



Rubén Barbero Cerrada

PARTE 5

# INCENDIOS INDUSTRIALES

Manual de incendios

Coordinadores de la colección

Agustín de la Herrán Souto  
José Carlos Martínez Collado  
Alejandro Cabrera Ayllón



Documento bajo licencia Creative Commons CC BY-NC-SA 4.0 elaborado por Grupo Tragsa y CEIS Guadalajara. No se permite un uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, la distribución de las cuales se debe hacer con una licencia igual a la que regula la obra original. Asimismo, no se podrán distribuir o modificar las imágenes contenidas en este manual sin la autorización previa de los autores o propietarios originales aquí indicados.

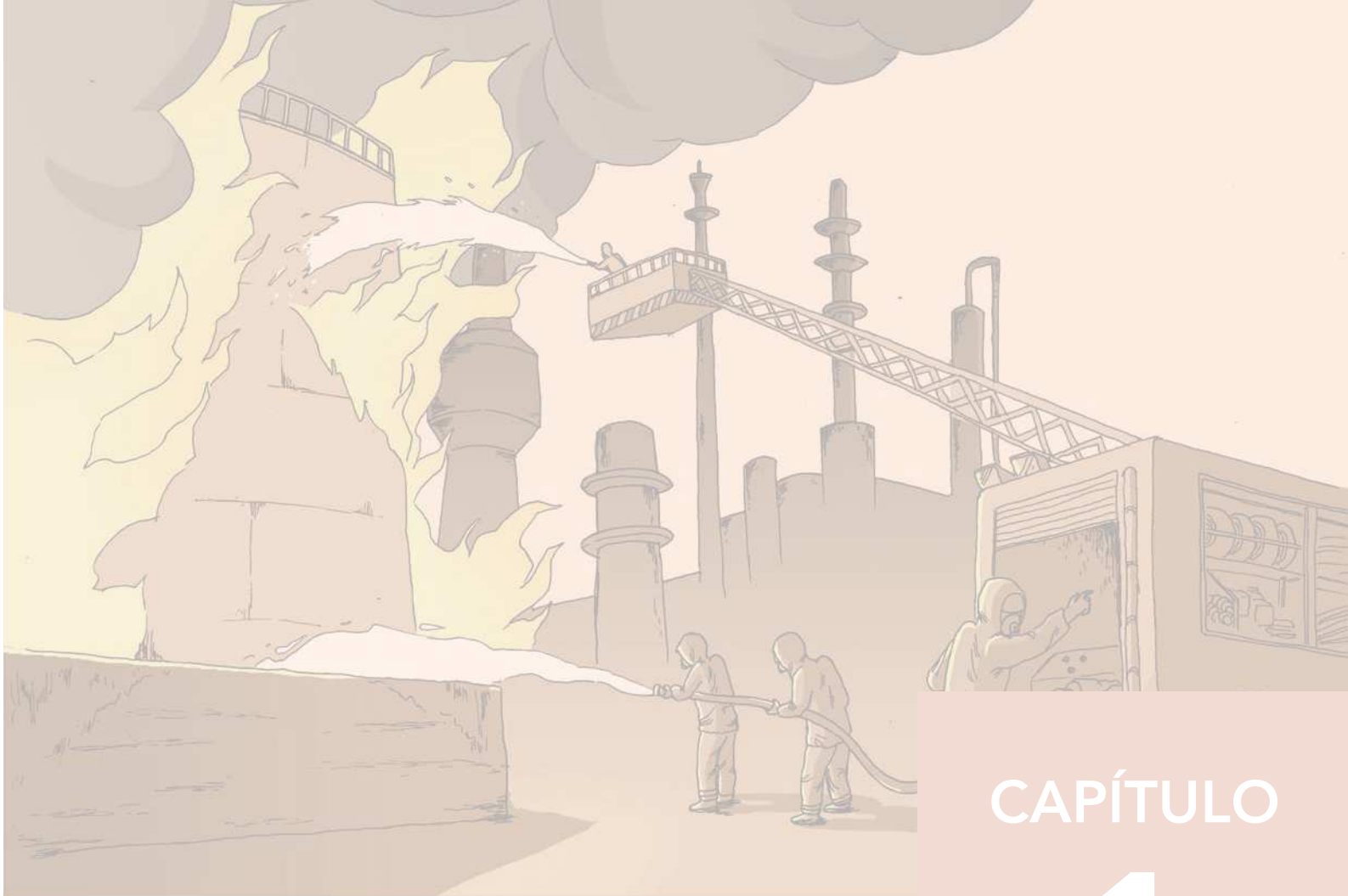
Edición r1 2015.10.05

manualesbb@ceisguadalajara.es  
www.ceisguadalajara.es

Tratamiento  
pedagógico, diseño y  
producción

Griker  
Orgemer





CAPÍTULO

1

## Caracterización

## 1. NORMATIVA VIGENTE

En España, el 29 de septiembre de 2006 quedó derogada la Norma básica de edificación: condiciones de protección de incendios contra edificios (NBE/CPI96). En su sustitución se aplica el artículo 11 (Seguridad en caso de incendio –SI–) del Código Técnico de la Edificación (CTE).

Además el Ministerio del Interior, mediante el Real Decreto 393/2007 de 23 de marzo, aprobó la Norma Básica de Autoprotección de los centros, establecimientos y dependencias dedicados a actividades que puedan originar situaciones de emergencia. Se ha establecido la obligación de elaborar, implantar y mantener operativos planes de autoprotección específicos con un contenido mínimo determinado que deben incorporar.

La Norma Básica de Autoprotección crea un Catálogo de Actividades, —entre las que están incluidas las actividades industriales— a las que se aplicarán las disposiciones de este RD, además de las propias en el caso de aquellas que tuvieran reglamentación sectorial específica.

Sin duda, la norma más relevante en esta materia sea el Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales (en adelante, RSCIEI), que tiene por objeto conseguir un grado suficiente de seguridad en caso de incendio en los establecimientos e instalaciones de uso industrial.

A los efectos del RSCIEI, se consideran **industrias** las actividades dedicadas a:

- La obtención, reparación, mantenimiento, transformación o reutilización de productos industriales, envasado y embalaje.
- El aprovechamiento, recuperación y eliminación de residuos o subproductos, cualquiera que sea la naturaleza de los recursos y procesos técnicos utilizados.

Por otro lado, un recinto de **almacenamiento** se define como aquel que de forma fija o temporal, cubierto o no, se dedica en exclusividad a albergar productos de cualquier tipo.

El reglamento (RSCIEI) se aplica a este tipo de establecimientos:

- Las zonas de un edificio o zonas exteriores en las que los vehículos están almacenados como cualquier otra mercancía o pertenecen a la flota de alguna actividad comercial o industrial.
- Equipos e instalaciones implicados en el funcionamiento de un proceso productivo o de un almacenamiento, estén o no en el mismo sector.
- Almacenamientos de cualquier tipo de establecimiento cuando su carga de fuego total sea igual o superior a tres millones de Megajulios (MJ), esto es, 720.000 Megacalorías (Mcal).



Imagen 1. Polígono industrial

Asimismo, se aplicará a las industrias existentes antes de la entrada en vigor de este reglamento cuando su nivel de riesgo intrínseco, su situación o sus características impliquen un riesgo grave para las personas, los bienes o el entorno.

Aunque no se va a tratar en este manual, también son de cierta relevancia las normas que regulan lo relativo al sector químico industrial (almacenamiento y demás), por ser un factor de riesgo altamente relacionado con la envergadura y peligrosidad de los incendios industriales.

## 2. TIPOS DE ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES

Los establecimientos industriales son las industrias, almacenamientos industriales, talleres de reparación y estacionamientos de vehículos (transporte de personas o de mercancías), así como los servicios auxiliares o complementarios de estas actividades. Se pueden clasificar en función de su ubicación en relación con el entorno y el nivel del riesgo intrínseco.

### 2.1. LA UBICACIÓN EN RELACIÓN CON EL ENTORNO

Tal como se señala en el RSCIEI, los establecimientos industriales pueden tener diversas configuraciones y ubicaciones en función del entorno y los diferentes usos que pudiera tener este.

#### 2.1.1. ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES UBICADOS EN UN EDIFICIO:

- **Tipo A:** el establecimiento industrial ocupa parte de un edificio. En el edificio existen otros establecimientos, de uso industrial o de otros usos.

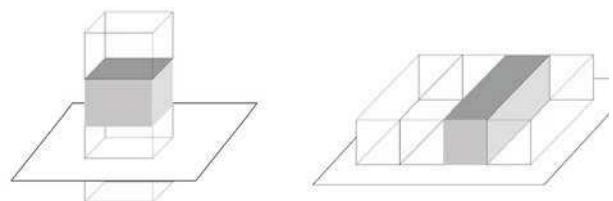


Imagen 2. Tipo A

**Tipo B:** el establecimiento industrial ocupa por completo un edificio que o bien está adosado a uno o más edificios o bien se encuentra a una distancia igual o inferior a tres metros de estos, que, a su vez, pueden ser establecimientos de uso industrial o de otros usos. Se considerarán de **tipo B** establecimientos industriales que ocupen una nave adosada con estructura compartida con las contiguas, siempre que disponga de cubierta independiente y se justifique técnicamente que el posible colapso de la estructura no afecta a las naves colindantes.

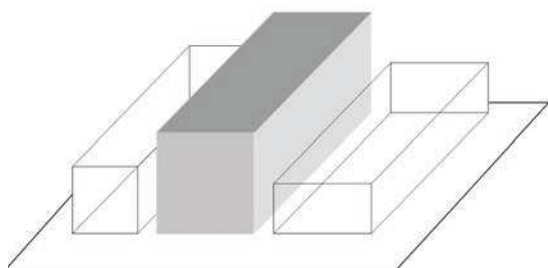


Imagen 3. Tipo B

**Tipo C** el establecimiento industrial ocupa por completo un edificio o varios edificios, que están a una distancia mayor de tres metros del edificio más próximo de otros establecimientos. Entre ambos edificios o establecimientos no deben existir mercancías combustibles o elementos intermedios susceptibles de propagar un incendio.

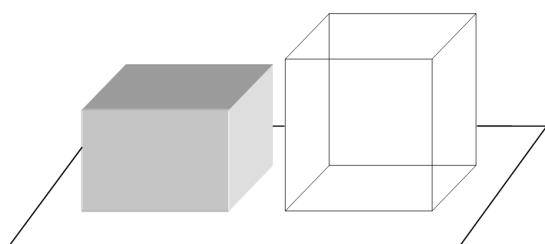


Imagen 4. Tipo C

### 2.1.2. ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES EN ESPACIOS ABIERTOS

Los tipos de establecimientos industriales que desarrollan su actividad en espacios abiertos que no constituyen un edificio son los siguientes:

- **Tipo D:** el establecimiento industrial ocupa un espacio abierto que puede estar totalmente cubierto pero alguna de sus fachadas carece totalmente de cerramiento lateral.

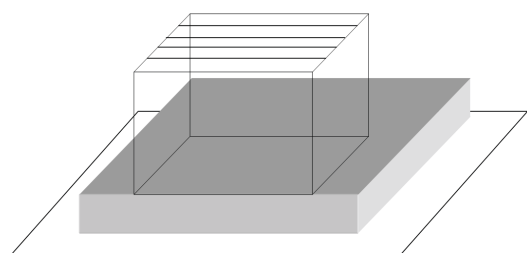


Imagen 5. Tipo D

- **Tipo E:** el establecimiento industrial ocupa un espacio abierto que puede estar parcialmente cubierto (hasta un 50% de su superficie) pero alguna de sus fachadas en la parte cubierta carece totalmente de cerramiento lateral.

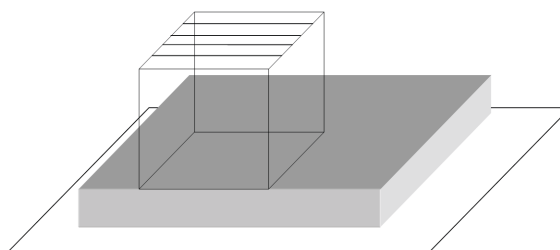


Imagen 6. Tipo E

Podría darse el caso de que en un establecimiento industrial coexistan diferentes configuraciones, en este caso se considera cada una de sus partes de forma diferenciada. Además, cuando un establecimiento industrial no coincida exactamente con ninguno de estos tipos, se considerará que pertenece al tipo al que sea equiparable.



Imagen 7. Ubicación actual

## 2.2. EL NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO

Según su grado de riesgo intrínseco, los establecimientos industriales se clasifican en función de los siguientes criterios:

- La **configuración:** tipo A, B, C, D y E.
- **Sectores o áreas de incendio:** cada configuración constituirá una o varias zonas del establecimiento:
  - Tipos A, B y C: se considera sector de incendio el espacio del edificio cerrado por elementos resistentes al fuego (durante el tiempo que se establezca en cada caso).
  - Para los tipos D y E se considera que la superficie que ocupan constituye un área de incendio abierta, definida solamente por su perímetro.

Se suele decir que, en función de los usos, la carga de fuego se puede categorizar en tres niveles de riesgo:

- Nivel alto: las industrias químicas, talleres y fábricas de pintura, barnices y fábricas pirotécnicas.
- Medio y bajo: el resto.

Sin embargo, para determinar detalladamente el nivel de riesgo intrínseco de un **edificio o un conjunto de sectores o áreas de incendio** de un establecimiento industrial, se emplea la siguiente expresión, que determina la densidad de carga de fuego ponderada y corregida,  $Q_e$ , de un edificio industrial:

$$Q_e = \frac{\sum_1^i Q_{si} \cdot A_i}{\sum_1^i A_i} \text{ (MJ/m}^2\text{) o (Mcal/m}^2\text{)}$$

donde:

$Q_e$  = densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del edificio industrial, en MJ/m<sup>2</sup> o Mcal/m<sup>2</sup>.

$Q_{si}$  = densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, de cada sector o área de incendio (i) que componen el edificio industrial, en MJ/m<sup>2</sup> o Mcal/m<sup>2</sup>.

$A_i$  = superficie construida de cada sector o área de incendio (i) que componen el edificio industrial, en m<sup>2</sup>.

Para determinar el nivel de riesgo intrínseco de cada sector o área de incendio, se emplea la siguiente expresión, que determina la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, de dicho sector o área de incendio.

$$Q_s = \frac{\sum_1^i G_i \cdot q_i \cdot C_i}{A} \cdot K \cdot R_a \text{ (MJ/m}^2\text{) o (Mcal/m}^2\text{)}$$

donde:

$Q_s$  = densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector o área de incendio, en MJ/m<sup>2</sup> o Mcal/m<sup>2</sup>.

$G_i$  = masa, en kg, de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector o área de incendio (incluidos los materiales constructivos combustibles).

$q_i$  = poder calorífico, en MJ/kg o Mcal/kg, de cada combustible (i) que existe en el sector de incendio.

$C_i$  = coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) de cada combustible (i) que existe en el sector de incendio.

$R_a$  = coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial desarrollada en el sector o área de incendio: producción, montaje, transformación, reparación, almacenamiento, etc. Siempre que se desarrollen varias actividades, la actividad de mayor riesgo de activación inherente determinará el factor de riesgo de activación ( $R_a$ ) del sector o área de incendio cuando ésta ocupe al menos el 10% de la superficie del sector o área de incendio.

$A$  = superficie construida del sector de incendio o superficie ocupada del área de incendio, en m<sup>2</sup>.

### 3. NIVELES DE PROTECCIÓN

Es por esto que, en función del riesgo intrínseco que representen, se establecen distintos **sistemas de protección**, tanto activa como pasiva, que permiten detectar, contener y extinguir un posible incendio en la industria en cuestión. Dichos sistemas de protección se engloban en los siguientes:

Se conoce como **sistemas activos** a las instalaciones de detección, alarma y extinción de incendios que siguen:



Imagen 8. Detector de humos

**Detección:** en función de las materias contenidas en el local, la detección se realiza mediante detectores automáticos (humo, llama o calor) o manuales (timbres que cualquiera puede pulsar si ve un conato de incendio).

**Alerta y señalización:** timbres y megafonía que dan aviso de incendio. Los letreros de color verde indican las vías de evacuación. Los letreros de color rojo indican las salidas que no son adecuadas en la evacuación. Además, debe haber un sistema de iluminación mínimo, alimentado por baterías, que permita llegar hasta la salida en caso de fallo del sistema de iluminación normal del edificio.



Imagen 9. Alarma incendios

Los sistemas automáticos de alerta avisan por medios electrónicos al Servicio de bomberos. El aviso telefónico ha de ser personal.

**Extinción:** mediante agentes extintores (agua, polvo, espuma, nieve carbónica) contenidos en botellas o conducidos por tuberías hasta unos dispositivos (bocas de incendio, hidrantes, *splinkers*, etc.) que funcionan de forma automática o manual. Los dispositivos automáticos pueden activarse a una temperatura concreta o por cambio brusco de la misma



Imagen 10. Extintor

**Presurización de cajas de escaleras:** habitualmente en un edificio de media o gran altura se utiliza este método para mantener una presión estática muy superior a la existente en los pasillos de los pisos. Con ello se logra que los humos a alta temperatura no se desplacen hacia el interior de las escaleras, que se emplea para la evacuación rápida de los ocupantes del edificio. Además evita un posible efecto de tobera provocado por la menor densidad propia de los humos; dicho efecto haría que el incendio se propagara más rápidamente y sería más difícil controlarlo.

Para realizar este método de presurización se emplean ventiladores industriales de tipo axial, de gran caudal, que generan una circulación desde la parte inferior de la edificación hasta un respiradero superior. Para que este método funcione las puertas cortafuego deben mantenerse cerradas. Las puertas más apropiadas en este caso son las puertas pivotantes.



Imagen 11. Ventilador

Por su parte, se conoce como **sistemas pasivos** a aquellos que se encuentran integrados en el proyecto o la construcción del edificio y se centran principalmente en facilitar la evacuación de los ocupantes mientras el incendio queda confinado y restringido al mínimo, así, existen normativas que determinan, entre otros:

- El ancho mínimo de los pasillos, las escaleras y las puertas de evacuación.

- Las distancias máximas a recorrer hasta llegar a un lugar seguro.
- Disposiciones constructivas (apertura de las puertas en el sentido de la evacuación, escaleras con pasamanos, etc.).
- Recorridos de evacuación protegidos (pasillos y escaleras) que no sólo tienen paredes, suelo y techo resistentes a la acción del fuego, sino que están decorados con materiales incombustibles.
- Mínimo número de escalones (para evitar caídas).
- Los sectores de incendio, entendiendo que el edificio completo se considera también como un sector de incendio para evitar que el fuego se propague a los edificios colindantes y, además, se establecen dentro de él diversas sectorizaciones –determinados tamaños máximos, sectores limitados por paredes, techo, suelo y puertas de una cierta resistencia al fuego- para retardar el avance del fuego dentro del edificio.

Los materiales juegan un papel muy relevante dentro de los sistemas pasivos ya que, para valorar la estabilidad estructural de un edificio frente al fuego, se debe tener en cuenta la estabilidad de sus materiales (elementos portantes y estructuras de acero, hormigón armado y madera).

### 3.1. ESTABILIDAD AL FUEGO DE ELEMENTOS PORTANTES

En España, en el RSCIEI, se establece que para determinar la estabilidad al fuego de los elementos estructurales con función portante y escaleras que sean recorrido de evacuación, sus valores no deben ser inferiores a los que aparecen en la **tabla 1**.

Si el establecimiento industrial estuviera ubicado en un edificio con otros usos, aplicará el valor exigido al conjunto del edificio –en aplicación de la normativa que corresponda–, en caso de ser mayor que los aquí expuestos.

La Norma UNE 23727-90 clasifica el comportamiento de los materiales (por los que estén contruidos o recubiertos) ante el fuego en cinco grupos: incombustibles, no inflamable, difícilmente inflamable, moderadamente inflamable y fácilmente inflamable. Así, tenemos la siguiente referencia:

**1. Incombustible (M0):** piedras naturales (granito, basalto, caliza, mármol, pizarra -excepto bituminosa-), piedras artificiales (morteros y pastas de cemento, cal y yeso, hormigones, materiales cerámicos, vidrios y fibras, amianto-cemento) y metales (fundición, acero y sus aleaciones, aluminio y sus aleaciones, cobre y sus aleaciones, cinc y plomo).



Imagen 12. Mármol

**2. No inflamable (M1):** madera aglomerada ignifugada (algunas pueden ser M2), policloruro de vinilo rígido. estratificados de melanina, estratificados de urea-formol.

**3. Difícilmente inflamable (M2):** ciertas clases de poliéster reforzado con fibra de vidrio, moquetas hechas 100% de lana (algunas pueden ser M3), poliolefinas ignífugas.

**4. Moderadamente inflamable (M3):** madera en listones y tablonc de espesor superior a diez milímetros, madera aglomerada en espesores superiores a catorce milímetros, poliamidas, resinas epoxi reforzadas con base incombustibles, policloruro de vinilo (estratificados), copolimero abs, moquetas de poliamida (algunas pueden ser M4).

**5. Fácilmente inflamable (M4):** madera aglomerada de espesores inferiores a catorce milímetros, polimetacrilato de metilo, moquetas acrílicas, tejidos de revestimiento y cortinaje contruidos en un 100% de acrílico, espuma de poliuretano, poliestireno expandido.

**Tabla 1.** Estabilidad al fuego de elementos portantes en función de su nivel de riesgo intrínseco

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO	TIPO A		TIPO B		TIPO C	
	Planta sótano	Planta sobre rasante	Planta sótano	Planta sobre rasante	Planta sótano	Planta sobre rasante
BAJO	R 120	R 90	R 90	R 60	R 60	R 30
	BAJO	(EF – 90)	(EF – 90)	(EF – 60)	(EF – 60)	(EF – 30)
MEDIO	NO ADMITIDO	R 120	R 120	R 90	R 90	R 60
		ALTO	(EF -120)	(EF – 90)	(EF – 90)	(EF – 60)
ALTO	NO ADMITIDO	NO ADMITIDO	R 180	R 120	R 120	R 90
			(EF -180)	(EF -120)	(EF -120)	(EF – 90)



Imagen 13. Acero

### 3.2. ESTRUCTURAS DE ACERO (M0)

Algunas de las propiedades más relevantes del acero estructural son las siguientes:

- **Combustibilidad:** no arde, por lo que no aporta mayor carga térmica al incendio.
- **Coefficiente de dilatación:** dilata mucho por lo que el calor del incendio aumentará la longitud de estos elementos. Lo que traerá consigo esfuerzos en toda la estructura
- **Conductividad térmica:** se trata de un gran conductor del calor, por lo que, si está expuesto al incendio, sufrirá un incremento de la temperatura en su totalidad, no sólo en la parte expuesta. Lo que puede propagar el incendio a lugares alejados del foco inicial siempre que existan materiales inflamables en contacto con alguna parte metálica de la estructura.
- **Masa:** los elementos de acero son bastante ligeros en comparación con otros elementos como el hormigón armado, que es unas diez veces más pesado para unas resistencias similares.
- **Superficie expuesta:** los elementos de acero ofrecen gran cantidad de superficie expuesta (no tienen sólo sección rectangular, se adaptan a las necesidades resistentes) y además suelen tener espesores pequeños. Por lo tanto la temperatura aumenta con gran facilidad.

A partir de ciertas temperaturas elevadas (350 °C) el acero pierde resistencia. Y a 500 °C superan los márgenes de seguridad ya que a esta temperatura la resistencia del acero es el 50% de la inicial y ha entrado en estado plástico (no se rompe, se deforma, se pliega).

Cuando se produce un incendio en estructuras de acero, los daños más habituales son:

- Propagación del incendio por conducción y contacto.
- Empuje (por dilatación de los elementos horizontales):
  - En la cabeza de pilares, lo que produce un arqueado y precipita el fenómeno de pandeo provocando el colapso del elemento.

- En la cabeza de muros, lo que puede volcarlos por desplome.
- Pérdida de apoyo de cerchas y consecuente caída.

Es necesario prestar especial atención al proceso de enfriamiento de las estructuras de acero. Si bien el mayor peligro de colapso se produce durante el siniestro por la dilatación que deriva del aumento de temperatura, su enfriamiento posterior puede provocar daños que también conduzcan al colapso.

Tras el siniestro el acero y una vez enfriado, el acero no tiene características resistentes distintas a las iniciales, salvo las derivadas del cambio de forma.



La protección de los elementos de acero ante el fuego es su "forrado" con elementos que lo aíslan del foco de calor: trasdosados de yeso o escayola, cajeados de ladrillo, morteros aislantes proyectados, etc.

### 3.3. ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO (M0)

Algunas de las propiedades más relevantes del hormigón armado, son las siguientes:

- **Combustibilidad:** no arde y no aporta mayor carga térmica al incendio.
- **Coefficiente de dilatación:** es un material pétreo, dilata muy poco. Dado que el calor del incendio no aumentará la longitud de estos elementos, no se producirán esfuerzos en lugares ajenos al foco de calor.
- **Conductividad térmica:** conduce muy mal el calor. Por este motivo, un elemento de hormigón expuesto al incendio sufrirá un incremento de la temperatura sólo en la parte afectada.
- **Masa:** son pesados por lo que requieren gran cantidad de calor para aumentar su temperatura.
- **Superficie expuesta:** la cantidad de superficie expuesta es relativamente pequeña.

El hormigón pierde resistencia con el aumento de temperatura de forma similar al acero (es significativo a partir de 300 °C, y a 500 °C su resistencia es el 50% de la inicial, tras superar los márgenes de seguridad). Aunque, debido a su



Imagen 14. Hormigón



gran masa, su poca superficie y su escasa conductividad, tarda mucho más tiempo en alcanzar estas temperaturas (el tiempo puede llegar a multiplicarse por tres).

Dado que el hormigón armado es un material compuesto (hormigón y acero), se debe tener en cuenta este hecho al analizar su comportamiento ante el fuego. El hormigón actúa como un aislante exterior que protege la ferralla y retrasa la llegada de calor a la misma. Cuando por efecto del incendio este recubrimiento se resquebraja por el calor -la pérdida de resistencia se acompaña de un cambio de color en la masa del hormigón-, las armaduras de acero quedan sin defensa y derivan en una serie de efectos que limitan la capacidad portante del conjunto y facilitan el colapso.



El hormigón armado se protege del fuego mediante el "forrado" con elementos que lo aislen del foco de calor: trasdosados de yeso o escayola, cajeados de ladrillo, morteros aislantes proyectados, etc., aunque lo más eficaz es tener en cuenta esta necesidad durante la construcción y aumentar el espesor del recubrimiento de hormigón.



Imagen 15. Madera



La protección contra el fuego de los elementos de madera se realiza mediante recubrimientos en forma de barnices intumescentes, que realmente actúan como retardadores.

### 3.4. ESTRUCTURAS DE MADERA (M3)

- **Combustibilidad:** es un material combustible que arde y aporta mayor carga térmica al incendio.
- **Coefficiente de dilatación:** dilata muy poco, por este motivo no se producirán esfuerzos en lugares alejados del foco de calor.
- **Conductividad térmica:** conduce muy mal el calor, por lo que un elemento de madera expuesto al incendio sufrirá un incremento de la temperatura sólo en la parte afectada.
- **Masa:** son elementos relativamente ligeros debido a la escasa cohesión intermolecular y a la humedad que albergan en su interior. Dado que tienen que evaporar esa humedad natural antes de empezar a descomponerse, absorben mucho calor antes de aumentar su temperatura.
- **Superficie expuesta:** la cantidad de superficie expuesta es relativamente pequeña (secciones rectangulares).

Cuando el fuego ataca a elementos de madera, los hace arder de forma concéntrica (es decir de fuera hacia dentro). La parte carbonizada carece de resistencia, aunque constituye un elemento protector (actúa como aislante frente a la temperatura exterior). La madera sana (la no quemada) no sufre alteraciones, incluso se endurece con el aumento de temperatura. Sin embargo, a medida que se carboniza la pieza, la sección útil de la misma va siendo menor, por lo que llega un momento en que la cantidad de material es insuficiente para soportar los esfuerzos. Las estructuras de madera colapsan por pérdida de la sección resistente.

## 4. CARACTERÍSTICAS DE LOS INCENDIOS INDUSTRIALES

Los incendios industriales suelen clasificarse en función del estado de agregación y naturaleza del elemento o material implicado en el incendio. Así, existen incendios de maquinaria industrial e incendios de materiales en estado sólido, líquido, gaseoso o pulverulento.

### 4.1. INCENDIOS DE MAQUINARIA: ELÉCTRICOS Y ACEITES

Los incendios de maquinaria industrial principalmente derivan en riesgos de tipo eléctrico y de mercancías peligrosas, por los combustibles y/o aceites que frecuentemente utilizan para poder funcionar. En algunas de estas maquinarias industriales es habitual encontrar sistemas de extinción de incendios propios, por lo que estas cuentan con un elemento específico para controlar el riesgo de incendio, que frecuentemente es provocado por las siguientes causas:

- **Cortocircuito** debido a cables gastados, enchufes rotos, etc.
- **Líneas recargadas** que se **recalientan** por la conexión de excesivos aparatos eléctricos y/o por la excesiva cantidad de derivaciones en las líneas que no tienen en cuenta la capacidad eléctrica instalada.
- **Mantenimiento defectuoso** de los equipos eléctricos.
- El **incendio de aceites** de maquinaria (generadores, transformadores, etc.) se produce por fricción o por una fuga, dado que estos se encuentran a altas temperaturas. Normalmente esta maquinaria dispone de un recipiente donde se acumula el aceite para evitar fugas a otras instancias. Los gases producidos por estos aceites son altamente tóxicos.

## 4.2. INCENDIOS DE ALMACENAMIENTOS DE SÓLIDOS

La gravedad y envergadura de los incendios de almacenamientos sólidos dependen en gran medida de la naturaleza combustible del sólido implicado, de la cantidad que haya y de la continuidad que presenten.

Salvando la posibilidad de encontrar sólidos susceptibles de polimerizar, entrar en combustión espontánea u otros casos que se puedan considerar “extraños”, se puede pensar que un incendio industrial de sólidos tiene, como norma general, menor peligrosidad que uno de líquidos, gases o pulverulentos, pues la energía que absorbe el sólido para arder debe utilizarse en primera instancia para llevarlo a estado gaseoso.

En este tipo de incendios, es habitual emplear estrategias de desalimentación y pérdida de continuidad antes de atacar el incendio en sí mismo. Otras veces, en función de la compactación que tenga el sólido ignescente, convendrá dejarlo arder de forma controlada y limitando la propagación del mismo al entorno inmediato.

## 4.3. INCENDIOS DE ALMACENAMIENTOS DE LÍQUIDOS Y GASES

Los incendios que se producen en los establecimientos industriales en los que se utilizan o almacenan líquidos y/o gases inflamables se suelen clasificar en función de la forma en que acontece el incidente. En este sentido, los tipos más habituales de incendios industriales son:

- Incendio de charco.
- Incendio de tanque.
- Dardo de fuego.

Estos incendios tienen lugar cuando se produce un fallo en las medidas de prevención y con frecuencia son devastadores, debido a la alta inflamabilidad y al alto poder térmico de los combustibles afectados. En ocasiones junto con ellos pueden presentarse otros fenómenos tales como la bola de fuego (BLEVE) o bien la formación de nubes tóxicas.

### 4.3.1. INCENDIO DE CHARCO

El incendio de charco también llamado *pool fire*, se produce por el vertido de un líquido inflamable, que se extiende por el suelo y que alcanza un espesor reducido; si existe un cubeto u otra zona de contención, se forma un charco de mayor profundidad (y por lo tanto menor superficie capaz de vaporizar e inflamar). Estas condiciones hacen factible la aparición de un incendio siempre que exista un punto de ignición cercano.

El líquido inflamable vertido se evapora en función de su volati-



Imagen 16. Vertido

dad, de su temperatura, de la temperatura ambiente y de la velocidad del viento en el momento del incidente, entre otras cosas.

Los vapores se irán diluyendo poco a poco en la atmósfera. Si estos son más pesados que el aire, se formará una pequeña nube inflamable que será desplazada por el viento y las corrientes a ras de suelo. Mientras avanza la nube seguirá diluyéndose progresivamente, pero, si entra en contacto con un punto de ignición cuando su concentración se encuentra entre los límites de inflamabilidad, se producirá su combustión y el frente de llama retrocederá hasta alcanzar el vertido, lo que provocará el denominado incendio de charco.

Por este motivo, en cualquier instalación industrial en la que se utilicen o almacenen líquidos inflamables están muy controladas o prohibidas las prácticas que generan un punto de ignición (por ejemplo, fumar o soldar) y deben utilizarse siempre herramientas antiestáticas y antideflagrantes. En los casos más restrictivos, se generan recintos denominados ATEX (atmósferas explosivas) donde está prohibido utilizar teléfonos móviles y cualquier otro elemento que no estuviera certificado ATEX.

### 4.3.2. INCENDIO DE TANQUE

Los incendios de tanques de almacenamiento de combustibles líquidos involucran mucho más combustible que los de charco y suelen ser, por ello, más peligrosos. Dan lugar al accidente denominado rebosamiento por ebullición o *BoilOver*, un fenómeno extremadamente peligroso asociado frecuentemente a los incendios de tanque de crudo de petróleo, en los que suele haber restos de agua que, por ser más pesada, queda decantada en el fondo.

Durante la evolución del incendio, que puede durar varias horas, al principio se queman las fracciones más volátiles del petróleo. Al enriquecerse los componentes más pesados (de mayor temperatura de ebullición) forman una capa superficial que aumenta progresivamente de temperatura y espesor, y también avanza en profundidad. De esta manera una “onda de calor” de más de 200 °C se propaga hacia la parte inferior del depósito hasta que toma contacto con el agua decantada, lo que provoca su vaporización súbita y genera una violenta erupción que incrementa instantáneamente la radiación térmica y extiende el incendio en las inmediaciones, como por ejemplo sucedió con la explosión del pozo Oil Rig 380 frente a las costas de Louisiana en septiembre de 2010.

### 4.3.3. DARDO DE FUEGO

Cuando ocurre una fuga accidental de vapores o gases inflamables (por ejemplo en la rotura de una tubería procedente de un vaporizador o en la línea de impulsión de un compresor) se produce este tipo de incendio, también conocido como *jet fire*. El escape da lugar a lo que se denomina chorro turbulento (*jet*), que



Imagen 17. Dardo de fuego

hace que la masa de gas inflamable se mezcle con el aire circundante desde el punto de fuga. En la zona frontal del *jet*, donde ya ha cesado la turbulencia, la nube inflamable diluida resultante es desplazada por el viento y se dispersa. De forma similar al incendio de charco, si la nube alcanza un punto de ignición, se produce inmediatamente la inflamación de la masa de gas, el frente de llama retrocede hasta el lugar de la fuga y se forma un dardo de fuego que se mantiene mientras permanezca la emisión de gas o bien de vapor.

#### 4.4. INCENDIOS DE MATERIALES PULVERULENTOS

Un factor que afecta enormemente a la velocidad de combustión es la forma física del combustible, ya que al aumentar la superficie de contacto entre el combustible y el comburente, más fácilmente se produce la combustión. De esta manera, en combustibles sólidos finamente divididos (partículas > 0,5 mm), se produce una combustión rápida pero sin peligro de explosión. Por el contrario si el combustible se encuentra en estado pulverulento (partículas < 0,5 mm), la combustión es muy rápida y puede llegar a ser pirofórico o incluso explosivo. Además, la temperatura y la energía de ignición necesarias para que estallen las nubes de polvo son mucho más bajas que las producidas en las fuentes de ignición comunes.

La decisión más relevante para extinguir este tipo de incendios con éxito pasa por elegir el agente extintor adecuado en función del estudio de una serie de factores como: la naturaleza del polvo, el sitio en el que se encuentra, la presencia de otros equipos o materiales en las proximidades del incendio, la disponibilidad de medios, etc.

Capacidades de los distintos agentes extintores para incendios de sólidos pulverulentos:

##### 4.4.1. AGUA

Es el agente extintor de uso más frecuente, excepto en incendios de metales que reaccionan con ella (como el aluminio o el magnesio) o en presencia de tensión eléctrica. En incendios de materiales pulverulentos, se aplica de forma nebulizada o de fina pulverización, es eficaz en los incendios de polvos de origen vegetal y sintético (tales

como plásticos). Sin embargo, no penetra en masas de polvo de más de un metro de profundidad, por lo que se embarrará en la superficie. En ese caso se recomienda utilizar aditivos humectantes que reduzcan la tensión superficial del agua y consigan hacerla más penetrante.

##### 4.4.2. ESPUMA FÍSICA

En este tipo de incendios, la espuma física tiene un uso limitado, ya que no penetra en los depósitos de polvo y su acción sofocante, una vez extendida sobre la superficie del mismo, es pequeña por la existencia de aire que ocupa los huecos de la masa del polvo.

##### 4.4.3. POLVO QUÍMICO SECO

Se utiliza principalmente en los incendios de polvo de origen metálico, ya que estos son capaces de reaccionar con otros agentes extintores y, en general, mediante reacciones muy enérgicas. La aplicación suele ser manual, lo que significa que está limitada a incendios de pequeñas proporciones.

##### 4.4.4. ANHÍDRIDO CARBÓNICO Y NITRÓGENO

El anhídrido carbónico, el nitrógeno e, incluso, el vapor de agua también pueden utilizarse como agentes extintores de incendios de materiales pulverulentos, con la excepción de los polvos de metales reactivos y siempre que no se produzcan turbulencias.

Son efectivos cuando la masa de polvo está confinada en un volumen cerrado al paso de gases (depósitos, silos, bodegas de buques, etc.). Para asegurar una completa extinción, el gas o vapor debe mantenerse durante un largo período de tiempo (que en ocasiones puede llegar a ser de días o semanas) y se precisan aportaciones suplementarias de gas o vapor para compensar las pérdidas inevitables que tendrán lugar.

##### 4.4.5. HIDROCARBUROS HALOGENADOS Y OTROS GASES EXTINTORES ESPECIALES

Los hidrocarburos halogenados (como el 1211 y el 1301) limitan su uso como agentes extintores a incendios de pequeña entidad. En concreto, los halones –que no deben ser usados si se trata de polvos de metales reactivos– están prohibidos, pero todavía se encuentran en muchas instalaciones industriales que en su momento montaron grandes sistemas de extinción automática y siguen manteniéndolos. En otras industrias se han sustituido por gases inertes especiales menos agresivos con la capa de ozono. Suelen ser una buena opción ya que se mezclan rápidamente con la nube pulverulenta e inertizan el conjunto.

## 5. USO DE ESPUMAS EN INCENDIOS INDUSTRIALES

La espuma es una combinación de concentrado espumógeno, agua y aire. Es uno de los principales agentes de extinción empleado sobre líquidos inflamables, que son unos de los incendios industriales que con más frecuencia se materializan. Su efectividad depende de la eficiencia de los equipos empleados para fabricarla, de su composición y de la fiabilidad del concentrado espumógeno.

A pesar de la importancia del mantenimiento frecuente de los equipos operativos y vehículos del servicio de bomberos, que garantizan su perfecto funcionamiento cuando hacen falta, los concentrados espumógenos rara vez se revisan porque están almacenados en bidones o tanques y, lamentablemente, no existen métodos de verificación no destructivos para analizarlos. Por ese motivo su uso prolongado depende en gran medida de la habilidad, experiencia y calidad que brindan los suministradores del producto.

### 5.1. FORMAS DE GENERACIÓN DE ESPUMAS

Para poder crear la espuma, se necesita agua, aire y un espumógeno. El primer paso es obtener la mezcla del agua y el espumógeno, que se consigue mediante uno de los siguientes sistemas:

#### 5.1.1. PREMEZCLA

Es posible encontrar el espumógeno y el agua ya mezclados. Tal sería el caso de los **extintores** o bien en los **camiones de bomberos**.

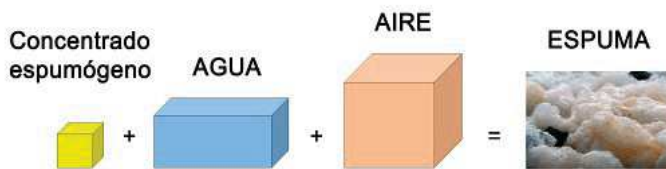


Imagen 18. Concentrado de espumógeno

#### 5.1.2. PROPORCIONADOR (O HIDROMEZCLADOR)

El proporcionador es el elemento que permite generar la mezcla de agua y agente emulsor o espumógeno. De él sale un tubo que se sumerge en el depósito de espumógeno anexo. Un volante adosado a un lateral del proporcionador permite variar la proporción de líquido emulsor que se puede obtener con respecto a la mezcla obtenida (agua-emulsor) y que generalmente oscila entre el 1% y el 6%.

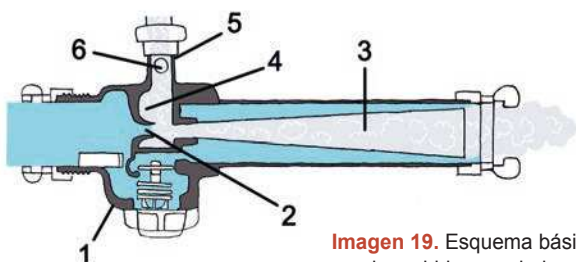


Imagen 19. Esquema básico de un hidromezclador

Un **proporcionador** en línea de manguera consta de las siguientes partes:

1. **Carcasa**
2. **Boquilla:** reduce la sección de paso de agua. El diámetro del racor de entrada se reduce hasta aproximadamente 8 mm.
3. **Colector:** canaliza la mezcla de agua-emulsor (contiene una riqueza de la mezcla superior a la de salida).
4. **Cámara de Mezcla:** produce la mezcla de agua y emulsor.
5. **Línea de succión:** conducto de entrada del emulsor.
6. **Válvula de retención:** impide la salida del agua por la línea de succión, evitando así la mezcla de agua en los bidones de emulsor.
7. **Derivación o bypass:** deriva el agua hacia el circuito de agua limpia.
8. **Válvula de compensación:** selecciona la cantidad de agua que pasa por circuito de agua limpia y, por ende, la que se fuerza a través del circuito de mezclado.

Respecto a su **funcionamiento**, el caudal de agua que penetra por la boca de entrada se ramifica en dos circuitos:

- Uno, a través de la boquilla, que se comunica con la cámara de mezcla.
- Otro, por el conducto que se comunica directamente con la salida a través de la válvula de compensación.

La reducción de sección de la boquilla hace que la velocidad de circulación del agua por la cámara de mezcla sea elevada, lo que provoca una depresión (vacío) en la misma (efecto Venturi), que se traslada hacia la línea de succión.

Si dicha línea de succión está comunicada con un depósito de emulsor a través de un mangote, el líquido emulsor circulará hacia la cámara de mezclas según la demanda que se le haya solicitado.

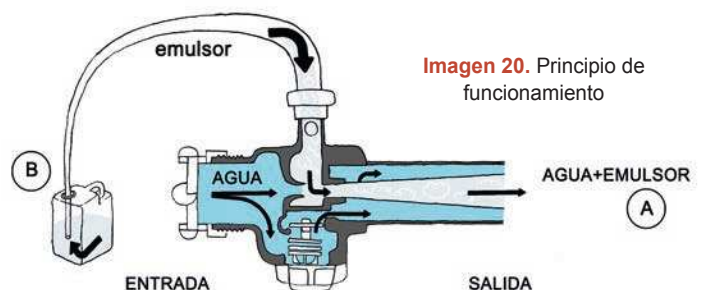


Imagen 20. Principio de funcionamiento

### 5.1.3. TANQUE A PRESIÓN SIN MEMBRANA

Es un depósito presurizado lleno de espumógeno sobre el que se sitúa un proporcionador. El agua a presión que pasa a través del proporcionador sigue dos caminos: Una parte del agua entra en el depósito para mezclarse con el espumógeno y otra parte atraviesa el proporcionador y, por efecto Venturi, extrae la mezcla del espumógeno y agua que en ese momento está en el depósito.

### 5.1.4. TANQUE DE MEMBRANA

Es un sistema compuesto por un depósito que posee en su interior una membrana llena de espumógeno. Para completar el sistema se tiene un proporcionador. El agua a presión entra en el proporcionador y una parte se dirige al depósito, donde el agua presiona la membrana y provoca la expulsión del espumógeno. La otra parte de agua atraviesa el proporcionador y, por efecto Venturi, absorbe el espumógeno que ha salido de la membrana.

### 5.1.5. SISTEMA DE BOMBEO

Este sistema es más complejo. Está compuesto por los siguientes elementos.

- Depósito de espumógeno.
- Bombas para la impulsión del espumógeno.
- Controlador de las bombas.
- Proporcionador.
- Sondas de presión.
- Manómetros.
- Válvulas de *by-pass*.
- Y otros elementos auxiliares.

Se hacen mediciones de presión tanto en la línea del suministro de agua como en la línea de suministro de espumógeno y, en función de la demanda, se suministra más o menos caudal de espumógeno y el sobrante se devuelve al depósito.

### 5.1.6. PROPORCIONADOR DE PRESIÓN BALANCEADA EN LÍNEA

Es el mismo sistema que el anterior pero se aplica cuando el depósito de espumógeno y la bomba del suministro del mismo están muy alejados entre sí.

### 5.1.7. BOQUILLAS AUTO-ASPIRANTES

Su funcionamiento es similar al de un proporcionador, pero en este caso el proporcionador forma parte de la boquilla de descarga. Estas boquillas se instalan en monitores.

### 5.1.8. BOMBAS HIDRÁULICAS

Estos sistemas realizan la mezcla del espumógeno con el agua mediante una difusión volumétrica. El agua a presión

entra en una bomba hidráulica conectada a la bomba dosificadora del espumógeno, por lo que el caudal de espumógeno es proporcional al caudal demandado de agua. Existe una válvula de tres vías que, en función de las necesidades, devuelve el caudal de espumógeno al depósito o lo introduce en el sistema para que se mezcle con el agua.

### 5.1.9. OTROS SISTEMAS PORTÁTILES (PRO-PAK)

Este sistema multiexpansión se utiliza para la extinción de fuegos de rastrojo, fuegos secos, fuegos en vivienda, de vehículo, y otros, utilizando técnicas tanto de inundación como de cubrición.

Soporta un caudal máximo de 45 LPM a 7 bares de presión. Necesita una presión mínima de 3 bares. Es, por tanto, un dispositivo de uso sencillo, también debido a su reducido peso (alrededor de 16 kgs.). Algunas de sus características más reseñables son:

- Inyector incorporado.
- Autonomía de 7 min al 3%, 21 min al 1% y 3 h con 30 min al 0,1%.
- Posibilidad de ajustar el caudal desde el mismo mango de agarre, lo que facilita su control de manera permanente.

En general, se puede decir que existen dos procedimientos para **dosificar** la cantidad de espumógeno que debe mezclarse en la corriente de agua para formar una solución de concentración fija:

- **Métodos que utilizan la energía de la presión en la corriente de agua** (efecto Venturi). Se introduce dicho concentrado a través de unos orificios. En general estos dispositivos producen una pérdida de presión del 35% en la corriente de agua. Dentro de este grupo se encuentran el eductor de lanza (N.P.U), los inductores en línea y los dosificadores alrededor de la bomba.
- **Métodos que emplean bombas auxiliares o presión de caída** para inyectar el concentrado en la corriente de agua en una proporción fija respecto al caudal.

## 5.2. TIPOS DE ESPUMA

Las espumas se pueden clasificar en espumas de baja, media y alta expansión:

### 5.2.1. ESPUMAS DE BAJA EXPANSIÓN

Cuentan con un ratio de expansión 20:1, se diseñan para combatir incendios de líquidos inflamables. Controlan, confinan y extinguen la mayoría de los fuegos de clase B. También se utilizan con éxito en fuegos de clase A, donde su capacidad de enfriamiento es muy útil.

La calidad de una espuma de baja expansión se caracteriza por tener:

- Capa hermética a los vapores.
- Excelente adherencia.



- Gran capacidad de retención de agua.
- Burbujas minúsculas y tenaces.
- Elevada resistencia al calor.

El agua que contiene contaminantes (detergentes, residuos de petróleo o determinados inhibidores de la corrosión) puede reducir la calidad de la espuma. En general, son más estables si se generan con agua dulce o de mar, a una temperatura de 12 °C a 27 °C.

La **aplicación** más indicada de la espuma de baja expansión es controlar y extinguir los incendios de la mayor parte de los líquidos inflamables (clase B). Por su alto contenido de agua también se emplea con éxito en incendios de clase A y, por ese mismo motivo, no debe aplicarse sobre elementos con tensión eléctrica, ya que es buena conductora de la electricidad.

Tampoco se recomienda sobre derrames de gases licuados como butadieno, propano o cloruro de vinilo. En general no se debe utilizar en incendios de materiales que reaccionen con el agua, fuegos de Clase D, carburo de calcio, etc.

La **densidad de aplicación** de la espuma determina su éxito. La densidad de aplicación se expresa como los litros de solución agua-concentrado (no de espuma expandida) que alcanzan la superficie del combustible. Es decir, la densidad de aplicación indica los litros de solución por minuto (caudal de la lanza) y por metro cuadrado. La densidad de aplicación determina también el número de lanzas a utilizar en función de la extensión del líquido inflamado.

Las espumas de baja expansión (sintéticas de triple expansión y polivalentes) deben ser aplicadas con una densidad de cinco litros por minuto y metro cuadrado para incendios de derrames. Al aumentar la densidad de aplicación por encima del mínimo recomendado se reduce el tiempo requerido para la extinción. Sin embargo si la densidad de aplicación es inferior a dicho mínimo, el tiempo necesario para la extinción será mayor y si es demasiado baja, es posible que no se pueda controlar ni extinguir el incendio.

La siguiente operación permite determinar el número mínimo de lanzas necesarias para combatir con éxito un derrame:

**Superficie del derrame x densidad de Aplicación = Caudal necesario**

Obtenido el caudal, se calcula el número de lanzas (en función de lanzas de 200 y 400 l/m) que permiten completarlo.

**5.2.2. ESPUMAS DE MEDIA EXPANSIÓN**

Su ratio de expansión oscila desde 20:1 a 200:1, se diseñan para suprimir la vaporización de químicos peligrosos. Se ha comprobado empíricamente que la expansión óptima para suprimir químicos reactivos con el agua y líquidos orgánicos de bajo punto de ebullición se encuentra en el rango de expansión 30:1 y 50:1.

La **aplicación** de la espuma de media expansión está indicada en zonas confinadas (sótanos, pozos de minas, barcos, alcantarillados, salas de máquinas) y otros lugares donde la temperatura o sus propias dimensiones las hacen inaccesibles.

La espuma de media expansión es de textura suave. Tiene una excelente fluidez para evitar los obstáculos, y es significativo su uso para prevenir incendios en derrames de líquidos inflamables.

Para las espumas de media expansión los cálculos de **rendimiento** se realizan de forma aproximada tomando como punto de partida la densidad de aplicación, de la misma manera que para las espumas de baja expansión.

**5.2.3. ESPUMAS DE ALTA EXPANSIÓN**

Estas espumas, con un ratio de expansión mayor a 200:1, se diseñan para combatir incendios en espacios confinados (garajes, bodegas, sótanos, minas, hangares, etc).

Esta espuma, de forma similar a las anteriores, está indicada para controlar y extinguir el fuego por enfriamiento y sofocación, si bien su bajo contenido en agua (1:1000, es decir, con un litro de agua y concentrado se producen 1.000 litros de espuma) hace que gran parte sea destruida por el fuego en su avance.

Se aplica principalmente en espacios confinados, pero con ventilación que permita la salida de humo y gases calientes al tiempo que entra la espuma generada. El tiraje del incendio debe estar en el lado opuesto al lugar donde se aplique la espuma de alta expansión para que pueda entrar. Para evitar daños irreversibles, es necesario llenar el local de espuma a una velocidad adecuada, en cantidad suficiente y hasta una profundidad eficaz por encima del incendio. La profundidad de la capa de espuma debe tener aproximadamente sesenta centímetros.



Ejemplo

¿Cuál sería el caudal necesario para extinguir un derrame 56 m<sup>2</sup> (7 x 8m) de superficie?.

$$56 \text{ m}^2 \times 5 \text{ litros/m}^2 \cdot \text{minuto} = 280 \text{ l/min.}$$

Se requiere un caudal igual o superior a 280 l/min., lo que se logra con una sola lanza de 400 l/m. o bien dos de 200 l/m.

¿Cuál sería el caudal para un derrame de 100m<sup>2</sup> de superficie?

$$100 \text{ m}^2 \times 5 \text{ l/m}^2 \cdot \text{min} = 500 \text{ l/m.}$$

Se necesitan dos lanzas (una de 400 l/min y otra de 200 l/min) o tres lanzas de 200 l/min.

Fuente: Zapater (1988)



Imagen 21. Aplicación de espuma

Se debe tener en cuenta que, en la aplicación de espuma de alta expansión, hay una parte que se desintegra por efecto del calor, por las fugas que se produzcan a través de aperturas de ventilación, por efectos de la descarga de los rociadores y por la propia contracción de la espuma. De hecho, en incendios de exterior tiene poca efectividad, salvo en su expansión más baja 1:300.

El cálculo del caudal de espuma de alta expansión necesario para poder controlar un incendio no es sencillo. A la dificultad de determinar los factores enumerados durante una intervención, se suma el problema de conocer el tipo de almacenamiento y de material almacenado, cómo está

distribuido y cuál es su estado de combustión cuando se inicia la extinción.

En cualquier caso, según la NFPA (National Fire Protection Association), la fórmula para calcular el caudal es la siguiente:

$$R = (V/T) \cdot C_n \cdot C_L$$

R: velocidad de descarga en metros cúbicos por minuto.

V: volumen del espacio que debe protegerse.

T: tiempo de descarga en minutos. Puede oscilar de dos a ocho en función del tipo de riesgo y la construcción.

C: compensación por contracción normal de la espuma (1.15).

C<sub>n</sub>: compensación por fugas. Está en función del tipo de local, suele oscilar entre 1.0 y 1.2.

A través de esta fórmula se obtiene el dato orientativo sobre el caudal de espuma que es necesario verter por minuto; este dato es importante para saber si se dispone de los medios suficientes para iniciar una inundación total con espuma de alta expansión. Es una fórmula válida para realizar cálculos cuando se conocen las características del local, de los productos y de las condiciones de almacenamiento, pero sólo es orientativa cuando el fuego ya se ha extendido.









CAPÍTULO

2

**Técnicas**

# 1. ATAQUE DEFENSIVO CONTRA LA PROPAGACIÓN

Las técnicas que tienen por objeto controlar la propagación del incendio industrial y, por tanto, evitar su crecimiento o afectación a elementos próximos se basan principalmente en la presurización de espacios y la refrigeración de superficies.

## 1.1. PRESURIZACIÓN DE ESPACIOS

La presurización de espacios evita que el humo penetre en las zonas presurizadas por lo que mantiene a estas ajenas al incendio exterior. Es complicada en cierto tipo de incendios, como:

- Incendios industriales de tipología D y E, ya que parte de su cubierta está al aire libre.
- Incendios industriales de tipología A, B y C, donde los caudales de aire de los motoventiladores encargados de la presurización no suelen ser suficientes para las grandes volumetrías que deben presurizar.

Los planes de prevención de las industrias han de contemplar las zonas de presurización que actuarán como cortafuegos, como vías de evacuación o como áreas de confinamiento seguro.

Por otra parte, la gran mayoría de naves industriales no está bien aislada, por lo que la presurización actúa como forma de protección en naves colindantes –sobre todo si se acompaña por una ventilación natural que refuerce la ventilación forzada que se está efectuando-, con buen resultado en muchos casos. Por el contrario, si la ventilación forzada va en dirección contraria a la natural y, por lo tanto, la contrarresta, el resultado es nefasto.

## 1.2. REFRIGERACIÓN DE SUPERFICIES

La refrigeración de superficies retrasa la afección que el incendio cercano puede estar ejerciendo sobre dichas superficies tanto por radiación como por convección.

Según la NTP 420 son generalmente situaciones controlables unos caudales máxicos de 1 kg/s para dardos o chorros de fuego (*jet fires*) y 2 kg/s para incendios de charco que corresponden a dardos o chorros (*jet fires*) de 10-15 m de longitud y a charcos (*pool*) de 50 m<sup>2</sup> de superficie respectivamente.

**Tabla 2.** Agua contra incendios requerida para el enfriamiento (según NFPA-15)

Exposición al incendio	Cantidad de agua de aplicación
Calor radiante	4-8 litros /min /m <sup>2</sup>
Llama directa incipiente	10 litros /min /m <sup>2</sup>
Llama dardo	1000-2000 litros /min (caudal del chorro de manguera)

Para calcular el agua que se necesita para enfriar se puede distinguir entre tres situaciones de exposición al incendio con tres diferentes recomendaciones sobre la cantidad de agua que ha de aplicarse.

Los caudales de aplicación del agua están expresados por m<sup>2</sup> de recipiente o por m<sup>2</sup> de área de su superficie proyectada.

La tabla anterior se puede usar para estimar el número de hidrantes y monitores que se necesitan para suministrar el agua de enfriamiento en el escenario del incendio. También puede ser utilizada para desarrollar proyectos de sistemas fijos de difusores de agua y de diluvio.

Los manuales proponen un caudal mínimo de agua de extinción de 4 a 20 litros/min/m<sup>2</sup> (expresado por m<sup>2</sup> del área de la superficie proyectada). Los caudales de aplicación deben ser evaluados para cada escenario de incendio por separado. Para estos cálculos puede ser de utilidad el manual NFPA-11 (estándar para espumas de baja, media y alta expansión).

Si dentro de la filosofía de protección contra incendios se considera que es recomendable usar espuma como medio de extinción, se deberá tener en cuenta para el cálculo de la demanda total de agua.

# 2. ATAQUE DIRECTO CON AGUA

El ataque directo se efectúa cuando se aplica un chorro pleno a la base del fuego. Debe aplicarse durante un tiempo moderado, ya que las capas térmicas se ven afectadas, el vapor producido se condensa y el humo cae rápido hacia el suelo, con alto riesgo de quemaduras por el vapor de agua producido.

## 2.1. CÁLCULO DE LOS CAUDALES CRÍTICOS DE EXTINCIÓN

Durante una intervención de extinción, el caudal empleado en la aplicación de agua no es continuo. Las condiciones en el interior determinarán el caudal a emplear o la supresión de agua durante un tiempo hasta recobrar el equilibrio térmico. En cierto momento puede ser necesario suministrar un caudal importante para hacer frente a fenómenos de inflamación de desarrollo rápido o para controlar una situación de incendio. Determinar el caudal a emplear es una decisión importante durante la extinción del incendio.

Será útil conocer ciertos términos clave para ayudarnos a diferenciar mejor los diferentes caudales de agua (**tabla 3**).

**Tabla 3.** Términos clave en extinción de incendios – caudales

Gasto de agua	Volumen de agua empleado durante una intervención.
Caudal medio	Gasto de agua dividido entre el tiempo de intervención.
Caudal disponible	Máximo caudal disponible en punta de lanza en cualquier momento de la intervención.
Caudal crítico	Mínimo caudal disponible para extinguir un incendio.
Caudal óptimo	Caudal disponible para extinguir un incendio con el mínimo gasto de agua.

El **caudal medio** de agua empleado en una intervención es poco significativo y relativamente bajo. La aplicación de agua se hace a intervalos o pulsaciones, seguidos de periodos de no aplicación.

Un caudal bajo aplicado durante más tiempo no es equivalente a un caudal alto aplicado durante menos tiempo.

Durante la aplicación del caudal, si la capacidad de enfriamiento y dilución del volumen de agua empleado no es suficiente, el incendio puede continuar desarrollándose.

Hoy en día las lanzas que utilizan los servicios de bomberos consiguen tamaños óptimos de gota a presiones nominales de 6-7 bares, sin que sea necesario recurrir a esquemas de alta presión para realizar técnicas de enfriamiento de gases con alto grado de eficiencia. No es cierto, por tanto, que los sistemas de alta presión y bajo caudal iguallen las capacidades extintoras de los sistemas de baja presión y alto caudal.

A medida que el caudal disponible se reduce, el tiempo necesario para extinguir el incendio se alarga, alcanzando una asíntota vertical en el valor del caudal crítico. Si en una operación de extinción, el caudal disponible es inferior al caudal crítico el incendio sólo decaerá por sí mismo cuando se agote el combustible.

Se ha demostrado que las condiciones del incendio apenas varían a pesar del trabajo continuo aplicando agua, y que sólo después de un intervalo de tiempo (la duración de la etapa de pleno desarrollo) el incendio decae. Es un error pensar que en estos casos es la intervención de los bomberos la que produce la extinción, ya que en realidad se debe a la ausencia de combustible adicional.

Aumentar el caudal disponible reduce el tiempo necesario para la extinción. Se reduce con rapidez al aumentar el caudal ligeramente por encima del caudal crítico y, después, se reduce en menor medida. A mayor caudal, mayor gasto de agua.

El **caudal óptimo** corresponde al mínimo gasto de agua posible.

El **caudal disponible** a emplear en una intervención debe ser:

- No inferior al caudal óptimo, sino lo más cercano posible a él.
- Suficiente para garantizar la seguridad del personal frente a fenómenos de rápido desarrollo.

El valor del caudal óptimo depende de múltiples factores:

- Potencia del incendio (tipo de combustible y grado de ventilación).
- Cantidad de combustible.
- Área afectada.
- Estado de desarrollo del incendio.

El análisis de datos estadísticos sobre más de 5000 incendios realizado por Paul Grimwood y Cliff Barnett (2005) apuntan a valores de 24 LPM/MW para incendios en vivienda residencial y 5 LPM/m<sup>2</sup> para incendios en superficies amplias (>100m<sup>2</sup>).

## 2.2. MODO DE APLICACIÓN DEL AGUA

El agua –debido a su alto calor específico– es una de las sustancias más efectiva en la absorción de calor y por ese motivo se usa para el enfriamiento, aunque también por ser un elemento económico y práctico.

Las temperaturas de ignición de la mayor parte de los combustibles son superiores a los 150 °C, por lo que si los combustibles expuestos son enfriados hasta una temperatura aproximada de 150 °C, el proceso de combustión cesará y el incendio se extinguirá.

Para un cierto volumen de agua la máxima acción de enfriamiento se produce cuando se convierte en vapor. La evaporación del agua genera una producción de vapor en una relación volumétrica de 1 a más de 1.600. La generación de vapor puede ser utilizada con gran eficacia en la lucha contra grandes incendios en espacios cerrados.

También es una excelente respuesta a los problemas de ventilación de edificios o espacios cerrados, donde la atmósfera interior está caliente y peligrosamente llena de humo. Ayuda a disminuir la cuota de accidentes entre los bomberos por la temida explosión o evolución súbita del incendio (*flash over*).

Si crece la superficie expuesta de un elemento absorbente en relación a su volumen su capacidad de absorción de calor aumenta. Esta es una ley natural que se debe tener en cuenta. Se debe replantear seriamente la alternativa de utilizar el chorro pleno en la lucha contra el incendio, pues el chorro pleno tiene un alto grado de ineficiencia debido a la limitada superficie de agua que se expone con relación al volumen.

## 3. ATAQUE INDIRECTO CON AGUA

El ataque indirecto se realiza para buscar la extinción por saturación en vapor de espacios confinados. Puede realizarse desde el exterior de la zona o, por ejemplo, a través de una puerta o ventana. El chorro de agua nebulizada o niebla de ángulo estrecho se dirige al techo y se mueve de un lado a otro a través de las paredes y los gases superficiales a nivel del techo.

El agua en contacto con superficies calientes genera gran cantidad de vapor súbitamente gracias a la gran expansión que sufre al cambiar de estado. Este vapor está acompañado de una extraordinaria absorción de calor, lo que se añade al proceso de sofocación por desplazamiento del oxígeno del recinto y provoca la extinción del incendio. Todo esto sucede en un breve lapso de tiempo y con muy poca cantidad de agua.

No es aconsejable utilizar este ataque cuando hay víctimas atrapadas o cuando no puede contenerse la propagación del fuego hacia zonas no implicadas, ya que el efecto de pistón que ocasiona la súbita expansión del vapor puede propagar el incendio hacia áreas no afectadas.

## 4. TÉCNICAS DE EXTINCIÓN A BASE DE ESPUMAS

La espuma, gracias a su capacidad para flotar y mantenerse adherida sobre la superficie de los combustibles, impide que los gases de pirólisis que se desprenden entren en ignición, al evitar su contacto con el oxígeno del aire. De esta forma logra sofocar y, dado su alto contenido en agua, enfría la superficie del combustible y de las paredes metálicas adyacentes, lo que además reduce la formación de dichos gases.

Así, aunque el mecanismo más habitual de extinción es la sofocación por cubrición y el enfriamiento, las espumas también pueden trabajar por inundación, desplazando el oxígeno mientras cubren todo el espacio libre posible. La

inundación se realizará siempre con espumas de alta expansión y requieren que el recinto que se vaya a inundar disponga de ventilación en el extremo opuesto al punto de aplicación de la espuma. De otra forma, la espuma no desplazará el aire del interior del recinto y no fluirá ocupando el espacio que se pretende llenar. Las contrapresiones reducirán el ratio de expansión de la espuma lo que derivará en una espuma más pesada que difícilmente llenará la estancia.

Las espumas presentan unas características especiales que las hacen idóneas para cierto tipo de incendios y desaconsejable para otros, pero al igual que con el agua, su efectividad depende en gran medida de la forma en que se apliquen. Las principales técnicas en el uso de espumas se detallan a continuación:

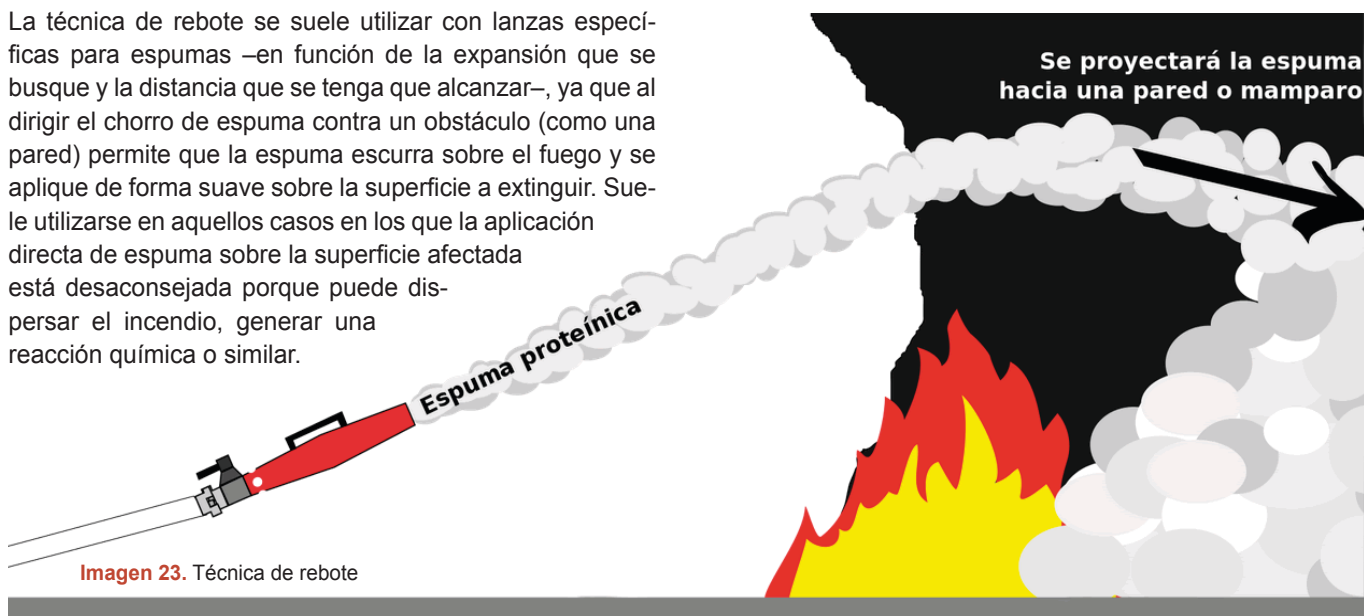
### 4.1. CUBRICIÓN SIMPLE

Para ejecutar esta técnica, el bombero apuntará su lanza para que golpee el suelo justo enfrente de la superficie del incendio. De esta forma la velocidad del flujo del chorro arrastrará la espuma hacia el combustible encendido y lo extinguirá.



### 4.2. CUBRICIÓN POR REBOTE

La técnica de rebote se suele utilizar con lanzas específicas para espumas –en función de la expansión que se busque y la distancia que se tenga que alcanzar–, ya que al dirigir el chorro de espuma contra un obstáculo (como una pared) permite que la espuma escurra sobre el fuego y se aplique de forma suave sobre la superficie a extinguir. Suele utilizarse en aquellos casos en los que la aplicación directa de espuma sobre la superficie afectada está desaconsejada porque puede dispersar el incendio, generar una reacción química o similar.



### 4.3. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE ESPUMA NECESARIA SEGÚN EXTENSIÓN

El caudal necesario de espuma en cada situación depende de la presión de trabajo a la que rinda la bomba generadora de espuma y del espacio o volumen que se deba cubrir. Cada caudal producirá diferente volumen de espuma por minuto y condicionará la expansión de la misma, según se indica en esta tabla:

**Tabla 4.** Caudal necesario de espuma

Presión de trabajo	Caudal nominal	Rendimiento	Expansión máxima
Presión K/cm <sup>2</sup>	Caudal LPM	Espuma m <sup>3</sup> /min.	
2,8	160	40	1:260
4,20	195	56	1:290
5,6	223	70	1:320
7	245	80	1:330
8,4	259	94	1:360

## 5. APLICACIÓN ESPECÍFICA DE LAS TÉCNICAS DE VENTILACIÓN EN INCENDIOS INDUSTRIALES

Tan importantes son los medios y técnicas de extinción como las condiciones de ventilación que afectan directamente a la efectividad de los trabajos realizados. Los tres tipos más determinantes son los siguientes:

### 5.1. VENTILACIÓN HORIZONTAL NATURAL

La ventilación natural se emplea:

- En una situación sin gran compromiso de combustible.
- En una situación con una carga de fuego controlada por la línea de agua.
- Durante una búsqueda primaria.

Para evitar que el ambiente interno sea insostenible para las víctimas potenciales, se debe tener en cuenta una ventilación bidireccional. Antes de utilizarla es necesario asegurar que la ventilación no provocará un incremento de la mezcla inflamable de gases que se encuentra dentro del recinto que se vaya a ventilar.

Si las aberturas que se realizan para ventilar un recinto industrial no son lo suficientemente grandes como para permitir una salida constante y de envergadura para los gases acumulados, se podrá provocar una catalización de la pirólisis y una intensificación del incendio derivada de ésta.

### 5.2. VENTILACIÓN VERTICAL NATURAL

El efecto chimenea es característico en los incendios de edificios con ventilación unidireccional. Se manifiesta como una succión del aire hacia la caja de escala o ascensor. Lo provoca la diferencia de temperaturas entre el ambiente exterior del edificio y el ambiente interior. Esta diferencia origina cambios en las presiones y la estratificación por gradientes de temperatura de las masas de aire dentro de la estructura en llamas.

En un edificio el humo tiende a moverse hacia una zona fría, y por el efecto chimenea se moverá como una masa uniforme a través de escaleras, huecos de ascensores o naves superiores. Este humo, que puede viajar varios pisos por conductos interiores en el edificio, contiene CO, letal para las víctimas potenciales y los propios intervinientes.

### 5.3. VENTILACIÓN POR PRESIÓN POSITIVA (VPP)

La Ventilación por Presión Positiva (VPP) hace uso de la capacidad de los gases de tender al equilibrio de sus presiones. Al introducir aire en un recinto se genera un gradiente positivo en relación con el medio externo que provoca que el humo y los gases de la combustión contenidos en el interior salgan hacia una zona con menores presiones.

La dirección de ataque al fuego en un recinto sujeto a ventilación debe ser planteada y llevada a cabo desde las posiciones que se encuentran a favor de las corrientes afluentes. Esto permitirá trabajar con mayor facilidad y llegar con prontitud al foco del incendio.

No se debe utilizar las aberturas de salida de ventilación para introducir líneas de ataque, porque tal disposición no sólo contribuye a impedir la fácil evacuación del calor, humo y gases, sino que la proyección hídrica actúa como vehículo impulsor de estos productos hacia la abertura de toma de aire, que es el lugar por el que precisamente acceden los efectivos que luchan por ingresar al recinto. En definitiva, no hay evacuación y se impide el ingreso del personal, lo que permite que el incendio gane tiempo y espacio.







CAPÍTULO

3

## Valoración de incendios industriales

# 1. LECTURA DEL INCENDIO

## 1.1. VALORACIÓN GENÉRICA DEL DESARROLLO DEL INCENDIO (SEGÚN INCENDIOS DE INTERIOR)

La valoración de un incendio industrial se fundamenta en los recursos disponibles, el plan de actuación que se va a seguir y las condiciones que se presentan en la zona de trabajo. Estas, a su vez, están condicionadas por el combustible, el tipo de estructura y los riesgos inminentes.

### 1.1.1. CARACTERÍSTICAS DE LA CONSTRUCCIÓN

Se parte de la base de que la estabilidad estructural determina el **tiempo** de intervención disponible. A priori, es sumamente complicado determinar la estabilidad de una construcción. Sólo a título orientativo se puede señalar que, en función de material, el comportamiento de la estructura presentará diferencias, tal y como ya se ha indicado anteriormente:

- Las estructuras de acero soportan temperaturas medias durante periodos prolongados, pero un pico de temperatura reducirá el límite elástico del acero lo que puede provocar el colapso.
- Las estructuras de hormigón armado soportan bien los picos de temperatura debido a su mayor inercia térmica. Sin embargo las exposiciones prolongadas provocan fisuras y desconchamientos que debilitan la estructura al dejar expuesta la armadura de acero.
- Las estructuras de madera son inflamables y pueden aportar combustible al incendio. Presentan una buena estabilidad estructural incluso en llamas y sólo con el tiempo, cuando el incendio genera una pérdida de sección, la estructura se debilita. Ahora bien, no son estructuras habituales en edificios industriales.

Hay que tener en cuenta que las reglas fundamentadas exclusivamente en el tipo de material resultan simplistas. Es necesario considerar muchos otros elementos:

- El sistema de equilibrio de la estructura (estático o hiperestático).



Imagen 24. Estructura de acero

- Los detalles de unión de la estructura.
- La existencia de elementos que permitan la dilatación.

Todo esto queda desarrollado en detalle en el manual que contempla lo relativo a la construcción y la edificación.

### 1.1.2. CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO

La selección de los métodos de actuación, tanto de ataque al fuego como de búsqueda y rastreo, está determinada por las características del entorno. En naves industriales tipo D y E, en las que una parte de la cubierta está al aire libre y disponen de buena visibilidad, los siguientes son peligros poco habituales:

- La propagación del incendio.
- La acumulación de gases.
- Las altas temperaturas.
- El peligro de colapso.

Por el contrario, si se trata de tipo A, B o C, la forma de trabajo se equipara a un incendio de vivienda, con la contrapartida de que muchas veces ofrece tener una estructura cuyas condiciones constructivas la hacen fácilmente colapsable.

En cualquier caso, uno de los riesgos más relevantes en todas las tipologías industriales radica en el tipo y cantidad de **combustible** involucrado.

### 1.1.3. TIPO Y CANTIDAD DE COMBUSTIBLE

El factor más importante para cualquier tipo de incendio, ya sea industrial, de vivienda, de vehículo u otros, es el tipo de combustible y su cantidad.

Cada combustible ofrece un nivel de carga de fuego entendiendo que, en la mayoría de los casos, serán de tipo medio o bajo, salvo en las industrias químicas, talleres y fábricas de pintura, barnices, fabricación pirotécnica y similares, que serán de nivel alto.

## 1.2. IDENTIFICACIÓN DE ACCIONES PRIORITARIAS

### 1.2.1. EVACUACIÓN DE OCUPANTES

En las industrias siempre debe existir un Plan de Autoprotección o Plan de Emergencia que debe indicar un punto de encuentro para los evacuados y un responsable de dicho plan. Cuando los vehículos de emergencias llegan al siniestro, normalmente la evacuación y el recuento de los trabajadores -tanto internos como externos- de la empresa se ha realizado. De no ser así, será lo primero que se debe comunicar al mando de la intervención para que planifique la actuación considerando la posibilidad de que hubiera víctimas involucradas.

### 1.2.2. BÚSQUEDA Y RASTREO

El rastreo y la búsqueda de víctimas en el interior son habituales en las intervenciones de ataque a un incendio. Si bien el rescate de víctimas es una prioridad táctica en la mayoría de los casos, existen situaciones donde es esencial realizar un control previo del incendio para poder ase-



gurar la vida de la víctima o evitar un agravamiento general de la situación.

La técnica de búsqueda y rastreo está condicionada por los recursos disponibles y el número de víctimas. En este sentido, si es posible realizar simultáneamente el ataque al incendio y la búsqueda de víctimas, las posibilidades de éxito se multiplican.

En las actividades de búsqueda y rastreo, herramientas como la cámara térmica resultan de gran utilidad pues permiten reducir el tiempo de rastreo y facilitan la orientación del equipo en progresión por el interior de un entorno sin visibilidad. Asimismo, debido a la gran extensión de las naves industriales, se recomienda el empleo de herramientas de mano, tipo herramienta de bombero.

Los gases de incendio constituyen el mayor riesgo para las víctimas. Existen dos estrategias posibles para evitarlos: bien extraer a la víctima de la zona de peligro o bien retirar el peligro (el humo y la temperatura) de la zona donde se encuentra la víctima.

La ventilación VPP defensiva tiene especial interés de cara a la búsqueda y rastreo de víctimas en los siguientes escenarios:

- Edificios complejos.
- Incidentes con múltiples víctimas.
- Cuando las tareas de ataque al incendio y búsqueda de víctimas no pueden ser simultaneadas por escasez de personal.

En espacios amplios sin visibilidad y baja temperatura -normalmente fuera del recinto de incendio- pueden emplearse cuerdas guía como elemento para asegurar el retorno a un punto de origen o para la realización de barridos de rastreo.

### 1.2.3. RIESGOS INMINENTES

Los riesgos inminentes que se deben considerar en un incendio industrial, principalmente, son dos:

- Colapsos estructurales.
- Tipo de industria y material que almacena, produce o manipula.
- **Colapsos estructurales** (imagen 25)

El colapso de estructuras en naves industriales es un riesgo generalizado que puede provocar accidentes que afecten a víctimas y/o intervinientes. Existen múltiples formas de colapso y hay que tener especial cuidado en los colapsos múltiples o en cadena que habitualmente se dan cuando hay distintas naves compartiendo estructura. En ese caso, cuando el incendio se genere en una de ellas, el posterior colapso podrá afectar a todas las naves anexas.

### 1.2.4. PROPAGACIÓN

Es un tema muy relevante para los servicios de emergencias con pocos efectivos. En primer lugar se debe rescatar a las víctimas y salvaguardar los bienes materiales. Dado

que los incendios industriales, por su tamaño y fuerte poder calorífico, pueden propagarse a naves y lugares colindantes, el mando en la intervención deberá tenerlo muy en cuenta.

## 1.3. CAPACIDAD DE LOS RECURSOS DISPONIBLES

El mando de la intervención dispondrá de los recursos para tres funciones principales, por orden de importancia:

- Rescate.
- Propagación.
- Extinción.

### 1.3.1. PARA EL RESCATE, EVACUACIÓN O CONFINAMIENTO

Se dispondrá siempre de un mínimo número de miembros de una dotación para el rescate de posibles víctimas, evacuación o confinamiento. Dicho rescate podría contar con la ayuda de un vehículo de altura, siempre muy útil en incendios industriales. A la hora de distribuir los recursos, esta variable de la intervención debe considerarse la más importante.

### 1.3.2. PARA EL CONTROL DE LA PROPAGACIÓN

El control de la propagación es, tras el rescate de las víctimas, primordial para servicios con pocos efectivos y debe ser el paso anterior a la extinción. Como en el caso anterior, un gran apoyo en puntos de difícil acceso para los intervinientes son los vehículos de altura, que permiten controlar la propagación con mayor seguridad.

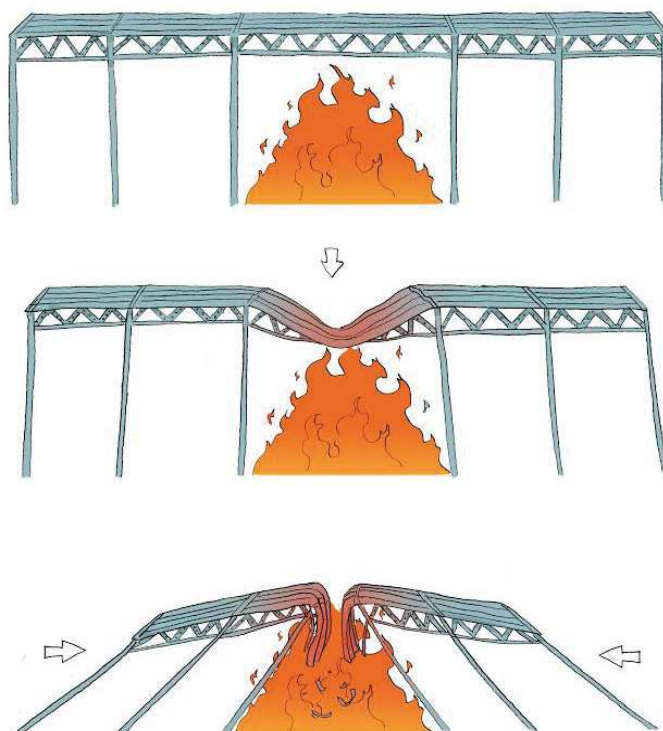


Imagen 25. Colapso estructura

### 1.3.3. PARA LA EXTINCIÓN

- Es la parte donde los recursos se tienen que cuantificar con mayor precisión en los siguientes parámetros:
- Cantidad de agua / agente extintor necesario.
- Caudal mínimo.
- Número de intervinientes.
- Puntos de ataque.
- Relevos.
- Etc.

## 1.4. VALORACIÓN DINÁMICA DURANTE LA INTERVENCIÓN

### 1.4.1. INCENDIO

La **valoración dinámica** en un incendio industrial es primordial para decidir la forma de actuar.

- Si la tipología de la nave es A, B o C se efectuará de forma similar a un incendio de interior, siempre y cuando no exista peligro de colapso. Son factores relevantes el tipo de combustible existente en las naves y el posible cambio de condiciones. La extinción de estos incendios se debe hacer por enfriamiento (en casos puntuales, por sofocación).

- La tipología de naves industriales E y F, al estar sin cubierta la mayor parte, son incendios alimentados por el exterior. El corte de propagación se realiza quitando material combustible.

### 1.4.2. RECURSOS

Se deben determinar los recursos disponibles en una intervención antes del siniestro. En un siniestro industrial se suele disponer de **recursos propios de la empresa**, tanto físicos como humanos. En el Plan de Emergencia de las empresas deben estar contemplados estos recursos que se pondrán a disposición del mando de los servicios de emergencias. Por tanto, el mando de la emergencia puede y debe conocerlos. Estos recursos son especialmente valiosos ya que conocen perfectamente las instalaciones, los recursos, los tipos de combustible, las vías de escape, etc.

### 1.4.3. ÉXITO DE LAS ACCIONES EMPRENDIDAS

Todo plan de actuación en una intervención tiene un **objetivo**. Si existe un cambio de las condiciones de la intervención -colapso de la estructura, cambio de condiciones en la ventilación, falta de recursos por roturas, etc.-, el plan debe ser revaluado inmediatamente por el mando de la intervención. Muchos incendios industriales son de larga duración y las condiciones cambian en cuestión de minutos en un alto porcentaje. El mando de la intervención debe tener el conocimiento de toda la información posible para que las acciones emprendidas lleguen a buen fin.





CAPÍTULO

4

## Tácticas de intervención

# 1. ELECCIÓN DEL PLANTEAMIENTO TÁCTICO

## 1.1. ESTABLECIMIENTO DE PRIORIDADES

El establecimiento de prioridades en un incendio industrial es similar al resto de incendios:

- Rescate de víctimas.
- Control de la propagación y extinción de los focos.
- Posible reparación de daños (estructurales o de servicios).
- Vuelta a la normalidad.

La prioridad del mando en un incendio industrial siempre será, en primer lugar, salvaguardar las vidas humanas y, en segundo lugar, los bienes materiales. Además, el mando determinará si es prioritario evitar la propagación del incendio a otros lugares o la extinción.

### 1.1.1. PLANTEAMIENTOS DEFENSIVOS



Parte 3 “Incendios de interior” para consultar en detalle estas técnicas.

El empleo de una VPP Defensiva es una decisión táctica relevante que debe ser tomada por el mando de la intervención. Normalmente implica el confinamiento del área de incendio para evacuar los gases de incendio del resto de la estructura. El flujo creado por el ventilador no atraviesa el foco de incendio.

Ventajas de la VPP Defensiva:

- Mejora la supervivencia de víctimas y ocupantes atrapados fuera de la zona directamente afectada por el incendio al introducir una atmósfera respirable.
- Permite realizar operaciones de búsqueda con plena visibilidad.
- Permite limpiar y asegurar los pasillos y cajas de escaleras que constituyen la ruta de escape del edificio para los ocupantes.

### 1.1.2. PLANTEAMIENTOS OFENSIVOS



Parte 3 “Incendios de interior” para consultar en detalle estas técnicas.

La VPP Ofensiva también se basa en el confinamiento del incendio para evacuar los gases de incendio del resto de la estructura, pero el flujo creado por el ventilador sí atraviesa el foco de incendio. La VPP Ofensiva genera una ventana temporal en la que las condiciones son más favorables para el avance, antes de que la respuesta del incendio al aire fresco proporcionado genere un crecimiento del mismo. Durante esa ventana de tiempo, el equipo en progresión rápida por el interior debe ser capaz de aplicar técnicas basadas en la aplicación de agua para reducir el potencial del incendio.

Ventajas de la VPP Ofensiva:

- **Mejora la visibilidad.** La visibilidad en un incendio es sinónimo de rapidez; es lo que permite al equipo ser capaz de encontrar con celeridad el camino de acceso y escape del incendio y efectuar las tareas de búsqueda y rastreo.
- **Mejora la supervivencia de víctimas.** El aire fresco introducido en el interior del recinto de incendio cae, por efecto de su mayor densidad, y proporciona un colchón de aire respirable y fresco para las víctimas.
- **Reducción de la temperatura.** Una sustitución rápida de la atmósfera interior del recinto por aire fresco exterior contribuye a la reducción de la temperatura.
- **Menor cantidad de combustible.** Los gases de incendio contienen una importante fracción de combustible que proviene de productos de combustión incompleta, así como de la pirólisis de los combustibles. Al expulsar a la atmósfera los gases de incendio, gran parte de estos combustibles son arrastrados al exterior del recinto, donde no contribuyen al crecimiento del incendio ni a que se produzcan fenómenos de rápido desarrollo (*flashover*).

Para que la VPP Ofensiva sea eficaz debe ser muy rápida. La rapidez evitará la mezcla de los gases de incendio con el aire fresco y contribuirá tanto a mejorar las condiciones con mayor rapidez, como a disminuir el tiempo necesario para llegar al foco del incendio.

## 1.2. CONTROL EXTERIOR DE PROPAGACIÓN



Parte 3 “Incendios de interior” para consultar en detalle esta técnica.

El control exterior de propagación es una prioridad que debe valorar el mando en la planificación de la intervención. La mayoría de las veces se hará desde una zona segura y/o con ayuda de un vehículo de altura. En muchos casos, son zonas de difícil acceso y este tipo de vehículos son de gran ayuda. Se usará poco caudal de agua durante bastante tiempo y se humedecerá toda la zona que pueda afectar el incendio. Se emplearán las lanzas en cortina con el alcance que sea necesario.

## 1.3. ATAQUE DIRECTO EXTERIOR



Parte 3 “Incendios de interior” para consultar en detalle esta técnica.

Este tipo de ataque mejora las condiciones del interior del incendio para la supervivencia. Por tanto, se utilizará:

- En los primeros momentos de la intervención.
- En incendios de difícil acceso al interior.
- En incendios de extrema peligrosidad por peligro de colapso, inminente deflagración o explosión.

Se dirigirá un chorro sólido hacia una de las paredes o el techo, con caudal medio y chorro directo en punta de lanza.

#### 1.4. ATAQUE DIRECTO INTERIOR



Parte 3 “Incendios de interior” para consultar en detalle esta técnica.

En este tipo de ataque se enfría la superficie del foco y se interrumpe la pirólisis, lo que producirá vapor de agua con el consiguiente peligro de quemaduras. El punta de lanza debe mantener el cono abierto; ya que, si este cono se cierra y se convierte en chorro directo, la cantidad de vapor de agua será mucho mayor, lo que multiplica el peligro de quemaduras.

#### 1.5. ATAQUE INDIRECTO



Parte 3 “Incendios de interior” para consultar en detalle esta técnica.

El ataque indirecto es una técnica cuyo objetivo es la extinción mediante la inundación del recinto con vapor de agua desde un punto exterior. Se denomina ataque indirecto ya que el chorro de la aplicación no llega a alcanzar de forma directa el foco del incendio. La extinción se logra gracias a los efectos de enfriamiento (principalmente a la absorción de calor que tiene lugar en la evaporación del agua) y de dilución de los gases del incendio que, ante el gran volumen de vapor de agua generado, se desplaza fuera del rango de inflamabilidad.

Ventajas:

- Permite un ataque al recinto del incendio desde una posición segura (interior o exterior), sin que los intervinientes se vean expuestos a las condiciones del recinto interior.

Inconvenientes:

- Pérdida completa de la visibilidad al inundarse el recinto con vapor de agua.
- En caso de víctimas en el interior, posibles quemaduras por exceso de vapor de agua.
- Desplazamiento de los gases de incendio a otras estancias, empujados por el vapor de agua.

Desde un punto exterior y a través de una apertura (puerta o ventana), el bombero en punta de lanza realizará una aplicación de agua relativamente prolongada hasta conseguir llenar el recinto con vapor de agua. Como en cualquier técnica de aplicación de agua, debe realizarse en función de las condiciones del incendio y la geometría del recinto.

Para inundar el recinto de vapor de agua se necesita profundidad en el chorro, que se obtiene con:

- Patrones de cono bastante cerrados.
- Intervalos de aplicación de media a larga duración.
- caudal medio-alto.

En esta técnica el impacto de las gotas de agua contra las paredes del entorno tiene un efecto menos negativo que en otras. Si bien la mayor parte de la absorción de calor se realizará en la pared y no en el colchón de gases de

incendio, el vapor de agua permanecerá en el recinto. En cualquier caso es preferible que la evaporación de agua se produzca en el colchón de gases, ajustando el caudal, penetración y tamaño de gota a dicho objetivo.

Esta técnica requiere una aplicación de media-larga duración, por lo que el chorro aplicado debe describir un movimiento que siga dos patrones básicos:

- Patrón en T: preferible durante las primeras pulsaciones o cuando el recinto está sometido a un fuerte gradiente térmico. El punta de lanza describe una T en tres tiempos: dos en la zona horizontal superior y un tercero en la vertical central, empezando por la parte superior. Así se aplica más agua en el colchón de gases de incendio.
- Patrón en O: se emplean en aplicaciones sucesivas o en recintos amplios. Consisten en mover circularmente el chorro en una circunferencia completa en el tiempo establecido para una pulsación, de modo que el vapor de agua quede mejor distribuido por todo el recinto.

Tras cada aplicación debe realizarse un tiempo de reposo que permita al vapor de agua redistribuirse por todo el recinto y alcanzarse un equilibrio térmico. Este tiempo permitirá evaluar la efectividad de la aplicación de agua realizada y modificar los parámetros necesarios de cara a la siguiente.

#### 1.6. INUNDACIÓN EN ESPUMA

Es complicado ejecutar este tipo de tácticas en incendios industriales, ya que debido a su extensión y volumen se trata de dimensiones prácticamente inalcanzables para los recursos disponibles. Como medida de prevención las empresas suelen contar con sistemas de inundación automática. Como se ha comentado anteriormente, cuando se opte por la ejecución de este tipo de técnicas, se utilizará espuma de alta expansión.

#### 1.7. CUBRICIÓN CON ESPUMA

Cuando la carga de fuego disminuye y la extinción total se complica debido a que el agente extintor no alcanza el foco mismo del incendio (por problemas de penetración), la cubrición con espuma es una táctica muy utilizada y que garantiza buenos resultados. En función de la cantidad de extensión que se deba cubrir, la cantidad de agua y el espumógeno disponible, se suele utilizar espuma de baja o media expansión.

#### 1.8. ATAQUE EN PRESIÓN POSITIVA CONTRA LA PROPAGACIÓN

Es una técnica recomendable en la tipología de nave A y B y, en menor medida, en el tipo C.



Parte 3 “Incendios de interior” para consultar en detalle esta técnica.

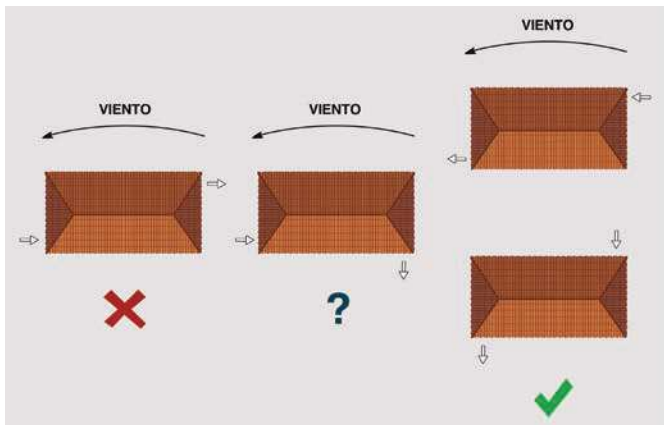


Imagen 26. Ataque en presión positiva contra la propagación

Tiene por objeto evitar la propagación del incendio a naves o edificios colindantes y, cuando hay escasez de efectivos, suele ser una gran solución. En naves industriales la contraindicación de esta técnica es que el caudal de aire de un ventilador debe ser muy alto. Además el mal sellado de las naves industriales puede hacer que no sea efectivo este tipo de ataque. Por último, y como ya se ha comentado

anteriormente, no debe emplearse nunca en contra de la dirección de la ventilación natural.

Existen recursos de autoprotección de naves que podrían valer como ataque en presión positiva para la propagación, como por ejemplo el hueco de escaleras de otra nave colindante a la incendiada y que disponga de su propio sistema de presurización.

### 1.9. ATAQUE EN PRESIÓN POSITIVA PARA LA PROGRESIÓN

Este ataque se utilizará para limpiar de humo pasillos, escaleras y otros caminos para llegar al incendio. Siempre habrá una salida de gases distinta a la entrada de aire fresco y el incendio estará confinado y aislado de esta zona.



Parte 3 "Incendios de interior" para consultar en detalle esta técnica.

Las contraindicaciones a esta táctica de progresión son fáciles de reconocer: un posible *backdraft* si se desplazan los gases a otras zonas desconocidas. Por esto, es necesario vigilar la entrada y salida de gases siempre que ésta siga un patrón unidireccional.

