOS
Exterior ofensivo	Incendio roto por fachada, vemos el foco desde fuera	Seleccionar aperturas con mayor actividad del incendio, mejor superiores. Combinar con ataque exterior defensivo a través de aperturas	Control
Exterior defensivo	Roto por fachada	Desde suelo o escala	Mitigación riesgo interior (contra propagación)

04.5. Fase 3. Intervención: rescate interior, extinción y control de propagación

Tácticas de intervención.

TÁCTICA DE ATAQUE	SITUACIÓN DE APLICACIÓN	MODO DE EFECTUARLA	OBJETIVOS
Interior con antiventilación	<ul style="list-style-type: none"> · Incendios confinados · Incendios infraventilados (ILV que no han llegado a flashover y confinados) · El punto neutro cercano al suelo y visibilidad nula. · Incendios confinados en los que no hay ventilación forzada ni ventilación normal por configuración del edificio (flujo de gases no previstos debido al tamaño de entradas y salidas insuficientes) · (*) No aplicar en Backdraft inminente. 	<ul style="list-style-type: none"> · Confinar incendio · Equipo de ataque accede (Controlar riesgo puerta Flash over) · Enfriamiento de gases en progresión interna para poder avanzar y entrar Flash over · Búsqueda y rescate de víctimas · Superficies calientes pirolizando. Ataque directo · Desde puerta ataque indirecto si no es visible · Ataque directo si es visible y alcanzable · Búsqueda salida de gases y retroceso inmediato 	Extinción Rescate Localización de salida de gases

<p>Interior con ventilación</p>	<p>Interiores ya ventilados (rotos por fachada o apertura con flujo de gases definido)</p> <p>Interiores con colchón de gases estratificados</p> <p>(*) No aplicar en Backdraft inminente.</p>	<p>Establecer entrada / salida de gases tan cerca del foco como sea posible.</p> <p>Ventilación natural con flujo unidireccional, mejor sólo con ventilación vertical posible.</p> <p>Ventilación flujo bidireccional</p> <p>Ventilación Horizontal</p> <p>Equipo ataque accede</p> <p>Emanan gases + búsqueda y rescate</p> <p>Ataque directo superior pirolizando</p> <p>Desde puerta punto A.I.</p> <p>Desde exterior A.D</p>	<p>Flujo de gases en parte inferior</p> <p>Flujo de gases en parte inferior</p> <p>Rescate salida de gases atmósfera limpia</p>
<p>Presión positiva para extinción</p>	<p>Ya ventilados (rotos fachada o apertura con flujo de gases definido)</p> <p>Recintos donde es posible definir flujo unidireccional previsible (con ventilados)</p> <p>Con posible presencia de víctimas , necesario ataque rápido y mejora condiciones</p> <p>Recintos configuración sencilla donde es posible establecer flujo.</p> <p>No aplicar si no hay flujo previsible ni si no se ha localizado el centro del incendio.</p> <p>No aplicar si hay personas en ruta caliente de flujo de gases</p> <p>No aplicar si hay combustibles volátiles</p> <p>No aplicar si Backdraft inminente</p> <p>No aplicar en grandes naves niedificios de gran altura</p>	<p>Localizar focos de entrada y salida de gases</p> <p>Preparar vpp (90º respecto a puerta potencia mínima) + tendido en carga</p> <p>Abrir salida de gases, mejor exterior si no combinar con agua con emanación de gases</p> <p>Aumento potencia</p> <p>Apertura puerta</p> <p>Espera de seguridad -> Flashover</p> <p>Entrada hasta estancia incendiada</p> <p>Localizar foco</p> <p>Ataque directo agresivo incendio y superficies calientes poca intensidad</p> <p>Víctima rescate segundo equipo</p> <p>Vigilar funcionamiento ventilación</p>	<p>Rescate salida de gases atmósfera limpia</p>

<p>Presión positiva para rescate</p>	<p>Posibles víctimas Estructuras complejas Posibilidad de confinar el recinto del incendio Condiciones donde es posible vpp No aplicar si flujo de gases no claro unidireccional No aplicar si recinto incendio no localizado No aplicar si combustibles volátiles No aplicar si Backdraft inminente</p>	<p>Confinar incendio con técnica antiventilación, si no utilizar ventilación defensiva sin confinar Localizar entrada y salida de gases para limpieza de humo V.p.p. defensiva abrir salida desde interior con autoventilación y desde el exterior con autoescala. Acelerar ventilador y colocar la puerta. Confirmar buen funcionamiento El equipo avance en zonas de buena visibilidad. Ventilación secuencial desde zonas más cercanas al ventilador (abrir y cerrar aire limpio). Búsqueda rápida y extinción.</p>	<p>Rescate de víctimas</p>
<p>Presión positiva para progresión</p>	<p>Incendios con rutas de evacuación a través de cjas de escalera o pasillos comunes con humo. Incendios estructuras complejas Posibilidad de aislar recinto Flujo unidireccional con incendio aislado</p>	<p>Igual que el anterior</p>	<p>Limpieza cajas escalera y pasillos comunes de tránsito</p>

04.6. Fase 4. Restitución de la normalidad

Ventilación post incendio

Aplicando todas estas técnicas disponibles, se trata de eliminar la atmosfera tóxica que ha quedado en el interior del recinto.



Recepción de llamada y movilización
FASE 0

1 Información
localización
tipo edificio
posibles víctimas

2 Activación tren de salida
BUP AUTOESCALA

3 Movilización

3 Ubicación vehículos



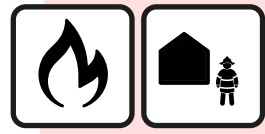
Valoración perimetral
FASE 1

1.1 Personas en fachada

1.2 Densidad del humo

1.3 Color de llama

1.4 Condiciones del viento: velocidad y dirección



Rescate exterior y control de riegos
FASE 2

2.1 RESCATE EXTERIOR

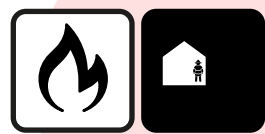
2.1a Confinamiento

2.1b Rescate

2.2 CONTROL EXTERIOR PROPAGACIÓN

2.2a Ataque ofensivo

2.2b Ataque defensivo



Rescate interior, extinción y control propagación
FASE 3

A

3A Ataque antiventilación

3A ii

B

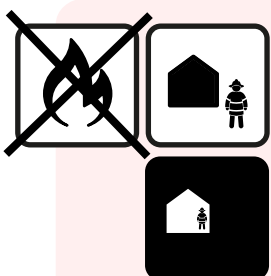
3B i

3B ii Ataque con ventilación natural

C

3C i Ataque en presión positiva para rescate

3C ii Ataque en presión positiva para extinción



Restitución de la normalidad
FASE 4

SOS

4.1 Salida de gases

4.2 Enfriamiento combustibles



Conclusiones finales

Como ya ha sido expuesto previamente, las normativas de actuación contra incendios varían según las comunidades. No obstante, muchos de los procedimientos son muy similares debido a que la naturaleza del fuego y sus formas de propagarse se replican independientemente del contexto geográfico.

Más allá de estas estrictas reglamentaciones de los procedimientos para la intervención en incendios, la ejecución final depende de la decisión de actuación del bombero cuya eficacia y rapidez dependerá en gran medida del conocimiento de los protocolos y de la velocidad de los operarios para analizar las características de los mismos y escoger la forma de actuación más adecuada. La decisión final queda a discreción del Mando Intermedio y su equipo, por lo que cuanto mayor y amplio sea el conocimiento de las variables, mayor será la eficacia de las acciones.

Tras el análisis previo, el trabajo nace al detectar que todas estas variables eran susceptibles de ser agrupadas o categorizadas para la sistematización de los procesos de actuación, fácilmente representables de forma gráfica y comprensible para los técnicos o profesionales del ámbito independientemente del grado de formación.

Es aquí, donde cabe la aportación de la figura del arquitecto como facilitador de la toma de decisiones, traduciendo la interpretación de las características de las edificaciones para la optimización de los procesos, complejos por la gravedad de las consecuencias y riesgos que llevan aparejados. Esta guía intenta así hacer un propuesta que palie las carencias detectadas en las guías previas (obsoletas, farragosas por la extensión, poco prácticas o no eficazmente estructuradas).

Para finalizar, sería pertinente señalar algunos posibles campos de investigación y acción. Específicamente, en la Fase 1, momento en el que el bombero llega al lugar y ha de analizar las características del incendio, una de las variables más difícilmente observables serían las características técnicas del edificio. Los sistemas constructivos desarrollados y la composición de los elementos del edificio son factores determinantes en un incendio, en cuanto a tiempos, resistencia, temperaturas o agentes extintores. Para facilitar y mejorar la toma de decisiones, podría colocarse en cada edificio un indicador con las características del mismo especificadas para el conocimiento de los bomberos en la llegada al lugar. Para lograr una mayor estandarización y eficiencia, se propone la compilación de estas características técnicas a través del desarrollo de una app para dispositivos móviles y accesible a todos los cuerpos de bomberos. De esta forma, con la simple introducción de la ubicación del edificio o su dirección, se le suministraría al usuario toda la información necesaria, agilizando procesos y mejorando la precisión de la intervención.

Estas propuestas solo serían posibles a través de la coordinación de los diferentes actores técnicos y políticos, mediante reflexiones conjuntas y trazando medidas consensuadas como resultado del comprender la importancia del fuego y el desarrollo de nuevas medidas para intervenir en él.

Bibliografía

- [1] AENOR, 1994. Clases de fuego. UNE-EN 2, Madrid.
- [2] AENOR, 2012. Seguridad contra incendios. Vocabulario. UNE-EN ISO 13943, Madrid.
- [3] Aparici y Biedma, J., 1849. Manual completo del zapador bombero o lecciones teórico-prácticas para la extinción de los incendios. Madrid.
- [4] Arnalich Castañeda, A. & Ayuso Blas, J. L., 2015. Parte III. Incendios de interior. Ventilación de incendios. En: Manual de incendios. Formación para bomberos CEIS Guadalajara. s.l.:s.n.
- [5] CAM, 2017. Memoria del Cuerpo de Bomberos 2016, s.l.: s.n.
- [6] CEIS Guadalajara, s.f. Parte 1. Teoría del fuego. En: Manual de incendios. Formación para bomberos. CEIS Guadalajara. s.l.:s.n.
- [7] Dirección General de Protección Ciudadana de la Comunidad de Madrid; Cuerpo de Bomberos, s.f. Bloque 1. Tecnología del fuego y tácticas de extinción de interiores. En: C. d. Madrid, ed. Técnicas de intervención en incendios interiores., pp. 27-38.
- [8] Dirección General de Protección Ciudadana de la Comunidad de Madrid, s.f. Servicio de formación de nuevos ingresos. Sistemática de Intervención en Incendio en Vivienda.
- [9] Hitado Escudero, P. A., 2015. Parte 1. Teoría del fuego. En: Manual de incendios. Formación para bomberos CEIS Guadalajara.
- [10] Laguna, P., 2016. Teoría del fuego. Bomberos de la Comunidad de Madrid. Madrid.
- [11] Martín Gómez, C. & Mambrilla Herrero, N., 2009. La seguridad contra incendios y la arquitectura. Téctonica: monografías de arquitectura, tecnología y construcción, Issue 41, pp. 4-19.
- [12] NFPA. National Fire Protection Association, 2017. NFPA 921. Guide for Fire and Explosion Investigations.

[13] S.E.P.E.I. Diputación de Albacete, 2003. Manual S.E.P.E.I. de bomberos. Cursos de iniciación y reciclaje. Antonio Peinado Moreno ed. :Libros en la Red.

[14] Sevillano Heras, Á., 2017. Jefe de Parque de bomberos de Las Rozas de C.M. [Entrevista] (27 Noviembre 2017).

[15] Arévalo, J. M., 2017. Oficial Técnico de Bomberos C.M. Parque de Las Rozas [Entrevista] (30 Septiembre 2017).

[16] SFO Museum, s.f. Aviation Museum & Library Collection. Disponible en: <https://www.flysfo.com/museum/aviation-museum-library/collection>

[17] <http://firestation.files.wordpress.com>

