



Programa Europeo de Formación de Formadores para Equipos de Intervención

Tema 7

Fugas de hidrógeno no inflamado en espacios exteriores y su mitigación

NIVEL I

Bombero

La información aportada en esta clase 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



Tema 7: Fugas de hidrógeno no inflamado en espacios exteriores y su mitigación

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.



Tema 7: Fugas de hidrógeno no inflamado en espacios exteriores y su mitigación

Resumen

Las emisiones de hidrógeno no deseadas van seguidas de una mezcla del gas fugado con el aire ambiente, estas son condiciones iniciales suficientes para generar un riesgo de incendio y/o explosión. Las fugas no inflamada conllevan una fuga de hidrógeno gaseoso comprimido que se ha almacenado a altas presiones en sistemas e infraestructuras FCH.

Palabras clave

Fuga no inflamada, detección

Tema 7: Fugas de hidrógeno no inflamado en espacios exteriores y su mitigación

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. Fugas de hidrógeno comprimido	6
3. Explosión de un depósito de almacenamiento de hidrógeno comprimido	7
4. Detección de fugas de hidrógeno	7
Agradecimientos	8
Referencias	8

Tema 7: Fugas de hidrógeno no inflamado en espacios exteriores y su mitigación

1. Público destinatario

La información aportada en esta clase está dirigida al NIVEL 1: Bombero. También hay clases 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.

1.1 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.

1.2 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.

1.3 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.

Tema 7: Fugas de hidrógeno no inflamado en espacios exteriores y su mitigación

Fugas de hidrógeno comprimido

Tal y como se ha explicado en clases anteriores, los vehículos FC están equipados con depósitos de almacenamiento de hidrógeno presurizados hasta los 700 bar, y los elementos de repostaje funcionan a presiones de hasta 1000 bar [1]. Debido al pequeño tamaño de su molécula, el hidrógeno es propenso a fugas. Las fugas/escapes de hidrógeno se originan principalmente en válvulas y conexiones [2], y pueden producirse tanto en el interior como en el exterior. Las fugas pueden ser sin incendio (sin reacción) o con incendio (que reaccionan). Aunque la rotura total de una tubería o recipiente es un evento poco frecuente, debe considerarse como el peor escenario posible. Es importante realizar un esfuerzo especial para evitar escapes de hidrógeno no deseados. Un escape de hidrógeno, ya sea a través de un PRD o por la rotura de una tubería, generará un chorro (**JET**) de alta presión.

En la Tabla 1 se resumen los tipos de fugas y equipos o componentes que generan fugas de hidrógeno [3].

Tabla 1. Fuentes de fugas y escenarios desarrollados por EIGA (2007) [3]

Equipo/componente	Tipo de fuga
Tubería	Agujeros, rotura de tuberías
Bridas	Fallo de la junta, movimiento térmico, fluencia del material
Unión soldada	Grieta de soldadura
Conexión soldada	Grieta en la soldadura, fusión de la soldadura
Conexión de unión	Movimiento térmico, fuga
Unión roscada	Fuga, fallo de la junta, fluencia, rotura del material
Conexión de manguera	Fuga de la junta, rotura del material, error humano
Válvulas	Fuga en el vástago, fuga en la junta, apertura del capó/carcasa por impacto
Mangueras	Rotura de la perforación
Instrumentos	Rotura de elementos
Reguladores	Rotura del diafragma, fuga de la junta, rotura aguas abajo (sobrepresión)
Válvulas solenoides	Fuga en sello
Bombas	Perforación, fuga en sello
Cilindro	Perforación, rotura, fuga de permeabilidad

Tema 7: Fugas de hidrógeno no inflamado en espacios exteriores y su mitigación

Explosión de un depósito de almacenamiento de hidrógeno comprimido

Un estudio CFD realizado por Li et al. [4] demostró que:

- para escapes de hidrógeno no inflamado procedentes de depósitos de almacenamiento presurizados a 350 bar y 700 bar, las mayores distancias de peligro se producen en los 10 s posteriores a la apertura del TPRD y la duración de los peligros asociados al escape de hidrógeno es inferior a 2 min;
- las distancias de peligro para fugas de hidrógeno no inflamado de un TPRD, orientado verticalmente en un coche FC volcado, son significativamente más cortas que las de los chorros libres;
- tanto para el público en general como para los intervinientes no equipados con Ropa de protección térmica, la distancia de peligro máxima por escape no inflamado oscila entre 8 y 12 m, dependiendo de la presión de almacenamiento;
- para garantizar que la concentración de hidrógeno sea siempre inferior al LII (4 vol. %) en la entrada de aire de los edificios, la distancia de peligro debe ser de al menos 11 m para escapes de 350 bar y de 13 m para escapes de 700 bar. **(SIEMPRE MINIMO 13 m PORQUE NO SABEMOS LA PRESION DE ALMACENAMIENTO)**

Detección de fugas de hidrógeno

Es importante saber que, en las **tecnologías de seguridad del hidrógeno ?**, los sensores no tienen una fiabilidad absoluta, debido a la flotabilidad y la difusividad del hidrógeno. Por ejemplo, un sensor de hidrógeno servirá de poco en un gran recipiente o en el exterior. La colocación de sensores se debe considerar detenidamente, y es posible emplear herramientas como **CFD** para simular escenarios de fuga y obtener información útil sobre la colocación óptima de sensores. Se necesitan tanto monitores fijos como sensores personales/de mano para la protección del personal y las instalaciones.

La propuesta de localización de los sensores de hidrógeno se detalla a continuación:

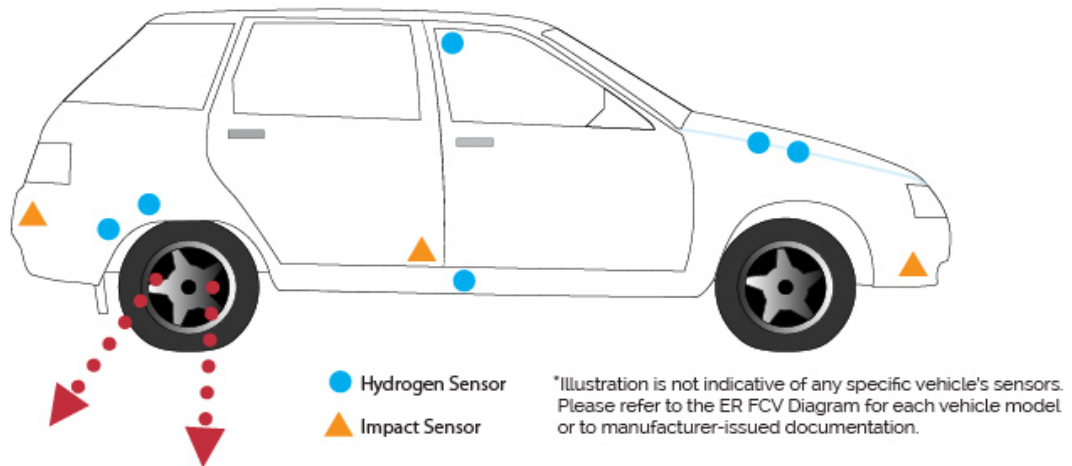
- ubicaciones en las que puede haber fugas o vertidos de hidrógeno;
- en las conexiones de hidrógeno **rutinariamente** separadas (por ejemplo, puertos de repostaje de hidrógeno);
- ubicaciones en las que se puede acumular hidrógeno;

Tema 7: Fugas de hidrógeno no inflamado en espacios exteriores y su mitigación

- en los conductos de entrada de aire del edificio, si el hidrógeno se pudiera transportar al interior del mismo;
- en los conductos de escape de los edificios, si el hidrógeno se pudiera liberar dentro del edificio.

También se exige la instalación de sensores de hidrógeno en los vehículos de FC para advertir de posibles fugas. Las ubicaciones de los detectores de hidrógeno para los Vehículos Eléctricos con Pila de Combustible (FCEV) están marcados como puntos azules en la Figura 1 e incluyen [5]:

- tubo de escape (control de proceso);
- cabina de pasajeros (seguridad);
- motor (seguridad);
- celdas de la pila de combustible (seguridad).



● Hydrogen sensors detect hydrogen leaks in the passenger cabin and through the vehicle. It's very unlikely that the fuel system will leak, however if the sensors detect a leak a solenoid will close and seal hydrogen in the tank. In addition, electrical relays open to shut down the vehicle and isolate the high voltage.

▲ Impact sensors detect collision, just as air bag sensors do. This also seals fuel in the tank and isolates high voltage. (Buses do not have this sensor)

¹ Hydrogen sensor: sensor de hidrógeno.

Impact sensor: sensor de impacto.

Tema 7: Fugas de hidrógeno no inflamado en espacios exteriores y su mitigación

Figura 11 Posible ubicación de sensores de hidrógeno en un VEPC [5].

Agradecimientos

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

Referencias

1. Molkov, V (2012). Fundamentals of hydrogen safety engineering, Part I and Part II. Disponible en: www.bookboon.com, libro electrónico de descarga gratuita
2. Proyecto HyFacts. Capítulo R. Escapes y dispersión de hidrógeno. Disponible en: <https://www.h2euro.org/hyfacts/category/education-training/> [consultado el 12/11/2020].
3. EIGA, Asociación Europea de Gases Industriales (2007). Determinación de distancias de seguridad. IGC Doc 75/07/E.
4. Li, Z, Makarov, D, Keenan, J, Molkov, V (2015). Estudio CFD de los escapes de hidrógeno con y sin encendido desde TPRD bajo un coche de pila de combustible. 6º Congreso Internacional sobre Seguridad del Hidrógeno, 19-21 octubre 2015, Yokohama, Japón.
5. CFCP, California Fuel Cells Partnership, 2014. Disponible en: <http://cafcp.org/> [consultado el 12/11/2020].

Illustration is not indicative of any specific vehicle's sensors. Please refer to the ER FCV Diagram for each vehicle model or to manufacturer-issued documentation: La ilustración no muestra los sensores de ningún vehículo específico. Consulte el diagrama de ER FCV para cada modelo de vehículo o la documentación suministrada por el fabricante.

Hydrogen sensors detect hydrogen leaks in the passenger cabin and through the vehicle. It is very unlikely that the fuel system will leak, however if the sensors detect a leak a solenoid will close and seal hydrogen in the tank. In addition, electrical relays open to shut down the vehicle and isolate the high voltage: Los sensores de hidrógeno detectan fugas de hidrógeno en la cabina de pasajeros y en el vehículo. Es muy poco probable que el sistema de combustible tenga fugas, no obstante, si los sensores detectan una fuga, un electroimán cerrará y sellará el hidrógeno del depósito. Además, los relés eléctricos se activan para apagar el vehículo y aislar la alta tensión.

Impact sensors detect collision, just as air bag sensors do. This also seals fuel in the tank and isolates high voltage (Buses do not have this sensor). Los sensores de impacto identifican las colisiones, de la misma manera que lo hacen los airbags. Esto también sella el combustible en el depósito y aísla la alta tensión (los autobuses no cuentan con este sensor).