

Colabora:



Más de 50 años al servicio de la Seguridad Industrial

... y un gran futuro por delante

La instrucción de seguridad H2 de BEQUINOR. Distancias de seguridad



Comisiones de Seguridad



Hidrógeno



Asociados CSH2



Arturo García Cobaleda

Enrique Sánchez Mota

Marceliano Herrero Sinovas



Guía Técnica: Seguridad del Hidrógeno



11

Transformación del hidrógeno en otros combustibles y productos químicos

Índice

11.1 Transformación del hidrógeno

11.1.1 Transformación del hidrógeno en otros combustibles

La mayor parte de la materia está formada de hidrógeno, aunque siempre ligado a otros componentes, siendo necesario procesar la materia para poder extraerlo o producirlo, aplicando una cierta energía sobre la materia que lo contiene.

Esta energía permite que el hidrógeno pueda ser liberado y obtenerlo en estado puro. Por esa razón se dice que el hidrógeno, al igual que la electricidad, es un vector energético. Es decir, un producto manufacturado que precisa de una inversión de energía para ser producido.

El hidrógeno, puede convertirse en otra fuente de energía como combustible que puede ser usado en motores de combustión para el transporte, o en pilas electroquímicas para generar electricidad. De esta manera, puede impulsar directamente vehículos al combustionar o bien generar electricidad a partir de esa reacción electroquímica, ayudando a reducir los contaminantes atmosféricos.

Actualmente existen dos tipos de vehículos propulsados por hidrógeno, el vehículo de pila de combustible, que es capaz de transformar el hidrógeno en energía eléctrica y el vehículo con motor de hidrógeno que tiene un funcionamiento muy similar al motor de combustión convencional, aunque solo emite agua.

El hidrógeno es una fuente inagotable de energía que, como ventaja, solo produce agua si se utiliza como combustible.

Cuando el Hidrógeno se utiliza en las celdas de combustible, convierten la energía química almacenada en el enlace H-H en energía eléctrica mediante un proceso que no está sometido al ciclo de Carnot. Por esta razón, la eficiencia energética resulta de dos a tres veces superior a la de un motor térmico.

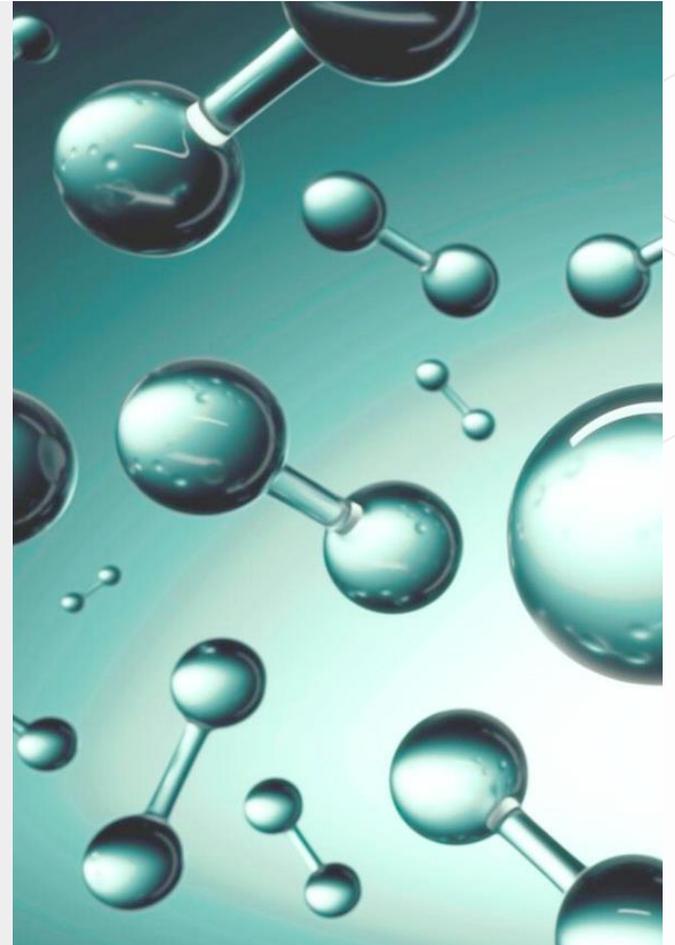
Las celdas de combustible ofrecen limpieza, versatilidad, capacidad modular y altas eficiencias en la transformación de la energía química del hidrógeno en energía eléctrica que puede utilizarse para generar luz y calefacción en hogares, oficinas o fuente de energía eléctrica para las fábricas. También puede utilizarse como generador extra de emergencia para hospitales u otros centros cuando falla el suministro principal.

Mediante células de combustible, también se puede utilizar el hidrógeno extraído del gas natural para crear agua caliente en entornos residenciales y comerciales.



Índice instrucción técnica

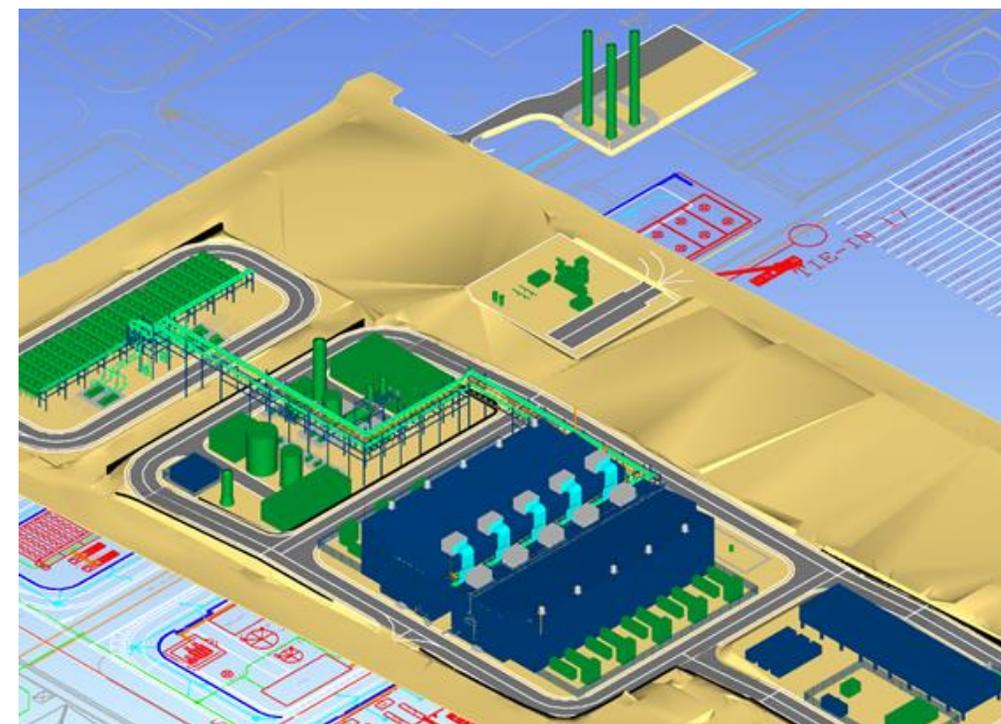
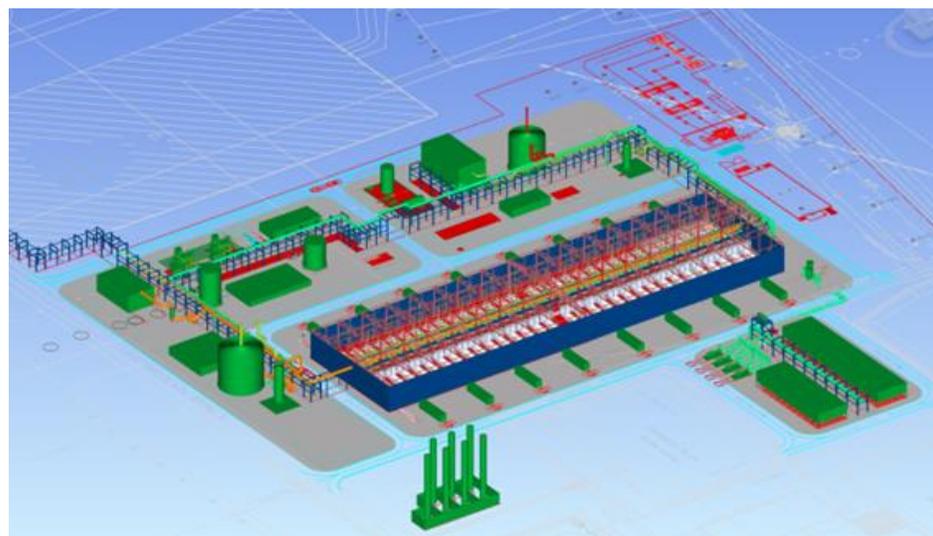
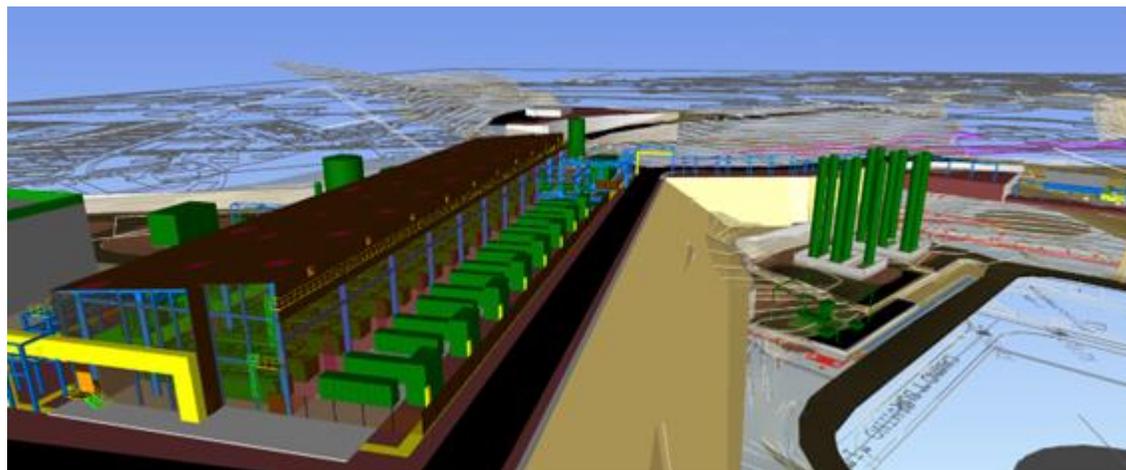
- 1 Objeto y campo de aplicación
- 2 Normas de consulta
- 3 Términos y definiciones
- 4 Clasificación de instalaciones. Instalación y puesta en servicio
- 5 Medidas generales de seguridad
- 6 Recipientes: Diseño y construcción
- 7 Obra civil (cimentaciones, drenajes, edificios)
- 8 Diseño de las instalaciones (sensores, tuberías, materiales, válvulas, etc.)
- 9 Zonas de carga y descarga
- 10 Distancias de seguridad
- 11 Sistemas de protección contra incendios
- 12 Instalación eléctrica
- 13 Plan de mantenimiento
- 14 Controles periódicos



Colabora:



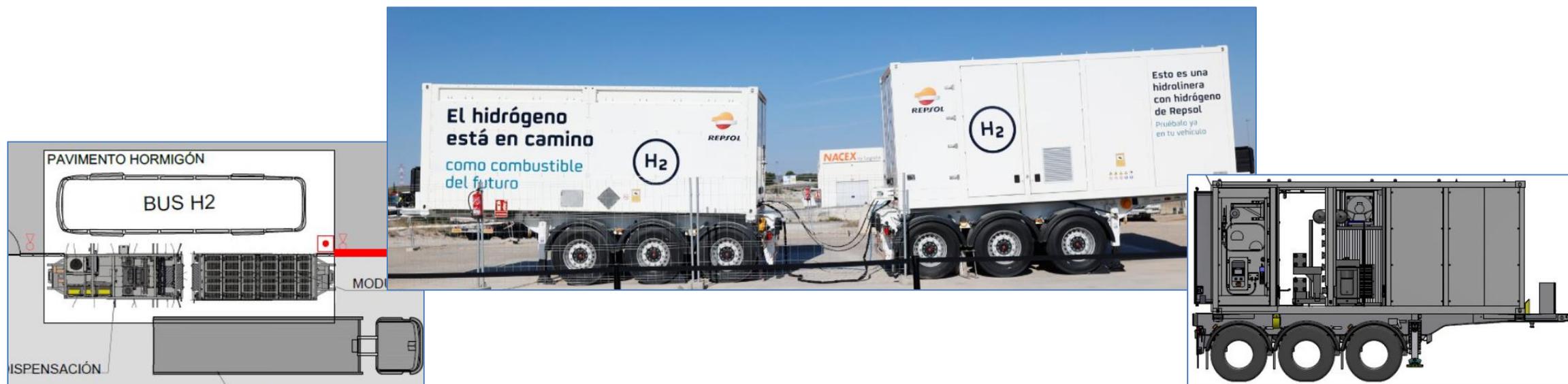
Necesidad de la Instrucción. Problemática Usos Industriales



Colabora:



Necesidad de la Instrucción. Problemática Usos para la Movilidad



Nuevo producto para la Movilidad, con características y riesgos diferentes, que es necesario conocer

Operativa nueva a desarrollar en base a estos riesgos (buenas prácticas de operación y mantenimiento)

Falta de legislación que concrete criterios de seguridad en el diseño e implantación



Situación Normativa Actual y Normativa Técnica de Referencia

Colabora:



Situación Normativa Actual

- Hidrógeno gaseoso: No existe una normativa específica
- Reglamentos generales: se aplican RAPQ, REP, etc., sin ITC específica
- Vacío normativo : falta de regulación para instalaciones de almacenamiento de H₂ gaseoso

Normativa Técnica de Referencia

- NFPA-2 (Hydrogen Technologies Code) como referencia técnica internacional
- Clasificación almacenamientos en función de la capacidad
 - Non-bulk storage ($Q < 141,6 \text{ Nm}^3$)
 - Bulk storage ($Q \geq 141,6 \text{ Nm}^3$)
- Para cada clasificación establece elementos de seguridad y distancias reglamentarias en función de la tipología del almacenamiento: Interior o exterior
- Análisis de riesgo: Avalan estas distancias de seguridad



Colabora:



BULK STORAGE: DISTANCIAS PARA INSTALACIONES DE ALMACENAMIENTO EXTERIOR

- Establecimiento de grupos de exposición:
 - Grupo 1: Instalaciones ajenas y elementos propios del establecimiento sin relación con el almacenamiento de H₂
 - Grupo 2: Personal del establecimiento no relacionado con el almacenamiento de H₂
 - Grupo 3: Distancias entre instalaciones propias
- Establecimiento de distancias basadas en la presión del almacenamiento de H₂ y el máximo diámetro del sistema de almacenamiento
- Para diámetros no tabulados, aporta fórmulas de cálculo basadas en análisis de riesgo

NFPA-2: Tabla 7.3.2.3.1.2(B)(a) Distancia mínima (D) desde sistemas de hidrógeno tipo Bulk a grupos de exposición— Diámetro de tubería máxima típica				
Presión	>103.4 to ≤1724 kPa	>1724 to ≤20,684 kPa	>20,684 to ≤51,711 kPa	>51,711 to ≤103,421 kPa
Diámetro interno de tubería (ID) _{d_{mm}}	d = 52.5 _{mm}	d = 18.97 _{mm}	d = 7.31 _{mm}	d = 7.16 _{mm}
Grupo 1 de exposición	m	m	m	m
Límite de propiedad del establecimiento				
Entradas de aire ajenas al sistema de hidrógeno (HVAC, compresores, otros)	5	6	4	5
Aberturas practicables en edificios y estructuras				
Fuentes de ignición como llamas abiertas y puntos de soldadura				
Grupo 2 de exposición	m	m	m	m
Personal ajeno a la operación del sistema de hidrógeno	5	6	3	4
Aparcamientos				
Grupo 3 de exposición	m	m	m	m
Edificios ejecutados con materiales incombustibles				
Edificios ejecutados con materiales combustible				
Almacenamientos de gases inflamables (en superficie o subterráneos)				
Almacenamientos de otros productos peligrosos (en superficie o subterráneos)				
Madera pesada, carbón u otros materiales de combustión lenta. Sólidos combustibles				
Combustibles ordinarios, incluidos los de combustión rápida, sólidos tales como madera ordinaria, papel, virutas de embalaje, o desechos combustibles y vegetación que no sean las existentes en zonas mantenimiento de zonas ajardinadas	4	5	3	4
Aberturas no practicables en edificios y estructuras				
Afección de servicios públicos aéreos (distancia horizontal desde proyección vertical del cable eléctrico aéreo más cercano)				
Tuberías contenido productos peligrosos				
Estación de regulación y medida de gases combustibles.				

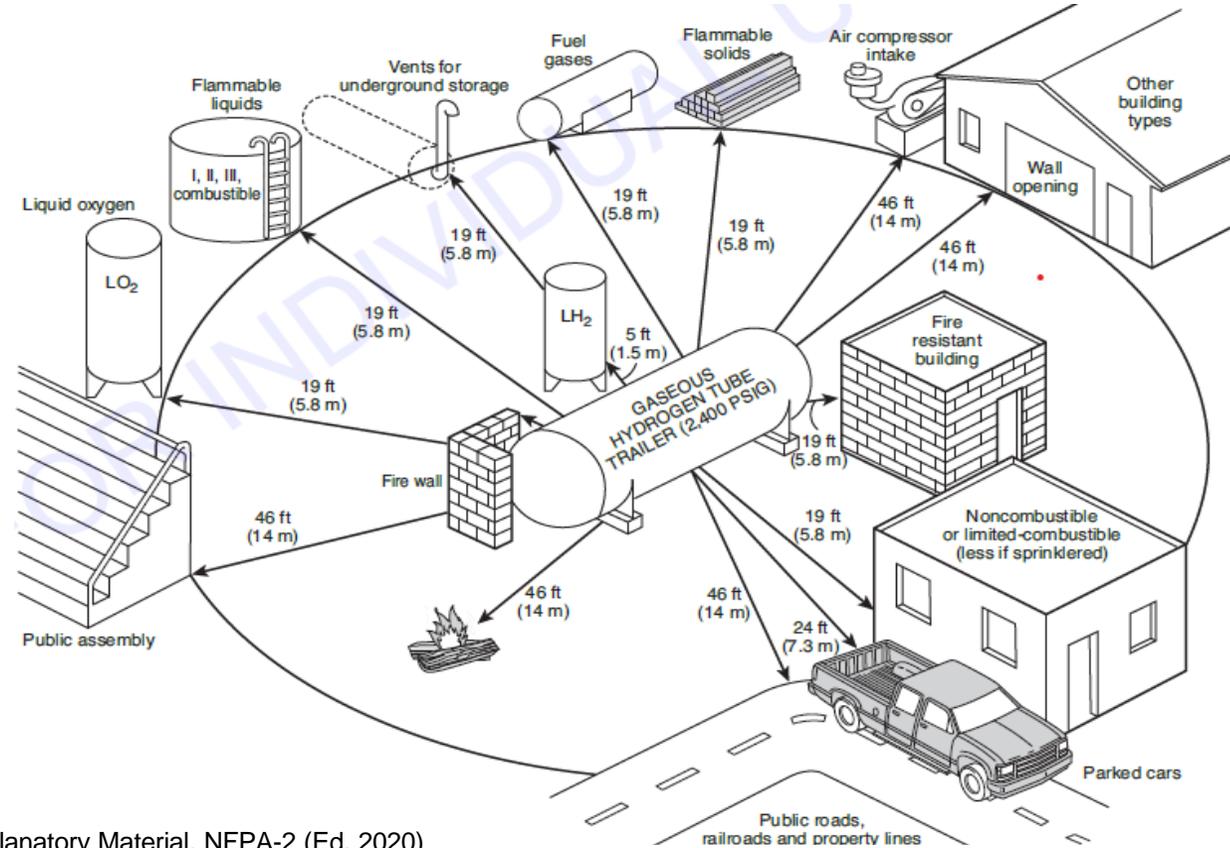


Bulk Storage: Distancias para Instalaciones de Almacenamiento Exterior

Colabora:



EJEMPLO DE DISTANCIAS REGLAMENTARIAS ENTRE ALMACENAMIENTO Y GRUPOS DE EXPOSICIÓN



Fuente: Annex A- Explanatory Material. NFPA-2 (Ed. 2020)

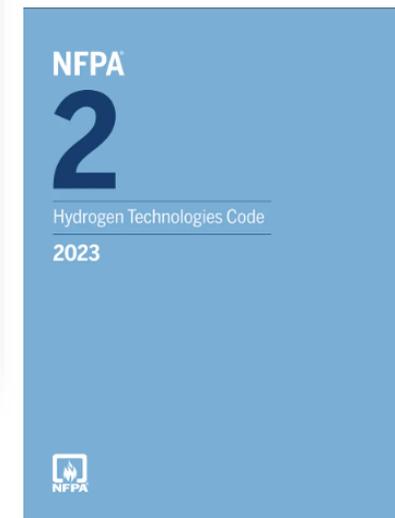
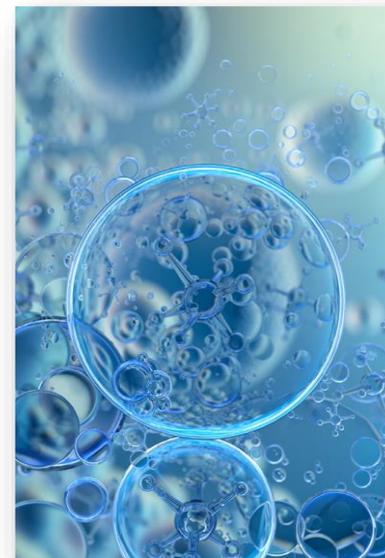


Análisis y comprobación de las distancias de seguridad de la NFPA-2

Colabora:



- En el grupo de trabajo de distancias de seguridad hemos profundizado en la NFPA-2 para analizar en detalle:
 - qué significan las distancias que incluye
 - cómo se han obtenido
 - cómo hay que interpretar los resultados.
- Se han usado ejemplos reales para, una vez analizado cómo obtiene NFPA 2 distancias, cotejarlas con software comercial de uso extendido para cálculos cuantitativos de efectos y consecuencias.
- Se ha usado un enfoque global, gracias al conocimiento de los miembros del grupo, teniendo en cuenta aspectos específicos de seguridad, contraincendios, regulatorios, etc.



Evaluación de la idoneidad de usar distancias de la NFPA-2 para la instrucción técnica de BEQUINOR con enfoque cuantitativo de riesgos

Objetivos

- Analizar significado distancias de seguridad NFPA-2
- Concluir si está técnicamente justificado, con conocimiento y herramientas disponibles, definir las distancias de NFPA-2

¿Cómo lo hemos hecho?

- NFPA 2 basa distancias de seguridad en análisis de riesgos, a partir de fugas con un diámetro específico que depende de las dimensiones de las conexiones al almacenamiento y del rango de presión.
- Ejemplos de proyectos de distintas condiciones de presión y diámetros de conexión.
- Cálculo de efectos de radiación por dardo de fuego tras fuga de hidrógeno
- Distancias a los umbrales de radiación definidos en la NFPA-2 de acuerdo al grupo de exposición evaluado.
- Puesta en común de posibles interpretaciones, criterios, etc

¿Qué resultados hemos obtenido?

- Comparativa simulaciones y tablas NFPA-2 por grupo de exposición.
- Conclusiones sobre idoneidad del uso de distancias de tablas de distancias NFPA-2.
- Acuerdo sobre definición más explícita del significado de las distancias y de los grupos de exposición

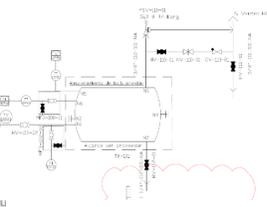
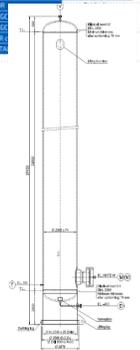
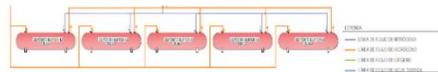
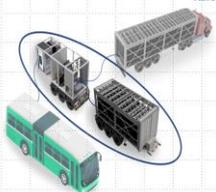


Simulaciones con software

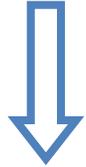
- EFFECTS (GEXCON) y PHAST (DNV)
- Distintas consultoras para comparativa software
- Comparativa resultados simulaciones y distancias tablas NFPA-2



ESPECIFICACIONES	CONTI-13-06
Presión de trabajo	450 bar
Tipo de botella	Tipo H
Certificación	TPEUADR
Rango de temperaturas	-20 / +65 °C
Capacidad atmosférica (litros)	12.584 l
Capacidad Nm3(a) a 15°C (litros)	4.506 Nm3
Capacidad a 15°C (litros)	376 kg
Capacidad de recarga a 15°C (litros)	100 kg
Carroz de apoyo	20 H
Tipo de chasis ADP	



Caso de estudio	Diámetro tubería interno real (pulgadas)	Presión/cantidad fugada (aislable)	Rango presión NFPA	Diámetro característico tubería NFPA -2 por rango P (pulgadas)	Diámetro tubería interno para cálculos (pulgadas)	Tamaño de fuga (mm)/Dirección	Caudal de fuga representativo (kg/s) (Nota 1)	Tiempo de fuga a caudal variable (s)	Distancia a LII (m)	Longitud de llama (m)	Distancia a 1,6 kW/m2 (m)	Distancia a 4,73 kW/m2 (m)	Distancia a 20 kW/m2 (m)	Distancia a 25,2 kW/m2 (m)	Distancia NFPA 2 Grupo 1	Distancia NFPA 2 Grupo 2	Distancia NFPA 2 Grupo 3
Almacenamiento Proyecto 1	0,5	450 bar g/ 94 kg	206,8 < P ≤ 517,1	0,312	0,312	1,37 mm horizontal 2,2 mm horizontal	0,0239 0,0617	33431 12959	4 6	3 5	6 9	4 7	3 5	3 5	5 10	3 7	3 5
Almacenamiento Proyecto 2.1	0,5	300 bar g/ 107 kg	206,8 < P ≤ 517,1	0,312	0,312	1,37 mm horizontal 2,2 mm horizontal	0,0163 0,042	48185 18691	3 5	3 4	5 8	4 6	3 5	3 5	5 10	3 7	3 5
Almacenamiento Proyecto 2.2	0,5	500 bar g/ 74 kg	206,8 < P ≤ 517,1	0,312	0,312	1,37 mm horizontal 2,2 mm horizontal	0,0264 0,068	24839 9631	4 6	3 5	6 10	5 7	4 6	4 6	5 10	3 7	3 5
Almacenamiento Proyecto 2.3	0,5	900 bar g/ 25 kg	517,1 < P ≤ 1034,2	0,282	0,282	1,24 mm horizontal 2,2 mm horizontal	0,037 0,1165	7670 2437	5 8	4 6	7 12	5 9	5 8	4 7	5 18	4 9	4 7
Almacenamiento Proyecto 3	4	18 bar g/ 233 kg	17,2 < P ≤ 206,8	0,75	0,75	3,3 mm horizontal 17,6 mm horizontal	0,0063 0,179	106649 3749	2 11	2 8	3 10	3 13	2 10	2 9	6 32	6 34	5 27
Almacenamiento Proyecto 4	1	40 bar g/ 494 kg	17,2 < P ≤ 206,8	0,75	0,75	3,3 mm horizontal 4,4 mm horizontal	0,014 0,024	139642 78553	3 4	2 3	5 7	4 5	3 4	3 3	6 8	6 8	5 7
Almacenamiento Proyecto 5	0,312	450 bar g/ 33,9 kg	206,8 < P ≤ 517,1	0,312	0,312	1,37 mm horizontal	0,02399	222144	1	1	1	1	NA	NA	5	3	3
Almacenamiento Proyecto 6	0,312	900 bar g/ 26,9 kg	517,1 < P ≤ 1034,2	0,282	0,282	1,24 mm horizontal	0,0024	122021	1	1	2	1	1	1	5	4	4
Almacenamiento Proyecto 7	3	120 bar g/ 838 kg	17,2 < P ≤ 206,8	0,75	0,75	3,3 mm horizontal 13,2 mm horizontal	0,038 0,605	120017 7501	5 26	4 14	8 31	6 22	4 16	4 16	6 24	6 25	5 20
Almacenamiento Proyecto 8	1,5	120 bar g/ 8000 kg	17,2 < P ≤ 206,8	0,75	0,75	3,3 mm horizontal 6,6 mm horizontal	0,038 0,604	>1000000 85064	5 10	4 7	8 16	6 11	4 8	4 8	6 12	6 12	5 10
Almacenamiento Proyecto 9	0,75	30 bar g/ 60 kg	17,2 < P ≤ 206,8	0,75	0,75	3,3 mm horizontal	0,01	42103	3	2	4	3	2	2	6	6	5
Almacenamiento Proyecto 10	0,75	300 bar g/ 465 kg	206,8 < P ≤ 517,1	0,312	0,312	1,37 mm horizontal 3,3 mm horizontal	0,016 0,095	197748 34081	3 7	3 6	5 12	4 9	3 7	3 6	5 17	3 11	3 8



Casos de estudio Almacenamiento

- HRS portátil, a 450 bar g y conexión ½”.
- HRS fija, a 300, 500 y 900 bar g conexión ½”.
- 18 bar g y conexión 4”.
- 40 bar g y conexión 1”.
- 450 bar g y conexión 0,312”.
- 900 bar g y conexión 0,312”.
- 120 bar g y conexión 3”.
- 120 bar g y conexión 1 y 1/2”.
- 30 bar g y conexión 1”.
- 300 bar g y conexión 3/4”.

Consideraciones de interés

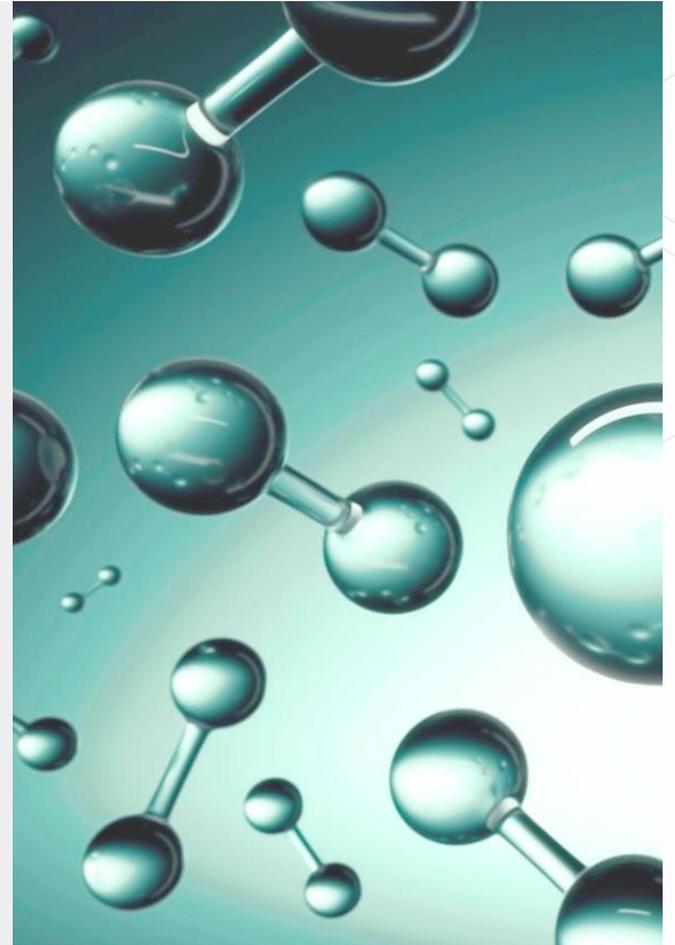
- Las distancias están establecidas frente a consecuencias de radiación.
- Dependen del diámetro de la fuga y la presión, no de la cantidad total fugada.
- NFPA-2 considera más crítico el grupo 1 de exposición (límite de propiedad, entradas de aire, aberturas practicables) que grupos 2 y 3 en cuanto a distancias.

Conclusiones más relevantes

- **Hasta 3” de diámetro**, tal como indica NFPA-2, los **resultados con simulaciones son del mismo orden**.
- Son **distancias máximas**. Si no se cumplen, se recomiendan estudios específicos para justificación reducción distancias y toma de decisiones de diseño (ej. muros apantallamiento)

Índice instrucción técnica

- 1 Objeto y campo de aplicación
- 2 Normas de consulta
- 3 Términos y definiciones
- 4 Clasificación de instalaciones. Instalación y puesta en servicio
- 5 Medidas generales de seguridad
- 6 Recipientes: Diseño y construcción
- 7 Obra civil (cimentaciones, drenajes, edificios)
- 8 Diseño de las instalaciones (sensores, tuberías, materiales, válvulas, etc.)
- 9 Zonas de carga y descarga
- 10 Distancias de seguridad
- 11 Sistemas de protección contra incendios
- 12 Instalación eléctrica
- 13 Plan de mantenimiento
- 14 Controles periódicos



Colabora:



Muchas gracias a todos los que nos habéis ayudado a ser un referente.