



HYDROGEN SUPPLY CHAINS DESIGN, DEPLOYMENT AND OPERATION

Catherine Azzaro-Pantel (Editora)
ELSEVIER (2018)

ISBN: 9780128111987

En el libro que se reseña los autores identifican el gran valor del hidrógeno producido a partir de fuentes renovables y utilizado en pilas de combustible, tanto para aplicaciones móviles como fijas, constituyendo un vector energético muy prometedor para la transición energética. No obstante, entienden que el precio del hidrógeno verde es aún muy alto en comparación con los combustibles fósiles utilizados en el transporte, aunque el desarrollo de algunas tecnologías asociadas al hidrógeno ha mejorado su competitividad.

Los autores consideran que el punto clave del desarrollo de la economía del hidrógeno debe ser analizada bajo un punto de vista sistémico, analizando su viabilidad incluyendo todos sus componentes, desde la producción a su utilización así como la infraestructura necesaria, considerando, por tanto, el conjunto, como «cadenas de suministro de hidrógeno» (CSH), que de manera conjunta deben demostrar su viabilidad, aunque esto suponga la superación de muchos obstáculos técnicos, económicos y sociales. Entienden que existe una necesidad de desarrollar estudios sistémicos para demostrar la viabilidad del sector y validar el interés tecno-económico de la producción de hidrógeno producido a partir de fuentes renovables.

Entienden que, aunque el desarrollo y sustanciación de una economía basada en el hidrógeno constituye un gran reto, la gran flexibilidad existente en cuanto a la diversidad de fuentes de energía, sus procesos de producción, los modos de transporte y almacenamiento, supone una importante palanca de cambio y motivación. Para los autores, resulta evidente cómo el hidrógeno puede favorecer la conexión de diferentes sectores energéticos y de las redes de transmisión y distribución de energía, aumentando así la flexibilidad operativa de los futuros sistemas energéticos con bajas emisiones de carbono.

El propósito de este libro es considerar la interconexión de los diferentes elementos que contribuyen a la CSH y explorarlos desde diferentes ángulos, incluyendo los aspectos tecno-económicos, medioambientales, y los de seguridad y sociales. Según los autores, un CSH para el uso de combustible puede considerarse como un marco de trabajo

que incluye diferentes niveles de escala (por ejemplo, escalas nacionales y regionales), combinando múltiples fuentes de energía con diversas tecnologías de producción y almacenamiento, al tiempo que se consideran los modos de transporte para vincular la demanda de hidrógeno con su suministro, implicando múltiples usos.

De acuerdo con los autores, el estudio de las cadenas de suministro se aborda clásicamente en el campo de la ingeniería industrial, siendo el objetivo del libro orientarse en el contexto de la integración de las CSH en el sistema energético global. Su ambición es proporcionar las directrices necesarias para configurar una referencia, para poder desarrollar una cadena de suministro de hidrógeno que pueda utilizarse para el análisis energético en un ámbito más general pero basada en el profundo conocimiento de sus componentes. En este sentido, el libro ofrece una visión general aunque concisa de los métodos y herramientas que pueden utilizarse para el despliegue, el diseño y el funcionamiento del CSH. Aunque resulta imposible abarcar todas las disciplinas, el libro sí ofrece una visión lo suficientemente amplia como para facilitar la labor de análisis sistémico en amplios campos de ingeniería de sistemas de procesos, la ingeniería energética, la ingeniería industrial y la ingeniería sostenible. No obstante, reconocen que la gran variedad y posibles cadenas de suministro constituye en sí mismo un reto que han intentado cubrir en la medida de lo posible.

El libro está estructurado en dos partes: la primera aborda la exploración de los retos y las escalas del diseño, el despliegue y el funcionamiento de las CSH y la segunda se orienta a la exploración de métodos y herramientas para el diseño, el desempeño y el funcionamiento de las CSH.

En la parte primera se incluyen nueve capítulos que van, desde el análisis del uso de hidrógeno como pilar de transición y su impacto en la economía y esperada descarbonización, hasta el análisis de potenciales aplicaciones del mismo, con especial atención al concepto *Power to Gas (PtG)* y su consideración en las CSH. Para el diseño de la cadena de suministro de hidrógeno es fundamental conocer sus componentes y las diversas fuentes utilizadas para su producción, así como los múltiples modos de producción, que son analizadas en el segundo capítulo.

Los pilares de suministro de hidrógeno, esto es, la producción, el almacenamiento y su distribución, se exploran en los capítulos 3, 4 y 5, que presentan los procesos de producción de hidrógeno a diversas escalas, así como una revisión del estado del arte sobre el tema. Es destacable la revisión presentada en el capítulo 4 sobre el reformado de vapor, el reformado seco (con CO_2), dual (H_2O y CO_2) y el tri-reformado (H_2O , CO_2 , O_2) de metano. El capítulo 5 se orienta a analizar el almacenamiento de hidrógeno para aplicaciones móviles, sus distintas tecnologías

y los conceptos de almacenamiento actualmente disponibles -tanques de almacenamiento a alta presión, almacenamiento como hidrógeno líquido y almacenamiento del gas hidrógeno en hidruros metálicos- e incluye otras opciones -como el almacenamiento de hidrógeno en los denominados portadores orgánicos líquidos de hidrógeno (LOHC), el carbón activado, los compuestos órgano-metálicos (MOF) y otros-.

Los tres capítulos siguientes presentan una visión sobre el gasto energético, las aplicaciones del hidrógeno y los aspectos sociales y consideraciones de uso que han de tenerse en cuenta.

El primer capítulo de este grupo se orienta a un análisis de la posible reducción de gasto energético en el contexto de la compresión, el almacenamiento y el transporte para la distribución de hidrógeno. Incluye también este capítulo un interesante análisis de un caso práctico de distribución de hidrógeno a diversas estaciones de servicio remotas en función de su presión y el sistema técnico de gestión del mismo. El siguiente capítulo, presenta una visión sobre las potenciales aplicaciones del hidrógeno y termina el tercero de ellos analizando los aspectos sociales de las CSH y de como una economía del hidrógeno no está exenta de diversas disquisiciones a favor y en contra que deben ir solventándose con la demostración de su valor y aplicación práctica real. El uso del hidrógeno como soporte de almacenamiento en conexión con energías renovables no gestionables es especialmente relevante, en especial en contextos insulares o aislados. En este sentido los autores presentan como caso de análisis el de la plataforma corsa MYRTE, constituida por una planta fotovoltaica de 560 kW y un electrolizador de 200kW y 35 bar que sirve como banco de pruebas para investigar los diversos aspectos técnicos y plantean cómo la integración de estos sistemas en la actualidad es fuertemente dependiente de las consideraciones socio-políticas y la negociación entre las partes interesadas.

Termina esta primera parte, con un capítulo que presenta uno de los temas más interesantes y de mayor valor en la economía del hidrógeno, como son los sistemas *PtG*, donde se presenta la visión de la relación y complementariedad entre la energía eléctrica y el hidrógeno a través del uso de electrolizadores en la denominada por los autores "cadena de procesos *Power-to-Gas*". Estas cadenas que producen hidrógeno, en principio, pueden convertirse posteriormente en metano sintético a través de un proceso de metanización, lo que requiere el uso de CO_2 . En este capítulo se presentan las potenciales, oportunidades y limitaciones de estas cadenas de procesos *PtG*.

La parte segunda del libro se dedica a la exploración de métodos y herramientas para el diseño, el desempeño y el funcionamiento de la CSH. En esta parte, constituida por seis capítulos, se proponen

métodos y herramientas utilizables para desarrollar la metodología de diseño óptimo de una CSH, así como la definición de sus indicadores clave de interés (económicos, medioambientales y sociales). Incluye algunos casos ilustrativos.

Quien esté interesado en conocer los métodos y herramientas de diseño de una cadena de suministro de hidrógeno, encontrará información francamente interesante en los capítulos 10 y 11.

Los autores se centran a continuación en realizar el análisis de un caso de interés, que son las refinerías, ya que estas aplicaciones tienen la interesante peculiaridad de interconectar muchos productores, consumidores y equipos que usan diferentes presiones, purezas y con una diversa operatividad. Este estudio se presenta a lo largo de dos capítulos completos.

El siguiente capítulo del texto sobre metamodelación de las CSH hará las delicias de los estudiosos

de la modelización y simulación, tan importante y relevante para resolver de una manera teórico-práctica muchos problemas que de otra manera serían costosos, si no imposibles de resolver.

Finalmente, no podía faltar en un libro de esta índole un capítulo dedicado a la evaluación del ciclo de vida de la CSH, aunque en este caso se orienta de manera ilustrativa con un caso práctico en el caso de la automoción japonesa. La incorporación de la evaluación del ciclo de vida a las CSH es cada vez más común y demandada. El capítulo incorpora un interesante análisis del denominado "*Well-to-Wheel*", literalmente "del pozo a la rueda", que permite conocer el papel del hidrógeno en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector del transporte de vehículos desde la perspectiva del ciclo de vida total.

■ **Jesús García Martín**