



Programa Europeo de Formación de Formadores para Equipos de Respuesta

**Tema 10**

**Gestión de explosiones de hidrógeno**

**NIVEL I**

**Bombero**

La información aportada en esta tema está dirigida a los niveles **Bombero** y superiores.

Este tema también está disponible en los niveles II, III y IV

Este tema forma parte del conjunto de materiales formativos para los niveles I – IV: Bombero, Jefe de equipo (Oficial), Subjefe de intervención / Jefe de intervención y Técnico Asesor / Bombero Especialista. Es importante consultar el tema de introducción en el que se detalla la información relativa a las competencias y expectativas de aprendizaje

Nota: estos materiales son propiedad del Consorcio HyResponder y deben ser reconocidos como tal; se han utilizado como base los resultados de HyResponse



### Descargo de responsabilidad

A pesar del cuidado que se ha puesto en elaborar este documento, se aplica el siguiente descargo de responsabilidad: la información en este documento se proporciona tal como es y no se garantiza que la información sea adecuada para un fin concreto. El usuario de la misma empleará la información por su propia cuenta y riesgo.

Este documento refleja únicamente las opiniones de los autores. La FCH JU y la Unión Europea no se responsabilizan del uso que pueda hacerse de la información aquí incluida.

### Agradecimientos

El proyecto ha recibido financiación de la FCH JU (now Clean Hydrogen Partnership) en virtud del acuerdo de subvención nº 875089. La JU recibe apoyo del programa de investigación e innovación Horizonte 2020 y de Reino Unido, Francia y Austria, Bélgica, España, Alemania, Italia, Chequia, Suiza y Noruega.

## Resumen

En este tema se abordan las principales características de las explosiones "químicas": deflagraciones y detonaciones, así como las "explosiones físicas": roturas de depósito.

## Palabras clave

Deflagraciones, detonación

## Índice

Resumen	3
Palabras clave	3
1. Público destinatario	5
1.1 Descripción de funciones: Bombero	5
1.2 Nivel de competencia: Bombero	5
1.3 Conocimientos previos: Bombero	5
2. Introducción y objetivos	5
3. Terminología útil	6
4. Efectos de las ondas expansivas en personas y edificios	6
Agradecimientos	7
Referencias	7

## 1. Público destinatario

La información aportada en este tema está dirigida al NIVEL 1: Bombero. También hay temas disponibles en los niveles II, III y IV: jefe de equipo (Oficial), subjefe de intervención / jefe de intervención y técnico asesor / Bombero especialista.

A continuación se describen las funciones, el nivel de competencia y las expectativas de aprendizaje asumidas por el Bombero.

### Descripción de funciones: Bombero

El bombero es responsable y se espera que sea capaz de realizar operaciones de forma segura con Equipo de Protección Individual (EPI), incluido el Equipo de Respiración Autónoma (ERA), y utilizando el equipamiento necesario, como por ejemplo vehículos, escaleras, mangueras, extintores, equipos de comunicación y rescate, en todo tipo de condiciones climáticas y situaciones de emergencia en las que se pueda prever de un modo razonable que requerirán una respuesta.

### Nivel de competencia: Bombero

Entrenado en el uso seguro y correcto de EPI, ERA y demás equipos que pueda utilizar; los primeros intervinientes deben poseer los conocimientos y práctica necesaria. Es necesario que los comportamientos que los mantendrán seguros a ellos y a otros compañeros se describan en los Procedimientos Operativos Estándar (SOP). Se requiere la capacidad práctica para evaluar de forma dinámica el riesgo para la propia seguridad y la de los demás.

### Conocimientos previos: Bombero

EQF 2 Conocimientos básicos de un campo de trabajo o estudio. Habilidades cognitivas y prácticas básicas necesarias para utilizar información relevante a fin de realizar tareas y resolver problemas rutinarios utilizando reglas y herramientas sencillas. Trabajar o estudiar bajo supervisión con cierta autonomía.

## 2. Introducción y objetivos

La economía del hidrógeno se ha convertido en parte de nuestra vida cotidiana. Los vehículos impulsados con hidrógeno circulan ya por nuestras carreteras. Las explosiones de hidrógeno pueden generar elevados niveles de sobrepresión y presentar por ello una amenaza para las personas y los bienes materiales. La seguridad de las aplicaciones de hidrógeno en automoción y su infraestructura relacionada, incluyendo garajes, talleres de mantenimiento, aparcamientos y túneles, es un ámbito de preocupación.

En temas anteriores hemos tratado las propiedades específicas y los peligros asociados con los diferentes tipos de aplicaciones de FCH. Este tema se centrará en las explosiones generadas por una reacción química (es decir, por combustión) y las "explosiones físicas" (es decir, que no implican combustión). Hay dos tipos de "explosiones por combustión", a saber, deflagraciones y detonaciones. Existen otros tipos de "explosiones", por ejemplo "explosiones físicas" de recipientes por sobrepresión debido a un sobrellenado superior al límite establecido (rotura de recipiente), como resultado de una reacción en cadena, etc. El término "explosión" es poco preciso y evitaremos utilizarlo en este tema cuando y donde sea posible. A veces, el uso del término "explosión" puede provocar malentendidos. Por ejemplo, algunas normas introducen incorrectamente el denominado "límite de explosión" [1]. Esto se hace a pesar de que puede haber una diferencia significativa entre "límite de inflamabilidad", pertinente para las deflagraciones, y "límite de detonabilidad" [1]. En este tema, los equipos de intervención conocerán los fenómenos asociados a las deflagraciones y las detonaciones, con sus principales rasgos y consecuencias, así como los posibles medios de prevención y mitigación [1]. Se analizará en detalle la técnica de mitigación más rentable y ampliamente utilizada: la deflagración ventilada.

## 3. Terminología útil

*Tamaño de celda* es el parámetro que caracteriza la sensibilidad a la detonación de una mezcla hidrógeno-aire [2].

*Deflagración* es el fenómeno de propagación de zona de combustión a una velocidad inferior a la del sonido (velocidad subsónica) en una mezcla nueva sin quemar [1].

*Detonación* es el fenómeno de propagación de zona de combustión a una velocidad inferior a la del sonido (supersónica) en una mezcla sin reacción [1].

*Velocidad de llama* es la velocidad de la llama con respecto a un observador fijo [2].

*Sobrepresión* es la presión en la onda expansiva por encima de la presión atmosférica, o la presión dentro de una estructura de contención, que es superior a la atmosférica [3].

## 4. Efectos de las ondas expansivas en personas y edificios

Las ondas expansivas pueden provocar numerosos daños, que se clasifican como efectos primarios, secundarios y terciarios [4].

- Efectos primarios:
  - Daño a la audición
  - Daño a los pulmones y otros órganos internos
- Efectos secundarios:
  - Lesiones debidas a restos proyectados (p.ej. fragmentos de vidrio)
  - Derrumbe de estructuras sobre personas que resultan en lesiones graves o muerte
- Efectos terciarios:
  - Desplazamiento de todo el cuerpo de una persona

No es solo la sobrepresión lo que causa daños, sino también el impulso ejercido sobre una persona u objeto, el lugar donde se encuentra la persona y qué equipo personal lleva puesto.

Tabla 1. Umbrales de sobrepresión relativos a daños personales (al aire libre).

Efecto	Sobrepresión, bar
Cambio de umbral temporal [5]: umbral "sin daños" para distancia peligrosa (perímetro de evacuación)	0,0135
1% de probabilidad de perforación del tímpano (elegido como umbral de "lesión") [6]	0,165
1% de probabilidad de muerte-hemorragia pulmonar (elegido como umbral de "letalidad") [6]	1

Tabla 2. Umbrales de sobrepresión para daño de edificios [6].

Daño	Sobrepresión, bar
Daños leves en la vivienda	0,048
Demolición parcial de los restos de una vivienda inhabitable	0,069
Destrucción casi total de la casa	0,345-0,483

## Agradecimientos

Reconocemos la aportación del proyecto HyResponse, ya que los materiales aquí presentados se basan en las temas originales de HyResponse.

## Referencias

1. Molkov, V (2012). Fundamentals of hydrogen safety engineering, Part I and Part II. Disponible en: [www.bookboon.com](http://www.bookboon.com), libro electrónico de descarga gratuita.
2. Dorofeev, SB (2007). Evaluation of safety distances related to unconfined hydrogen explosions. International Journal of Hydrogen Energy. Vol. 32, pp. 2118-2124.
3. NFPA, National Fire Protection Association (2009). Gas Natural Comprimido (GNC) Código de Sistemas de Combustible en Vehículos, 52.
4. Proyecto HyFacts. Capítulo DM. Deflagraciones y detonaciones de hidrógeno. Disponible en: <http://hyfacts.eu/category/education-training/> [consultado el 04/01/2016].
5. Baker, WE, Cox, PA, Westine, PS, Kulesz, JJ y Strehlow, RA (1983). Explosion hazards and evaluation. Elsevier Scientific Publishing Company.
6. Mannan, S (2005). Lees' Loss Prevention in the Process Industries, 3ª ed., vol. 1. Elsevier Butterworth-Heinemann.