

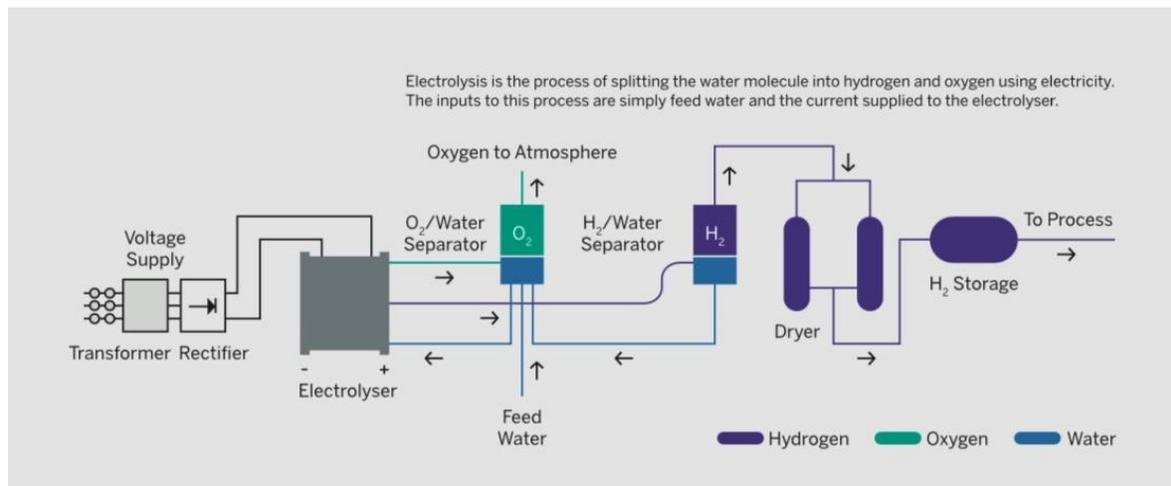
Generación de H₂ y su Utilización en Calderas

En el presente artículo se entregan antecedentes relativos a los electrolizadores utilizados para la generación de H₂, los costos asociados y la factibilidad de utilizar este combustible en calderas.

1. Electrolizadores

Los electrolizadores son equipos utilizados para llevar a cabo la electrólisis del agua, es decir, descomponer el agua en oxígeno e hidrógeno utilizando electricidad.

En el presente artículo nos enfocaremos en el **electrolizador de Membrana Eléctrolítica de Polímero** (PEM), cuyo corazón es una membrana no conductora de electrones, pero si de protones (iones H⁺), que separa el ánodo y el cátodo, previniendo la mezcla de hidrógeno y oxígeno.



Otro componente importante son el ánodo, donde ocurre la reacción de oxidación del agua, para producir oxígeno, protones y electrones, además del cátodo donde los protones y electrones se combinan para generar el hidrógeno.

En los ánodos y cátodos se utilizan catalizadores de platino e iridio, para mejorar la eficiencia de las reacciones químicas.

Las ventajas de este tipo de electrolizadores son las siguientes:

- Alta eficiencia y pureza del H₂ (99.99 %).
- Rápida respuesta para ajustarse a variaciones en la demanda de energía.
- Alta densidad de corriente, que permite una mayor producción de hidrógeno por unidad de área de la membrana.
- Elevada seguridad, al mantener separados los productos gaseosos (hidrógeno y oxígeno), reduciendo de esta forma el riesgo de explosión.

2. H2 vs GN y GLP

En la tabla presentada a continuación se comparan las características de H2, con las de combustibles comerciales tales como el GLP y el GN.

	H2	GN	GLP
Poder calorífico superior	2,600 Kcal/Nm3 29,000 Kcal/Kg	9,300 Kcal/Nm3	24,000 Kcal/Nm3 12,000 Kcal/Kg
Densidad	0.089 Kg/Nm3	0.79 Kg/Nm3	2 Kg/Nm3

3. Números Asociados a un Electrolizador PEM

A continuación se entregan algunos “números” referenciales asociados a la operación de un electrolizador tipo PEM.

- Eficiencia conversión energía eléctrica en hidrógeno : 67.1 %
- Producción específica de H2 por cada 1 MWe : 222 Nm3
- Presión de H2 : 30 bar
- Pureza de H2 : 99.9995 %
- Impureza O2 < 1 ppmv
- Impureza H2O < 5 ppmv
- Rango de modulación : 10 a 1
- Consumo de agua : 0.9 l/Nm3 de H2
- Producción de O2 : 157.6 Kg/MWe

La producción de 222 Nm3/MWe de H2, equivale a 137.5 Nm3/h de GN y 213.2 l/h de GLP.

4. Ejemplo Proyecto electrolizador

A continuación se presentan el CAPEX, OPEX y otros indicadores asociados a la implementación de un electrolizador de 2.2 MWe.

Se ha escogido, para el ejemplo, un electrolizador modelo MC500 del fabricante NEL Hydrogen, cuyos antecedentes generales son presentados a continuación:

- Potencia = 2.214 MWe
- H2 = 492 Nm3/h
= 137.5 Nm3/h – equivalente GN
= 213.2 l/h – equivalente GLP



Vista general electrolizador NEL Hydrogen.

Los consumos de energía eléctrica y agua, además de la producción de H₂ serán las siguientes, considerando 8,000 horas de operación por año:

- Producción H₂ : 3,936,000 Nm³/año
- Producción O₂ : 2,796,800 Kg/año
- Consumo de EE : 17,712 MWh/año
- Consumo de agua : 3,542 m³/año

La inversión asociada sería de US\$ 5,000,000.00 y los costos de operación los siguientes:

- Energía eléctrica : US\$ 797,040.00 – 45 US\$/MWe
- Agua : US\$ 10,626.00 – 3 US\$/m³
- Operación y mantención : US\$ 100,000.00

Solo considerando estos costos **y no el financiamiento de la inversión**, el costo del H₂ será de 0.23 US\$/Nm³, equivalente a 22 US\$/MMBTU (precio referencial GLP y GNL = 18 US\$/MMBTU, en el Norte de Chile).

5. Utilización H₂ en Calderas

La utilización de H₂ en calderas, ya sea mezclándolo con GNL o GLP o bien utilizándolo como combustible único, no es un problema desde el punto de vista técnico.

El problema está por el momento en los costos asociados (energía eléctrica) y la inversión.

Lo ideal es considerar la instalación de un electrolizador en la misma planta donde será consumido el H₂, evitando de esa manera los costos de compresión, traslado e inversión en estanques de almacenamiento.

El H₂ generado sería utilizado directamente en las calderas u hornos.

Esto podría llegar a ser factible en un plazo mediano en el norte de Chile donde la energía eléctrica tiene un mejor precio, especialmente para las compañías mineras.

6. Comentarios

En relación a la utilización de H₂ como combustible en calderas, ya sea, reemplazando una parte o el total de los combustibles actuales (GNL y GLP), se puede comentar lo siguiente:

- a) Se requiere una reducción significativa (30 %) del costo de la energía eléctrica, para obtener un H₂ con un costo de 15 US\$/MMBTU, para hacer viables estos proyectos.
- b) La alternativa más razonable, para utilizar H₂ en calderas y hornos, debiera considerar la generación del hidrógeno en el punto de utilización, evitando de esa forma gastos de compresión, almacenamiento y transporte.
- c) La utilización de H₂ mezclado con GNL o GLP, puede ser realizado sin problemas en quemadores convencionales hasta una proporción de 40 %, tal como ocurría cuando se utilizaba Gas de Ciudad antes de la llegada del GN.

La utilización de 100 % de H₂ en calderas tampoco es un problema, ya que, viene siendo realizado hace años en nuestras Refinerías de Petróleo, donde se utiliza "Gas de Refinería" con un contenido de H₂ cercano al 100 %.

Arnulfo Oelker Behn
Gerente Técnico - Thermal Engineering
aoelker@thermal.cl