

Comunicación Corta

Reducción del clínker en la producción del cemento: oportunidades para disminuir la huella de carbono en Honduras

Reducing clinker in the cement production: opportunities to decrease carbon footprint in Honduras

Hugo Chávez Bourdeth¹ 

Programa Investigadores Visitantes en Descarbonización, Universidad Tecnológica Centroamericana, UNITEC, Tegucigalpa, Honduras

Historia del artículo:

Recibido: 20 marzo 2023

Revisado: 22 marzo 2023

Aceptado: 14 abril 2023

Publicado: 21 abril 2023

Palabras clave

Cemento

Material

Reducción de la capa de ozono

Keywords

Cement

Materials

Ozone depletion

RESUMEN. Introducción. Honduras posee una industria de producción de cemento considerable con un rápido crecimiento, que se ha traducido en un aumento en sus emisiones. Como una oportunidad para reducir estas emisiones, esta investigación examina el potencial de reducción al disminuir el factor del clínker en la producción del cemento mediante el uso de Materiales Cementantes Suplementarios (SCM, por sus siglas en inglés). **Métodos** Se adaptó un modelo matemático para calcular las emisiones a nivel nacional y junto con escenarios óptimos de reducción de la fracción de clínker mediante el uso de SCM, se realizaron proyecciones para determinar la disminución de las emisiones CO₂. **Resultados.** Las proyecciones indicaron un potencial de reducción de 213,428 toneladas de CO₂ por año en las emisiones del sector mediante la disminución de la fracción de clínker de 0.75 a 0.51 para el 2050. Esto representó una reducción del 30% de las emisiones anuales en los escenarios más optimistas. **Conclusión.** La disminución de la fracción de clínker en la producción de cemento mostró ser un excelente punto de partida para reducción de la huella de carbono en procesos industriales en Honduras.

ABSTRACT. Introduction. Honduras has a significant cement production industry with rapid growth that has resulted in increased emissions. As an opportunity to reduce these emissions, this study examined the potential for reduction by decreasing the clinker factor in cement production through the use of Supplementary Cementitious Materials (SCM). **Methods.** A mathematical model was adapted to calculate emissions at the national level and along with optimal scenarios for reducing the clinker fraction through the use of SCM. Projections were made to determine the reduction in CO₂ emissions in the sector. **Results.** The projections indicated a potential reduction of 213,428 tons of CO₂ per year in sector emissions by decreasing the clinker fraction from 0.75 to 0.51 by 2050. This represented a 30% reduction in annual emissions under the most optimistic scenarios. **Conclusion.** The decrease in the clinker fraction in cement production proved to be an excellent starting point for reducing the carbon footprint in industrial processes in Honduras.

1. Introducción

Honduras cuenta actualmente con una industria considerable en la producción de cemento, con un rápido crecimiento y preocupantes aumentos en sus emisiones. En un lapso de 15 años (de 2000 a 2015), el Sistema Nacional para Inventario de Gases de Efecto Invernadero (SINGEI) estima que las emisiones en los procesos de producción de cemento han aumentado en un 47% (Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente [Mi Ambiente+], 2015). Con aumentos en la producción de la

masa total de cemento cada año, estas emisiones pueden seguir creciendo. Es de suma importancia buscar métodos para la producción sostenible del cemento y garantizar una reducción de la huella de carbono en la producción y emisiones embebidas en el sector construcción.

A nivel mundial, la producción de cemento es responsable de 8-9% de las emisiones de gases de efecto invernadero (Andrew, 2019). La principal fuente de estas emisiones proviene del proceso de calcinación para la producción de clínker, en el cual se descompone carbonato de calcio (CaCO₃) en óxido de calcio (CaO) y dióxido de carbono (CO₂) (Sousa & Bogas, 2021). En

¹ Autor correspondiente: hugobourdeth@gmail.com, Universidad Tecnológica Centroamericana, Campus Tegucigalpa, Honduras

Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5377/innovare.v12i1-1.16011>

© 2023 Autores. Este es un artículo de acceso abierto publicado por UNITEC bajo la licencia <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Honduras, las emisiones en la producción de cemento están categorizadas en el sector de energía, en el cual representan un 4% del total de las emisiones en el sector. El Material Cementante Suplementario (SCM por sus siglas en inglés) es utilizado en la producción de cemento, específicamente Portland, para reducir costos y emisiones (Miller, 2018). Los SCM más comúnmente utilizados en mezclas de concreto son la ceniza volante (tipos C y F), el cemento de escoria y en menor medida el humo de sílice (Sutter, 2016).

El clínker es un producto sólido y grisáceo obtenido al cocer una mezcla de piedra caliza, arcilla y otros componentes en un horno de cemento a altas temperaturas. Posteriormente, se muele para producir el cemento Portland, ampliamente utilizado en Honduras. La Asociación Global de Cemento y Concreto (GCCA por sus siglas en inglés) estima que la reducción del clínker y las mejoras en su producción representan un 11% (410 Mt CO₂) en la contribución para la neutralidad de carbono de la producción de cemento a nivel mundial (Global Cement and Concrete Association [GCCA], 2023).

El presente estudio se propuso generar información sobre el tema de la descarbonización en el sector de producción de cemento y así buscar un método para la reducción de huella de carbono. Para ello, se exploraron las emisiones actuales de este sector, así como escenarios para la reducción de sus emisiones mediante la reducción del factor de clínker utilizado en la producción del cemento. Los datos obtenidos servirán como punto de arranque para la búsqueda de oportunidades en la descarbonización del sector, ya sea por acción gubernamental, sector privado o iniciativas externas que tengan viabilidad de implementación en el país. El objetivo de este estudio fue realizar proyecciones del potencial de reducción de las emisiones de CO₂ al disminuir el factor del clínker en la producción del cemento mediante el uso de SCM.

2. Métodos

2.1. Estimación de la producción de cemento en Honduras

El SINGEI (2018) cuenta con información de la producción de cemento a nivel local. Se utilizó dicha fuente para determinar las emisiones de CO₂ de la producción de cemento a nivel nacional. La cantidad de emisiones generadas se puede terminar utilizando el factor de emisión nacional y la cantidad de cemento utilizada en la producción de la construcción. Luego se utiliza el proyecto de edificación. A continuación, se muestra la ecuación de emisiones basadas en la producción de cemento utilizada en el SINGEI.

$$\text{Emisiones } CO_2 = \text{suma} [(M_{ci} * C_{cli}) - I_m + E_x] FE_{clc}$$

Donde:

Emisiones CO₂ = emisiones de CO₂ provenientes de la producción de cemento, toneladas

M_{ci}= peso (masa) de cemento producido de tipo i, toneladas

C_{cli}= fracción de clínker del cemento de tipo i, fracción

I_m= importaciones para el consumo de clínker, toneladas

E_x= exportaciones de clínker, toneladas

FE_{clc}= factor de emisión del clínker en el cemento en particular, toneladas de CO₂/toneladas de clínker. El *FE_{clc}*, que es el valor de emisión por defecto asociado al clínker, ha sido adaptado para considerar la presencia del polvo de horno de cemento (CKD, por sus siglas en inglés).

Se tomó como referencia el año 2015. Este año fue base para la estimación de cálculos de las emisiones. El SINGEI (2018) estimó que las emisiones en la producción de cemento fueron de 722.88 Gg CO₂ en 2015.

2.1.1. Supuestos para el modelo de cálculo

A continuación, se presentan los supuestos para la utilización de este modelo matemático para la investigación:

- La masa del cemento producido (*M_{ci}*) se mantendrá constante durante el proceso de investigación. Se utilizó como base la masa de cemento producida en 2015.
- La fracción de clínker (*C_{cli}*) utilizada en este modelo fue de 0.75. Se utilizó esta fracción como base de cálculo en el modelo matemático para comparar los escenarios de reducción de la huella de carbono con fracciones de clínker menores, según las metas de neutralidad de carbono establecidas por Villagrán-Zaccardi et al. (2022).
- El factor de emisión del clínker (*FE_{clc}*) fue de 0.52 y se mantendrá constante en el proceso de investigación. Honduras únicamente cuenta con un factor de emisión Tier 1 obtenido de la Directrices del Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2021; Task Force on National Greenhouse Gas Inventories, 2006).
- Las variables importaciones (*I_m*) y exportaciones (*E_x*) se mantendrán constantes, según los valores encontrados en el SINGEI para el 2015.

2.2. Obtención de escenarios de reducción de clínker

Se examinaron modelos de la reducción de la fracción del clínker mediante el uso de materiales cementantes suplementarios. A continuación, se muestra los escenarios optimizados de la reducción del clínker mediante el uso de SCM a través del tiempo para la producción de

cemento en Latinoamérica y el Caribe (Cuadro 1).

Cuadro 1

Proyecciones para la reducción del clínker.

Características	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Escenario base optimizado	2020	2030	2050
Fracción clínker en cemento	0.66	0.53	0.51

*Villagrán-Zaccardi et al. (2022).

2.3. Cálculo de escenarios

Con los supuestos establecidos, la ecuación de emisiones basadas en la producción de cemento fue utilizada para crear escenarios por período de tiempo que determinen la reducción de las emisiones según la reducción de la fracción del clínker mediante el uso de SCM. Como resultado, se muestran las proyecciones de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en CO₂ según los escenarios óptimos para la reducción del clínker en Latinoamérica y el Caribe.

3. Resultados

Los escenarios para la disminución del factor de clínker en el cemento mostraron una reducción significativa en las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector de la producción del cemento en Honduras. Según el año como base de 2015, el factor de clínker establecido por el SINGEI y como un factor de escenarios óptimos de reducción, se estimó que las reducciones en emisiones pueden ser de 213,428 tonCO₂ para el 2050.

El Cuadro 2 muestra las reducciones por períodos de tiempo, establecidos como escenarios. Cabe resaltar, que la mayor reducción de emisiones se encontró en la disminución del factor de clínker de 0.66 a 0.53, en la transición del escenario 2 al 3. Este período representó una reducción de 115,636.5 toneladas de CO₂, lo cual representa el 54% del total de emisiones reducidas entre

todos los escenarios. En total, se estimó que el método de la disminución del clínker mediante el uso de SCM para la producción de cemento representó una reducción del 30% de las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector de producción de cemento con proyecciones al 2050.

4. Discusión

Nuestro estudio encontró que hubo una disminución considerable de emisiones de gases de efecto invernadero mediante la reducción del clínker por el uso de SCM en el sector de construcción hondureño. Cabe mencionar que nuestras proyecciones tomaron en cuenta datos nacionales que pueden ser mejorados al actualizar la información nacional del país.

Investigadores como Villagrán-Zaccardi et al. (2022) han indicado que Honduras actualmente no cuenta con estándares establecidos en la producción de cemento. Asimismo, el marco regulatorio del país está desactualizado y no refleja la realidad de la industria.

Lastimosamente, estas limitaciones, junto a la naturaleza de la información encontrada en el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) y en el SINGEI (2018) impiden profundizar en el análisis y limitan la calidad de la información que se puede extrapolar de sus bases de datos para ser interpretadas con modelos de descarbonización.

Una limitante del presente estudio fue la falta de exhaustividad de datos por parte del inventario nacional de emisiones, pues todos los factores de emisión utilizados son Tier 1 y son extraídos del IPCC. Para obtener una mayor resolución de datos, Honduras debe contar con factores de emisión Tier 2 y/o 3, Asimismo, se debe considerar las circunstancias nacionales en la industria de producción de cemento.

Es altamente probable que, al contar con información más actualizada y detallada, se descubra que la reducción de la fracción de clínker en la producción de cemento en Honduras tenga un potencial de reducción de emisiones de CO₂ mucho mayor al que se ha planteado en esta investigación, como un escenario de estudio.

Cuadro 2

Resultado de cálculos con base SINGEI y escenarios de reducción de fracción de clínker.

Características	Escenario actual	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Fracción de clínker	0.75	0.66	0.53	0.51
Emisiones (tonCO ₂)	722,460.4686	642,404.412	526,767.8858	508,977.651
Reducción de emisiones (%)	0%	11%	27%	30%
Reducción de emisiones (ton CO ₂)	0	80,056	195,692	213,428

5. Conclusión

Existe un potencial real para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en el sector de producción de cemento hondureño. Las proyecciones en la reducción de clínker son un excelente punto de partida en un cambio del sector hacia el uso de SCM para generar una industria de producción de cemento con costos y emisiones más bajas.

En este estudio, la estimación del potencial de reducción de emisiones fue del 30% del total en el sector. Esta cifra podría cambiar si los datos base del SINGEI contaran con una mayor resolución y exhaustividad.

6. Financiamiento

Este proyecto fue financiado por la Cooperación Alemana (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, GIZ) a través del Programa EuroClima+ y bajo la coordinación del Centro Universitario Tecnológico (CEUTECH) de la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC) de Honduras. El mismo es parte del Programa de Jóvenes Investigadores y en relación a la Estrategia Nacional de Descarbonización y Resiliencia Climática de Honduras 2020-2050.

7. Conflictos de Interés

El autor declara no tener ningún conflicto de interés. La investigación fue realizada de manera independiente y sin influencia por parte de los financiadores. Todos los resultados y conclusiones presentados en este artículo son responsabilidad exclusiva del autor de este artículo.

8. Referencias Bibliográficas

Andrew, R. M. (2019). Global CO₂ emissions from cement production, 1928–2018. *Earth System Science Data*, 11(4), 1675–1710. <https://dx.doi.org/10.5194/essd-11-1675-2019>

- Global Cement and Concrete Association [GCCA]. (2023). *Concrete future. The GCCA 2050 cement and concrete industry roadmap for net zero concrete*. <https://gccassociation.org/concretefuture/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2021). *Climate change 2021: the physical science basis*. Cambridge University Press.
- Jennings, M., Hirst, N., & Gambhir, A. (2011). *Reduction of carbon dioxide emissions in the global building sector to 2050*. Grantham Institute for Climate Change. Imperial College London. <https://www.imperial.ac.uk/grantham/publications/energy-and-low-carbon-futures/reduction-of-carbon-dioxide-emissions-in-the-global-building-sector-to-2050---grantham-report-3.php>
- Miller, S. A. (2018). Supplementary cementitious materials to mitigate greenhouse gas emissions from concrete: can there be too much of a good thing? *Journal of Cleaner Production*, 178, 587–598. <https://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.008>
- Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente [Mi Ambiente+]. (2015). *Inventario nacional de gases de efecto invernadero de Honduras INGEI S/2005-2015. Reporte Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Gobierno de la República de Honduras. <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Inventario%20Nacional%20de%20Gases%20de%20Efecto%20Invernadero.pdf>
- Sousa, V., & Bogas, J. A. (2021). Comparison of energy consumption and carbon emissions from clinker and recycled cement production. *Journal of Cleaner Production*, 306. <https://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127277>
- Sutter, L. L. (2016). *Supplementary cementitious materials. Best practices for concrete pavements*. <https://rosap.nrl.bts.gov/view/dot/38340>
- Task Force on National Greenhouse Gas Inventories. (2006). *2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories*. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>
- Villagrán-Zaccardi, Y., Pareja, R., Rojas, L., Irassar, E. F., Torres-Acosta, A., Tobón, J., & John, V. M. (2022). Overview of cement and concrete production in Latin America and the Caribbean with a focus on the goals of reaching carbon neutrality. *RILEM Technical Letters*, 7, 30–46. <https://dx.doi.org/10.21809/rilemtechlett.2022.155>