

Transporte de hidrógeno por tubería. Oportunidades y retos

Iván Montero Puñal. Enagás, Dirección General de Infraestructuras



Jornada sobre Materiales para Almacenamiento y Distribución de Hidrógeno - CIEMAT-MATERPLAT
24/05/2022



- 1. H₂ como vector energético para la descarbonización. Oportunidades.**
2. Marco normativo. Legislación, normas y códigos/estándares aplicables.
3. Infraestructuras de transporte (nuevas y existentes). Retos.

Futura red europea del hidrógeno (European Hydrogen Backbone)

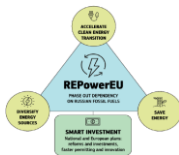


Para 2040, se prevé una red de hidrógeno de 39.700 km

69% gasoductos existentes de gas natural adaptados



REPowerEU



REPowerEU

- Publicado el 18/05/2022.
- Rápida reducción de la dependencia energética (combustibles fósiles) de Rusia.
- Corredor Ibérico.
- Hidrógeno (no Gas Natural).
- Alto grado de indefinición.
- ¿Nuevas infraestructuras o reconversión de gasoductos existentes?

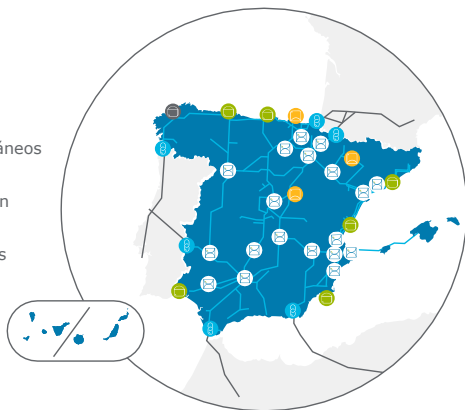
11.000 km de gasoductos

6 plantas de GNL

3 almacenamientos subterráneos

19 estaciones de compresión

6 conexiones internacionales





1. H₂ como vector energético para la descarbonización. Oportunidades.
- 2. Marco normativo. Legislación, normas y códigos/estándares aplicables.**
3. Infraestructuras de transporte (nuevas y existentes). Retos.

Marco normativo

Aspectos generales

- Transporte de mezclas (**blending**) GN-H₂ **hasta un 20% vol.**
- Transporte de hidrógeno (**100% H₂**).
- **Necesidad de nueva reglamentación en España** (GN, GN-H₂, H₂).
- Europa: **prEN 1594:2021**. Pendiente de publicación.
 - Nuevo "Anexo B" (**informativo**).
 - "**Nuevas** infraestructuras" (pipelines) **y** (reconversión de) "gasoductos **existentes**".
 - En ambos casos, **referirá a ASME B31.12**: "Opción A" ($f_0 \leq 0,5$) u "Opción B" ($f_0 > 0,5$).
 - Siguiente edición de EN 1594. **Criterios propios**. Pendiente de estudios (evidencias).
- Códigos y documentos de referencia: **ASME B31.12**, **EIGA IGC Doc. 121/14** y otros.
 - ASME B31.12: Cuarta edición; criterios procedentes de servicio "**sour service**"; **excesivo conservadurismo**.
 - EIGA IGC Doc. 121/14: recomendaciones y complemento de ASME.
 - **Otros**: EPRG, CEN/TR 17797, DVGW G-409, GERG, PRCI, etc.



1. H₂ como vector energético para la descarbonización. Oportunidades.
2. Marco normativo. Legislación, normas y códigos/estándares aplicables.
- 3. Infraestructuras de transporte (nuevas y existentes). Retos.**

Transporte de H₂. Infraestructuras

Antecedentes

- Producción, transporte y almacenamiento de H₂ **no es reciente**.
- La presencia de H₂ en los aceros no es un fenómeno nuevo.

Localización	km
EE.UU.	2608
Europa	1598
Resto del mundo	337

} **4500 km**

- Diseñados/construidos bajo códigos/estándares específicos, que difieren de los tradicionales, siendo más restrictivos.
- **Mecanismos** de daño **no completamente conocidos**. Son varios en los que el H₂ está envuelto y causa daños en los aceros.
- Experiencias en transporte de H₂ en redes de distribución existentes (UK, Holanda, etc.).

Transporte de H₂. Infraestructuras

Efectos de la presencia del H₂ en los aceros

- ¿De dónde proviene?
 - Inclusión de hidrógeno durante la fabricación del acero y/o soldadura.
 - Como resultado de corrosión (particularmente en presencia de H₂S).
 - **Disociación del H₂ gaseoso** (molecular) en la superficie del acero (absorción y difusión).

Los dos primeros se han abordado mediante mejoras en el control del proceso (soldadura con bajo H₂ o tratamiento térmico) y mediante empleo de aceros con microestructura adecuada.

- Fragilización por hidrógeno (HE). Mecanismo exacto aún objeto de discusión.
 - Depende de la **concentración** y de la **presión**. Factor determinante: **Presión parcial** (fugacidad). Incluso a presiones bajas.
 - Importancia de la **microestructura del acero**.

Aptitud de infraestructuras. Retos

Fragilización por H₂ (HE) de aceros

- ¿Qué efecto produce?
 - Reducción de la energía de cohesión en el extremo de un defecto preexistente. Mayor importancia si cabe en **puntos de concentración de tensiones**.
- Influencia en las propiedades de los aceros:
 - Disminución de la **tenacidad a la fractura** (*capacidad de un material para oponerse a la propagación de una rotura, sea dúctil o frágil*).
 - Aumento de la **velocidad de propagación de grietas por fatiga** (FCGR).
 - Disminución de la **ductilidad**.
 - ¿Disminución en su resistencia (YS, UT)? Estadísticamente no representativo.
- **ASME B31.12** es la principal referencia. Bastante conservador.
- **Pintado interior** y adición de algunas **impurezas** (p.ej. O₂ y CO) se han revelado efectivas para reducir el daño por H₂ (sin comprometer la Seguridad).

Retos

Limitaciones (diseño y operación), Aplicación en infraestructuras y Objetivo global

- **Demostrar** que las infraestructuras **existentes** son **aptas** para transporte de H₂.

$$t_c = \frac{P \cdot D}{2 \cdot S \cdot F \cdot E \cdot T \cdot H_f} \quad P = \frac{2 \cdot S \cdot F \cdot E \cdot T \cdot H_f \cdot C}{D} \quad (\text{ASME B31.12, § PL-3.7.1})$$

- **Penaliza** grado de material (H_f ; “Materials performance factor”), y F (“Design factor”) asigna valores inferiores (0.4, 0.5, 0.5, 0.5 vs 0.4, 0.5, 0.6, 0.72).
- Mayor espesor o menor presión de diseño/trabajo. Para evitar esta penalización, los códigos requieren **ensayos de material y soldaduras en atmósfera de H₂** a la MAOP. Fácil para nuevo gasoducto, difícil para gasoducto existente. (FCGR, toughness; ASME B31.12 y ASME VIII Div. 3 Art. KD-10).
- Limitación **composición química** (P, S, CE_{p_{mc}}) y **durezas** en soldaduras (248 HV10 – 22HRC), tamaño de grano fino, NDT, etc. Fácil de conseguir para aceros modernos. ¿Y en los existentes? → Evidencias → Ensayos (small-scale / full-scale).
- **Evaluación de la Integridad**. Evolución de los criterios de evaluación tradicionales de GN.
- Necesidad de evaluar las infraestructuras y aportar evidencias que permitan establecer **criterios objetivos** y **realistas**.
- **Objetivo final: Poder transportar H₂ en condiciones seguras.**

Muchas
gracias

