

Descarbonización en la industria siderúrgica

Este artículo explora cómo la descarbonización y el uso de hidrógeno verde pueden transformar la industria siderúrgica, los beneficios y desafíos asociados, y la gestión de riesgos en su implementación.

La industria siderúrgica es una de las principales responsables de las emisiones globales de dióxido de carbono (CO_2), contribuyendo aproximadamente al 8% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero. Este sector es vital para la economía global, ya que el acero es un material esencial en la construcción, infraestructura, transporte y manufactura. Sin embargo, la dependencia del carbón como fuente de energía y como agente reductor en los procesos de producción de acero plantea desafíos significativos en el contexto de la lucha contra el cambio climático.

La descarbonización de la industria siderúrgica es una prioridad para cumplir con los objetivos climáticos globales, como los establecidos en el Acuerdo de París de 2015. En este marco, el hidrógeno verde se presenta como una solución prometedora, ofreciendo una alternativa limpia y sostenible para reemplazar los combustibles fósiles en la producción de acero.

La industria siderúrgica y sus desafíos ambientales

La siderurgia enfrenta varios retos en su transición hacia la sostenibilidad. Por un lado, **la demanda de acero sigue creciendo** debido al desarrollo global, lo que dificulta una reducción inmediata de las emisiones. Por otro lado, la dependencia de tecnologías maduras y la infraestructura existente **limitan la adopción de alternativas limpias**. Sin embargo, la presión para descarbonizar el sector es cada vez mayor, impulsada por regulaciones gubernamentales, expectativas de los consumidores y compromisos corporativos con la sostenibilidad.

La producción de acero tradicional se basa en procesos intensivos en carbono, como el uso de altos hornos que emplean **carbón de coque** para reducir el mineral de hierro y convertirlo en acero. Este método genera grandes cantidades de CO_2 , siendo uno de los procesos más contaminantes de la industria.

El proceso de obtención de acero en **hornos de arco eléctrico (EAF)** conlleva un menor impacto ambiental: el proceso parte principalmente de chatarra reciclada, lo que reduce las emisiones de CO_2 . Las emisiones de CO_2 por tonelada de acero producido son de 0.4 t. Por el contrario, se estima que el proceso de producción en altos hornos emite unas 1.8 toneladas de CO_2 por cada tonelada de acero producida.

Descarbonización: concepto y estrategias

La descarbonización implica la reducción progresiva de las emisiones de CO₂ en los procesos industriales, reemplazando combustibles fósiles por fuentes de energía renovable y tecnologías limpias. En la industria siderúrgica, las **estrategias de descarbonización** incluyen:

- **Eficiencia energética:** Mejorar los procesos para consumir menos energía por tonelada de acero producido.
- **Captura y almacenamiento de carbono (CCS):** Atrapar el CO₂ generado en los procesos y almacenarlo en formaciones geológicas seguras.
- **Economía circular:** La chatarra de acero es infinitamente reciclabla sin pérdida de calidad, lo que lo convierte en un material ideal para una economía circular.
- **Sustitución de combustibles fósiles:** Adoptar tecnologías que empleen electricidad renovable o alternativas como el hidrógeno verde.

Además de potenciar la producción de acero a partir de chatarra reciclada mediante hornos eléctricos, impulsada por la necesidad de reducir emisiones de CO₂, otra de las soluciones **pasa por sustituir a los combustibles fósiles por hidrógeno** en la reducción directa del mineral de hierro (DRI). Este método convierte el mineral de hierro en hierro metálico sin necesidad de altos hornos, **liberando vapor de agua en lugar de CO₂**.

A diferencia del hidrógeno gris (producción tradicional por reformado de gas natural) o el hidrógeno azul (que incluye captura de carbono), el hidrógeno verde no genera emisiones en su producción: el hidrógeno verde se produce mediante la electrólisis del agua, utilizando electricidad proveniente de fuentes renovables como la solar o la eólica.

La transición desde los altos hornos hacia tecnologías como la reducción directa (DRI) y los hornos eléctricos (EAF) representa un avance hacia una **producción de acero más sostenible**. Sin embargo, esta transformación implica una fuerte dependencia del precio de la electricidad, que actualmente es elevado y dificulta la adopción generalizada de estos procesos.

Un ejemplo destacado del uso de hidrógeno verde en la producción de acero es el proyecto Hybrit en Suecia, que ha conseguido reducir las emisiones de CO₂ en un 90% respecto al proceso tradicional. Además de **Suecia**, otros países como **Alemania y Japón** también están desarrollando iniciativas similares para integrar el hidrógeno verde en sus **procesos siderúrgicos**.

También, la industria del acero está avanzando rápidamente hacia la adaptación de hornos que tradicionalmente funcionan con gas natural para que puedan operar con hidrógeno, como parte de la transición energética y la descarbonización del sector. Implementando **quemadores de hidrógeno en hornos de recalentamiento** se ha logrado mejorar la eficiencia energética y reducir emisiones significativamente.

Gestión de riesgos derivados del uso de hidrógeno en la industria siderúrgica

Si bien es cierto que en otras industrias como Oil & Gas, el uso de hidrógeno en el proceso está ampliamente instaurado desde hace muchos años, su implementación en la industria siderúrgica implica un riesgo adicional que deben gestionarse adecuadamente.

Los **principales riesgos derivados del empleo de hidrógeno son el incendio, explosiones y asfixia**, ocasionados por las propiedades físicas (alta inflamabilidad y baja energía de ignición). Se debe prestar especial atención a los **riesgos asociados con fugas**, acumulaciones en espacios confinados y reactividad con otros materiales. Por tanto, **es crucial considerar los riesgos asociados** con el almacenamiento a alta presión, la detección y la compatibilidad de los materiales, puesto que:

- El hidrógeno es altamente inflamable y puede formar mezclas explosivas con el aire.
- Es necesario desarrollar sistemas avanzados de almacenamiento y transporte que minimicen el riesgo de fugas.
- El hidrógeno es incoloro e inodoro, lo que dificulta su detección, pudiendo pasar desapercibido hasta que se acumula en cantidades peligrosas.
- La integración del hidrógeno en los procesos siderúrgicos requiere ajustes técnicos significativos en las plantas existentes.
- Requiere capacitación del personal para manejar este nuevo combustible de manera segura y eficiente.
- El hidrógeno puede causar fragilización en ciertos metales (embrittlement), afectando la integridad estructural de equipos y tuberías.

La gestión de riesgos en la industria del hidrógeno implica una combinación de medidas técnicas, procedimientos operativos y capacitación del personal para garantizar la seguridad de las operaciones y la protección de los trabajadores y el medio ambiente:

- **Detección temprana de fugas** mediante sistemas de detección sensibles y confiables.
- **Ventilación adecuada** en áreas donde se manipula hidrógeno para prevenir acumulaciones peligrosas.
- **Eliminar o minimizar las fuentes de ignición**, como chispas, llamas y calor.
- **Instalar sistemas de parada de emergencia** para interrumpir rápidamente el flujo de hidrógeno en caso de fuga o emergencia.
- **Formación y capacitación del personal** sobre los peligros del hidrógeno y los procedimientos de seguridad.
- **Diseño y mantenimiento de instalaciones** con características de seguridad intrínsecas, como la adecuada selección de materiales y la implementación de sistemas de ventilación y contención.
- **Evaluación de riesgos** de manera periódica para identificar y mitigar peligros potenciales.

Beneficios y desafíos: perspectivas futuras

El hidrógeno verde tiene múltiples ventajas:

- **Sostenibilidad:** Su producción y uso no generan emisiones de carbono.
- **Versatilidad:** Puede ser utilizado en procesos industriales, transporte y almacenamiento de energía.
- **Disponibilidad:** Aprovecha recursos renovables, lo que lo hace potencialmente ilimitado.

A pesar de las oportunidades que ofrece el hidrógeno verde, su adopción enfrenta varios **desafíos**:

- **Costes de producción elevados** debido a la infraestructura de energías renovables y tecnología de electrolisis. El alto costo del hidrógeno verde en comparación con el hidrógeno gris, el hidrógeno azul o el carbón supone actualmente la principal barrera para su implementación a gran escala. Actualmente, el hidrógeno gris es considerablemente más barato que el verde, con costes que rondan 1-2 €/kg, frente a los 4-8 €/kg del verde.
- **La infraestructura necesaria** para su producción, transporte y almacenamiento aún está en etapa de desarrollo. Se requieren importantes inversiones para ampliar las redes de distribución, para incrementar la capacidad de generación de energías renovables (solar y eólica) y para la creación de plantas de electrolisis.
- **La gestión de riesgos**, el desarrollo de infraestructura y los incentivos financieros para fomentar las inversiones en hidrógeno verde son otros factores fundamentales para garantizar una transición exitosa.

Sin embargo, **las perspectivas son prometedoras**. El avance en tecnologías de electrolisis y la caída de los costes de energía renovable están haciendo que el hidrógeno verde sea cada vez más competitivo. Además, las políticas gubernamentales y las regulaciones ambientales están incentivando su uso en sectores industriales. Actualmente el hidrógeno gris es más barato, pero **el hidrógeno verde se espera que se convierta en la opción más rentable a largo plazo** debido a la caída de los costes tecnológicos, el fomento de energías limpias y la economía de escala.

Autor del texto:

[Borja De la Rica Martínez](#)

Ingeniero de Riesgos en MAPFRE Global Risks