

Comparativa entre captura de carbono y utilización de biomasa para descarbonizar un alto horno de oxidación

Cristian Barón¹, Manuel Bailera¹, Jorge Perpiñán¹ y Begoña Peña¹

¹ Grupo de Investigación Energía y CO₂ (ECO2)

Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A)

Universidad de Zaragoza, Mariano Esquillor s/n, 50018, Zaragoza, Spain.

Tel. +34-976762707, e-mail: cbaron@unizar.es

Resumen

En este trabajo se comparan dos enfoques distintos (captura de CO₂ vs. uso de biomasa) para descarbonizar un alto horno de oxidación, ambos basados en la tecnología Power-to-gas. Las reducciones en emisiones obtenidas son de 699 y 833 kgCO₂/t_{acero}, correspondientes a reducciones del 35% y del 42%.

Cuerpo

La siderurgia es responsable del 7% de las emisiones de CO₂ globales (Perpiñán et al. 2023), y del 27% de las asociadas al sector manufacturero (IEA, *Iron and Steel Technology Roadmap* 2020). La ruta del alto horno es la ruta dominante de producción de acero, así como la más intensiva energéticamente, con consumos específicos y emisiones de 20-30 GJ/t_{acero} y 1,8-2,2 tCO₂/t_{acero}, respectivamente. A pesar de los esfuerzos para alcanzar la neutralidad emisiva en la industria, el 20% de estos altos hornos seguirán en operación pr 2050. Por lo tanto, en las próximas décadas va a ser esencial encontrar métodos innovadores para descarbonizar estos altos hornos sin alterar el proceso de forma significativa.

Una posibilidad es la captura en postcombustión. La captura mediante Calcium Looping (CaL) presenta ciertas ventajas, tales como una penalización energética menor (comparado con otras tecnologías como el lavado con aminas), versatilidad, adaptabilidad, y el uso de un sorbente muy común, barato, y no tóxico (Sánchez-Biezma et al. 2013).

Otra opción es el uso de recursos biomásicos, neutros en carbono. El uso de biomasa pirolizada (biochar) ya se ha demostrado en hornos pequeños en Brasil, en los que se sustituye completamente el coque fósil (Henriques, Dantas, Schaeffer 2010). Adicionalmente, se ha estudiado la inyección del gas de síntesis obtenido en la pirólisis (Liu, Shen 2021).

En este trabajo, se han modelado en Aspen Plus dos integraciones bajas en carbono de la industria

siderúrgica basada en alto horno, basadas en la tecnología Power-to-gas (ver Figura 1). La primera incluye una planta CaL para capturar CO₂, mientras que la segunda se basa en el uso de los productos sólidos y gaseosos de la pirólisis de biomasa.

En ambos casos se redirige CO₂ a la planta de metanación, combinándolo con H₂ para producir gas natural sintético, que se usará en el alto horno en sustitución del carbón convencional. Este H₂ será hidrógeno verde, producido mediante electrólisis usando excedentes de energía renovable. La diferencia reside en el origen de este CO₂: en el primer caso, se captura del gas de alto horno; en el segundo, es CO₂ neutro proveniente de biomasa. A su vez, el oxígeno derivado de la electrólisis se usa para realizar oxidación en el alto horno reduciendo el consumo asociado, así como en el convertidor de oxígeno.

Estas integraciones se evalúan desde un punto de vista tecno-económico. Los resultados muestran grandes reducciones en emisiones (699 y 833 kg/tCO₂) y en consumo de carbón (221 y 295 kg/t_{acero}) respecto a una planta convencional (1943 kgCO₂/t_{acero} y 668 kg/t_{acero}). A nivel económico, la integración con bioamsa presenta resultados mucho mejores, debido al menor tamaño del electrolizador. Su coste de abatimiento asociado es de 65 €/tCO₂, con un coste de implementación específico de 52 €/t_{acero}, mientras que en el caso CaL son de 281 €/tCO₂ y 189 €/t_{acero}. Si la electricidad fuera obtenida al coste de la energía solar fotovoltaica (51 €/MWh) o al coste de la eólica (35 €/MWh), esta integración sería rentable con unos costes de derechos de emisión de CO₂ de 161 €/tCO₂ o 129 €/tCO₂, cercanos a los precios actuales.

Conclusiones

Para poder reducir las emisiones de la industria siderúrgica, es necesario realizar esfuerzos en su descarbonización. Dos posibilidades viables son o bien realizar captura en postcombustión, o bien utilizar biomasa neutra en emisiones. Se han

modelado en Aspen Plus dos integraciones bajas en carbono, capturando CO₂ con CaL y utilizándolo para un esquema Power-to-Gas, una con captura mediante CaL y otra basada en la pirólisis de biomasa. Adicionalmente, el alto horno opera en oxidación, reduciendo sus consumos. Los resultados obtenidos favorecen a la integración con biomasa, con reducciones en emisiones de 833 kg/t_{CO2} respecto a una planta convencional y con un coste de reducción de CO₂ asociado de 65 €/t_{CO2}.

REFERENCIAS

HENRIQUES, Mauricio F., DANTAS, Fabrício and SCHAEFFER, Roberto, 2010. Potential for reduction of CO₂ emissions and a low-carbon scenario for the Brazilian industrial sector. *Energy Policy*. Vol. 38, no. 4, pp. 1946–1961. DOI 10.1016/j.enpol.2009.11.076.

IEA, *Iron and Steel Technology Roadmap*, 2020. .

LIU, Yiran and SHEN, Yansong, 2021. Modelling and optimisation of biomass injection in ironmaking blast furnaces. *Progress in Energy and Combustion Science*. Vol. 87, p. 100952. DOI 10.1016/j.pecs.2021.100952.

PERPIÑÁN, Jorge et al., 2023. Integration of carbon capture technologies in blast furnace based steel making: A comprehensive and systematic review. *Fuel*. Vol. 336, p. 127074. DOI 10.1016/j.fuel.2022.127074.

SÁNCHEZ-BIEZMA, A. et al., 2013. Testing postcombustion CO₂ capture with CaO in a 1.7 MWt pilot facility. In : *Energy Procedia*, pp. 1–8. Elsevier Ltd. 2013. DOI 10.1016/j.egypro.2013.05.078.

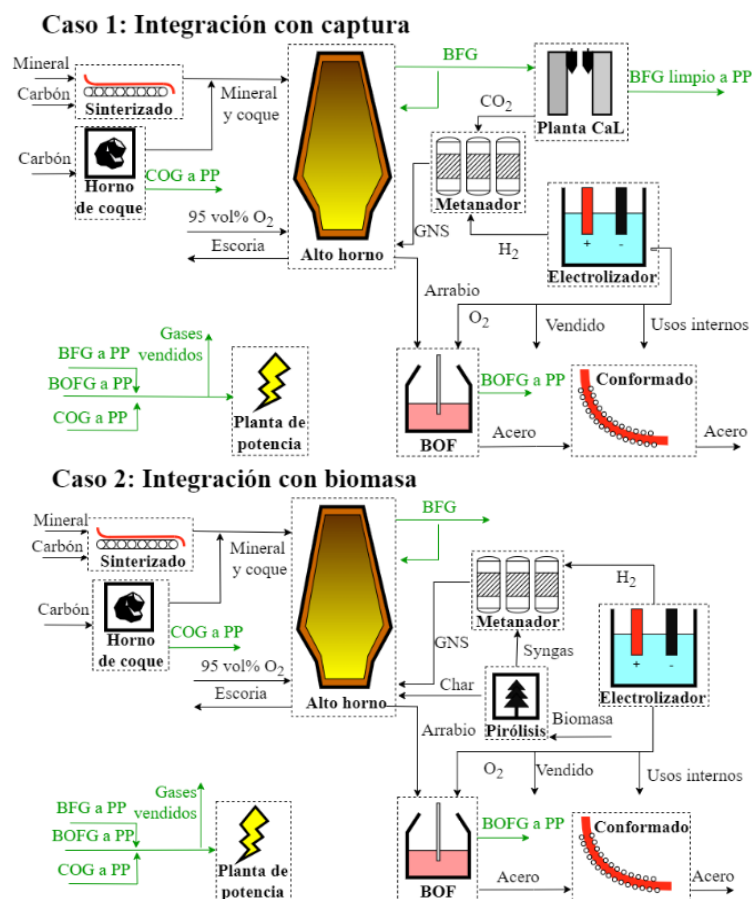


Figura 1 - Integración propuestas con Power-to-Gas, captura de CO₂ y oxidación