

Hoja de Ruta

Colombia

Industria del Cemento



FICEM
Hoja de Ruta CO₂

PROCEMCO
CÁMARA COLOMBIANA DEL CEMENTO Y EL CONCRETO

HACIA UNA ECONOMÍA BAJA EN CARBONO

2021

Tabla de Contenidos

3	Introducción
6	1. Antecedentes Generales
45	2. Medición, Reporte y Verificación
60	3. Hoja de Ruta FICEM
76	4. Colombia y el Cambio Climático
93	5. Elaboración Hoja de Ruta FICEM - Colombia
120	6. Acciones y Compromisos HR
123	7. Referencias Bibliográficas
126	8. Anexos

Introducción

La Federación Interamericana del Cemento (FICEM), en conjunto con la Cámara Colombiana del Cemento y el Concreto (PROCEMCO- antes ASORETO), han elaborado la Hoja de Ruta Colombia - FICEM: "Hacia una economía baja en carbono", en la cual se incorporan los esfuerzos realizados a nivel global por la Cement Sustainability Initiative (CSI) iniciativa asumida a partir del año 2019 por la Global Cement and Concrete Association (GCCA). En esta Hoja de Ruta también se consideran las necesidades locales de mitigación y adaptación al cambio climático.

El trabajo realizado por FICEM, desde ya casi una década, ha tenido como uno de sus principales ejes la "Sostenibilidad de la Industria", donde se ha logrado imponer un sello de colaboración y trabajo en equipo, comprendiendo que el beneficio ambiental es un valor para toda nuestra sociedad, y con la convicción de que el uso del cemento en los nuevos tiempos es una de las soluciones más eficientes para la mitigación y adaptación requerida al cambio climático.

Lo anterior, debe ser consistente con lograr que las emisiones de CO₂ eq se encuentren bajo los compromisos globales, y así evitar que la tierra aumente su temperatura en más de 2°C con respecto a la era preindustrial. Como se mencionó al comienzo, el desafío aquí planteado encuentra como referente mundial a CSI y, más específicamente, su denominado "Technology Roadmap Low - Carbon Transition in the Cement Industry" del año 2018, actualización de su Roadmap del año 2009, que en conjunto con la International Energy Agency (IEA), definió los objetivos de reducción de emisiones de CO₂ eq en la producción de cemento para distintos escenarios, y con hitos cronológicos hasta el año 2050.

En este contexto, y considerando los Objetivos Mundiales de Desarrollo Sostenible (ODS) de Naciones Unidas, los desafíos del Acuerdo de París (COP 21) y las iniciativas de CSI, la industria del cemento de Colombia ha desarrollado su "Hoja de Ruta Colombia - FICEM hacia una economía baja en carbono" (HR Colombia), evaluando las mejores prácticas

disponibles para la acción climática en la mitigación de Gases Efecto Invernadero (GEI), considerando sus adecuaciones locales y posicionando al cemento como el material de construcción líder en resiliencia para la necesaria adaptación al cambio climático de Colombia, país con una alta vulnerabilidad frente a eventos climáticos tales como: afectación de un 50% del territorio nacional por la modificación en el funcionamiento del régimen hidrológico; disminución en las coberturas de los glaciares (Nevado del Ruiz, Santa Isabel, y Tolima); aumento en 3.576.068 hectáreas de las áreas con un potencial alto de desertificación; entre otros eventos climáticos¹

En línea con los ejes mundiales en esta materia, los principales ejes de reducción de CO₂ revisados en la HR Colombia son el Factor Clínker/Cemento, el Coprocesamiento y la Eficiencia Energética, sin dejar de lado las nuevas tecnologías emergentes e innovadoras en captura de CO₂ para almacenamiento o uso, que, si bien requieren mayor investigación, pueden ser claves para el cumplimiento de las metas en el tramo comprendido del año 2030 al año 2050. Esto último, estimula un proceso continuo de fomento a la investigación y desarrollo, tanto nacional como internacional, en conjunto con FICEM.

Del mismo modo, la economía circular pasa a ser un eje central de las estrategias presentes y futuras, pues cuando se piensa en la reducción, reutilización y reciclaje de elementos, el rol del mundo cementero no es menor, puesto que a través del coprocesamiento y las materias primas alternativas, con foco en la valorización de residuos, se está haciendo un aporte sustancial a esta visión de la economía y del medioambiente, el cual puede ser profundizado por nuestra industria tal como se describe en el presente documento.

¹ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, 2021,
<https://www.minambiente.gov.co/index.php/cambio-climatico/que-es-cambio-climatico/impacto-del-cambio-climatico-en-colombia>

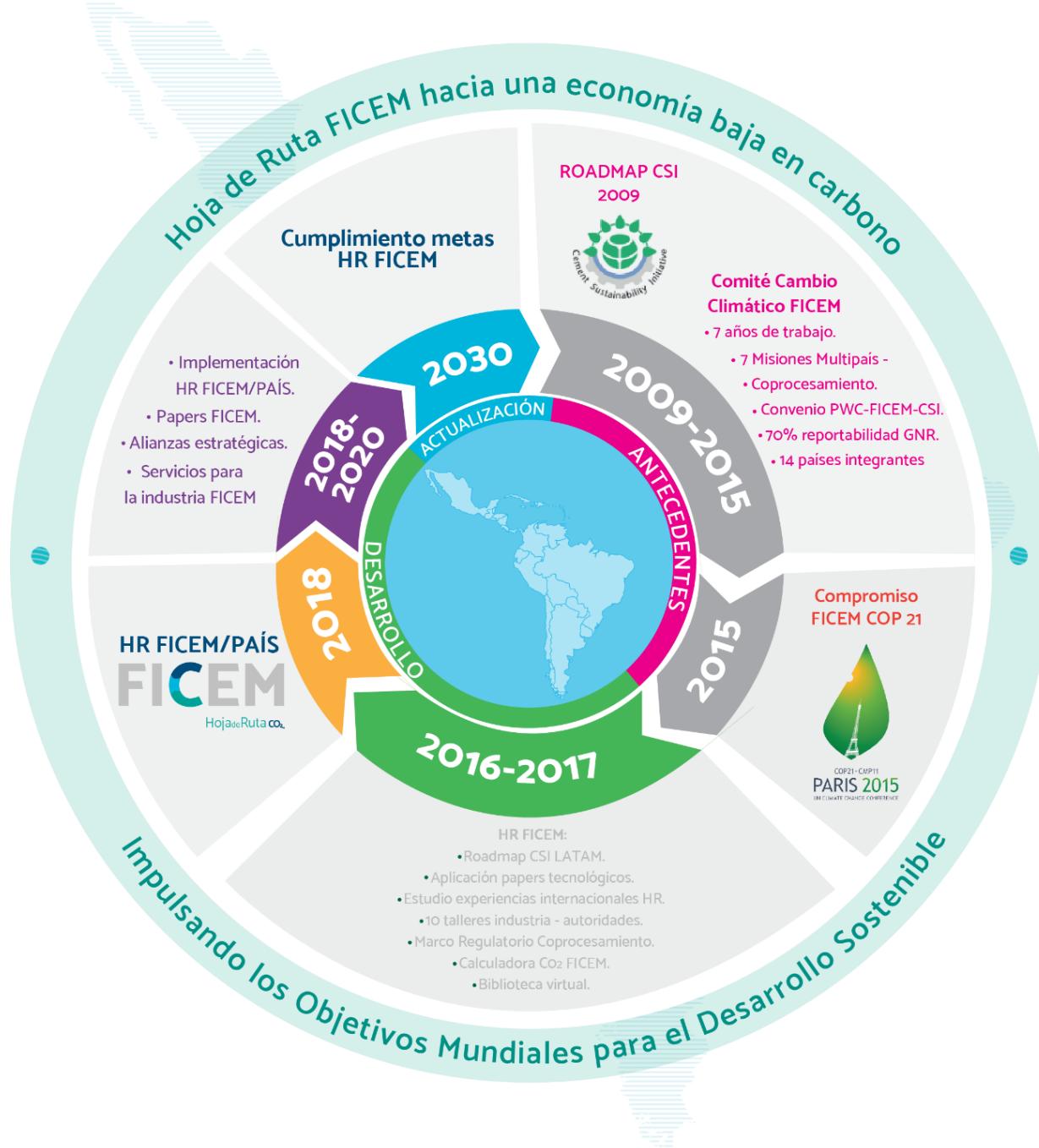
La HR Colombia se organiza en seis capítulos. En el Capítulo 1 se describen las estrategias internacionales de la industria del cemento para enfrentar el cambio climático. El Capítulo 2 revisa los sistemas de Medición, Reporte y Verificación (MRV), tanto para su aplicación a países, como a procesos industriales, como a la producción de cemento. Además, se detalla el sMRV FICEM, un MRV elaborado por FICEM para ser aplicado en Latinoamérica, basado en los criterios internacionales. El Capítulo 3 revisa la Hoja de Ruta FICEM 2017, con sus objetivos, herramientas, instrumentos y pasos para apoyar la construcción de las Hojas de Ruta País. El Capítulo 4 repasa algunas de las particularidades de Colombia: su contexto, vulnerabilidades al cambio climático, y políticas climáticas.

El Capítulo 5 aborda los principales indicadores ambientales para Colombia (análisis comparado de los principales ejes de reducción). Adicionalmente, en este capítulo se estiman las

reducciones alcanzadas y el potencial de reducción al año 2030, con base en la revisión de los papers de la Academia Europea de Investigación del Cemento (ECRA, por sus siglas en inglés).

Finalmente, el Capítulo 6 contiene las acciones y compromisos de la industria para la implementación de la HR Colombia.

Este documento es resultado del trabajo realizado por FICEM en conjunto con las industrias cementeras colombianas que, con base en antecedentes sólidos, reconocidos y confiables, han elaborado una trayectoria para acompañar a la Industria del Cemento en su transición hacia una economía baja en carbono, posicionando al cemento como el material líder en construcción para la necesaria adaptación a los efectos del cambio climático en Colombia.



1

Antecedentes Generales

En este capítulo se describen los dos pilares principales que fueron estudiados para la definición de la Hoja de Ruta de Colombia.

Como primer pilar se consideró la estrategia mundial para enfrentar las causas y efectos del cambio climático, partiendo de la base del Acuerdo de París, sus antecedentes, partes interesadas y sus compromisos de Mitigación y Adaptación.

Como segundo pilar, se consideraron los esfuerzos y oportunidades que la producción de cemento a nivel mundial ha desarrollado, destacándose el liderazgo de CSI, el cual se materializa con la publicación de su Cement Technology Roadmap 2009, actualizado el año 2018.

1.1

Estrategia global para enfrentar el cambio climático

1.1.1

Visión del cambio climático

De acuerdo con el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), el cambio climático puede definirse como la "importante variación estadística en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un período prolongado, normalmente decenios o incluso más" (IPCC, 2001)², incremento que se ha atribuido al aumento en la concentración de GEI de origen antropogénico (CO₂, metano, entre otros) en la atmósfera, generando así un aumento en la temperatura media global de la superficie terrestre denominado "Calentamiento Global".

En relación con lo anterior, el IPCC entrega un panorama del cambio observado en la temperatura media en

superficie entre los años 1901 y 2012, mostrando que casi la totalidad del planeta ha experimentado un aumento de la temperatura en superficie, y señalando que la temperatura promedio de la superficie ha aumentado 0,85°C en comparación con el período preindustrial (1880 - 2012).³

En la Figura 1 se aprecian los incrementos de temperatura en promedio globales para la superficie terrestre y oceánica.

² Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, CMNUCC, Artículo 1 Definiciones, 1992

³ Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, IPCC, Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2013

Figura 1.Comparación del cambio climático observado y simulado
Fuente. Climate Change Informe 3 IPCC 2014

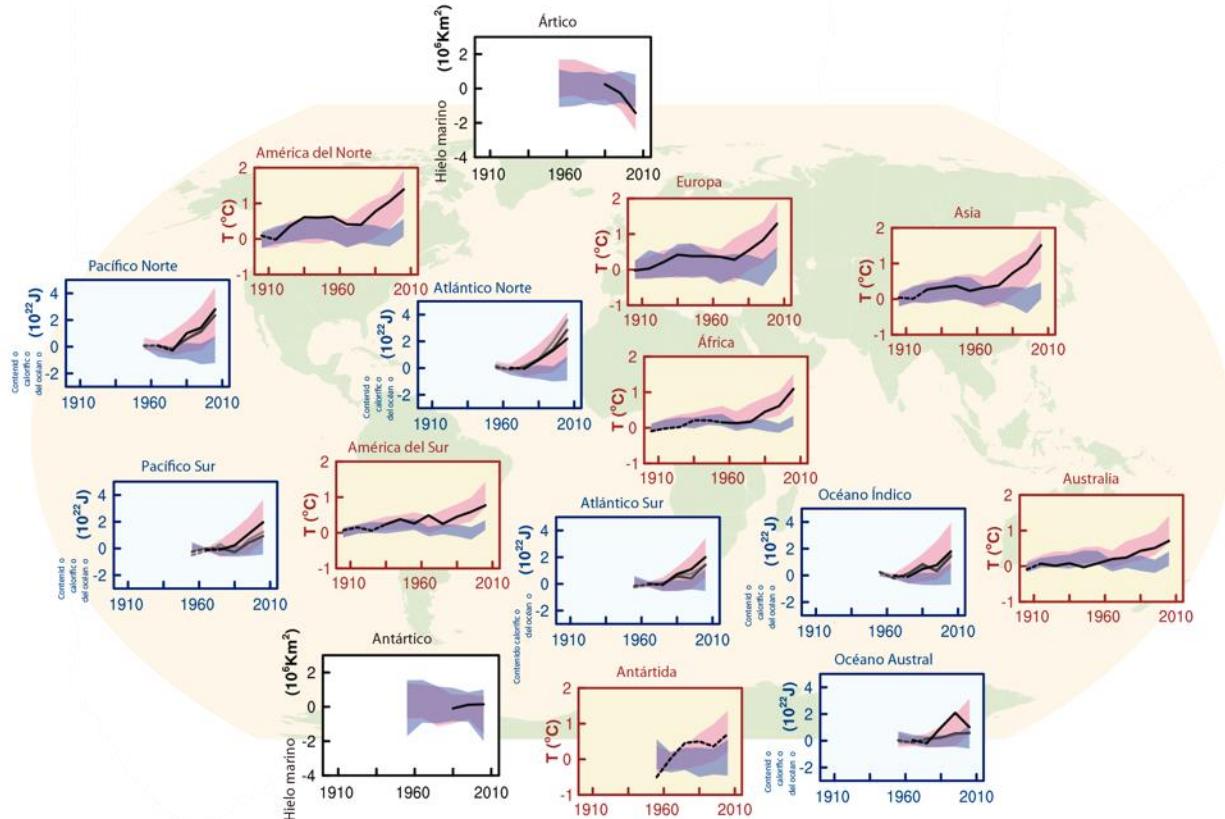


Figura RRP6: Comparación del cambio climático observado y simulado, basada en tres indicadores a gran escala en la atmósfera, la criósfera y el océano: cambio en las temperaturas del aire en la superficie terrestre continental (gráficos amarillos), extensión del hielo marino en septiembre en el Ártico y el Antártico (gráficos blancos) y contenido calorífico en las capas superiores del océano de las principales cuencas oceánicas (gráficos azules). También se muestran los cambios en el promedio global. Las anomalías se describen en relación con el período 1880-1919, por lo que respecta a las temperaturas en superficie, con el período 1960-1980, por lo que respecta al contenido calorífico del océano, y con el período 1979-1999, por lo que respecta al hielo marino. Todas las series temporales se componen de promedios decenales, representados en la mitad del

decenio. En los gráficos de temperaturas, las observaciones se señalan con líneas discontinuas cuando la cobertura espacial de las regiones examinadas es inferior al 50%. En los gráficos relativos al contenido calorífico del océano y de hielo marino, la línea continua muestra las zonas donde la cobertura de datos es buena y de mayor calidad y la línea discontinua muestra las zonas donde la cobertura de datos solo es su cliente, en las que, por lo tanto, la incertidumbre es mayor. Los resultados de los modelos mostrados representan gamas de conjuntos para varios modelos de la quinta fase del Proyecto de comparación de modelos acoplados (CMIP5), con bandas sombreadas que muestran unos intervalos de confianza de entre el 5% y el 95%. Para más detalles técnicos, incluidas las definiciones de las regiones, véase el material complementario del Resumen técnico. (figura 10.21; figura RT.12)

Considerando los incrementos graficados en la Figura 1, y con el objeto de entender las proyecciones de aumento de las emisiones de GEI y sus efectos en las temperaturas medias de la tierra, el IPCC desarrolló los denominados RCP (Trayectorias de Concentraciones Representativas, por sus siglas en inglés), que proyectan el cambio en la temperatura media en superficie para cuatro escenarios diferentes de emisiones de GEI. Estas proyecciones son para finales del siglo XXI, en relación con 1986 - 2005.

En la Figura 2, la proyección de la izquierda está basada en un escenario RCP 2,6 con emisiones relativamente limitadas de gases de efecto invernadero, mientras que la proyección de la derecha está basada en un escenario RCP 8,5 con emisiones muy altas de GEI. Los otros dos escenarios, que no se visualizan en la Figura 2, son de emisiones medias de GEI y se denominan RCP 4,5 y RCP 6,0. El RCP 2,6 proyecta un aumento de 0,3 a 1,7°C de la temperatura media de la superficie de la tierra, mientras el RCP 8,5 proyecta un aumento de 2,6 a 4,8°C.

El escenario RCP 2,6 contempla la reducción de las emisiones al 50% de la línea base actual en el año 2050, llegando a 0 emisiones netas para el año 2100. En cuanto al escenario RCP 8,5, contempla el crecimiento de las emisiones actuales sin acciones de reducción, quedando en evidencia los cambios que se producirían en el caso de no realizar acciones climáticas globales.

El cambio climático tiene un impacto sobre casi todos los aspectos de nuestras vidas. Nuestros ecosistemas sufren la pérdida de la biodiversidad y del hábitat, y los sistemas humanos, como la salud, se ven afectados negativamente, por ejemplo, mediante la propagación de vectores de enfermedades, como los mosquitos. El cambio climático también nos insta a repensar nuestros sistemas urbanos (el transporte y los edificios, entre otros) y el modo en que desarrollamos nuestra actividad económica (incluidas las oportunidades de negocios verdes). Lo anterior se puede exemplificar en la forma inadecuada de generar y usar la energía en los dos últimos siglos.

Los efectos del cambio climático también pueden provocar conflictos u obligar a las personas a migrar (por ejemplo, desde las zonas costeras bajas).

Estos antecedentes demuestran la urgencia que supone la reducción de las emisiones de GEI y la necesidad que ésta sea una acción global, en la que todos los países deban contribuir en la lucha contra las causas antropogénicas que han generado el calentamiento global, y cuyas proyecciones son la alerta para nuestra generación.

Figura 2.Cambio de la temperatura y precipitación medias, extensión del hielo marino y del pH del océano superficial, proyectados al 2100

Fuente. Climate Change Informe 3 IPCC 2014

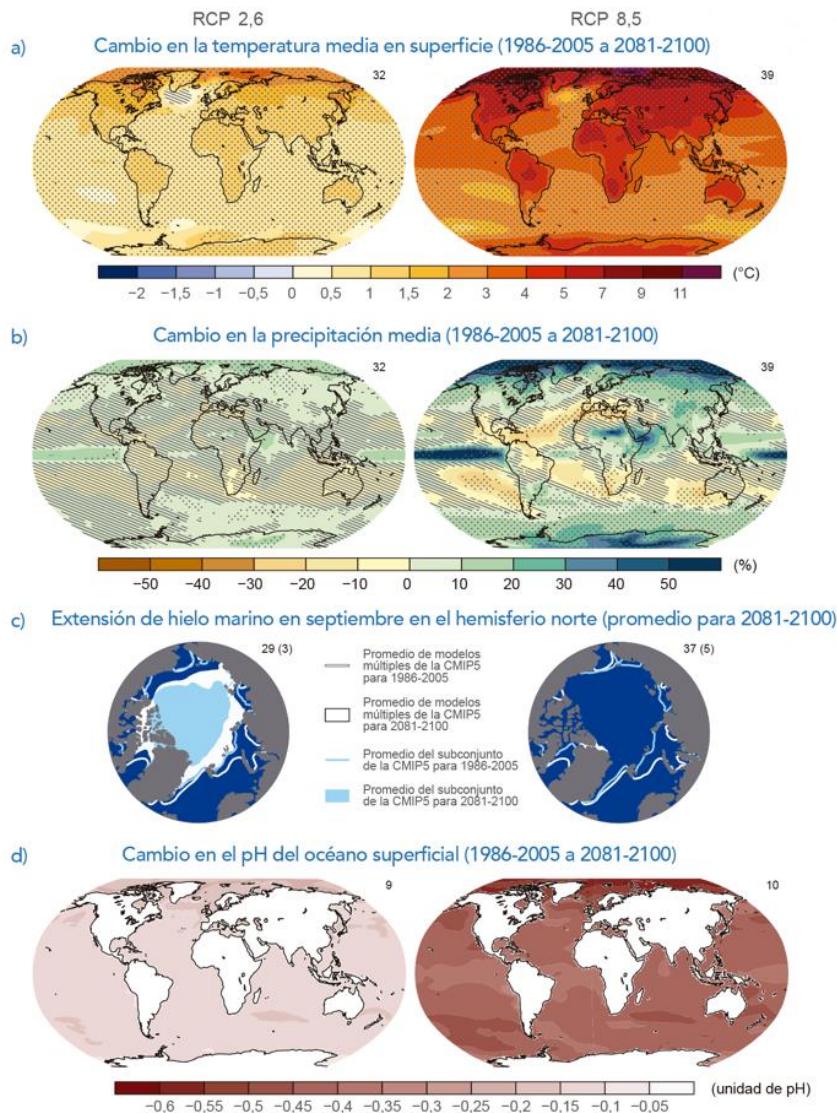


Figura RRP.8: Mapas de resultados medios de modelos múltiples de la quinta fase del Proyecto de comparación de modelos acoplados (CMIP5) de los escenarios RCP2,6 y RCP8,5, correspondientes al periodo 2081-2100, relativos a: a) el cambio anual en la temperatura media en superficie; b) el cambio de la media porcentual de la precipitación media anual; c) la extensión de hielo marino en septiembre en el hemisferio norte, y d) el cambio en el pH del océano superficial. Los cambios en los mapas a), b) y d) se muestran en relación con el periodo 1986-2005. El número de modelos de la CMIP5, utilizados para calcular la media de los modelos múltiples, se muestra en la esquina superior derecha de cada mapa. En los mapas a) y b), las tramas sombreadas indican las regiones donde la media de los modelos múltiples es pequeña en comparación con la variabilidad interna natural (esto es, inferior a una desviación típica de la variabilidad interna natural en medias de 20 años). Las tramas punteadas indican las regiones donde la

variabilidad interna natural es grande en comparación con la variabilidad interna natural (esto es, superior a dos desviaciones típicas de la variabilidad interna natural en medias de 20 años) y donde, por lo menos, el 90% de los modelos concuerdan con el signo del cambio (véase el recuadro 12.1). En la imagen c), las líneas son las medias de los modelos para 1986-2005; las áreas rellenas corresponden al final del siglo. Se indica en blanco la media de los modelos múltiples de la CMIP5, y en celeste la proyección de la extensión media del hielo marino de un subconjunto de modelos (número de modelos indicado entre paréntesis), que reproduce con mayor aproximación el estado medio climatológico y la tendencia registrada entre 1979 y 2012 de la extensión de hielo marino del Ártico. Para más detalles técnicos, véase el material complementario del Resumen técnico. [guras 6.28, 12.11, 12.22 y 12.29; guras RT.15, RT.16, RT.17 y RT.20]

1.1.2

Marco internacional para abordar el cambio climático IPCC y CMNUCC

En la Declaración Ministerial de la Segunda Conferencia Mundial sobre el Clima, el IPCC solicitó un tratado que abordara el problema del cambio climático antropogénico. La Asamblea General de las Naciones Unidas abordó formalmente las negociaciones en torno a una convención marco, siendo su primera reunión del Comité Intergubernamental de Negociación (CIN) en 1991. Luego de 15 meses, el CIN aprobó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

El objetivo de la CMNUCC es “impedir interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático mediante la estabilización de las concentraciones de GEI en la atmósfera”. Las principales respuestas para abordar el cambio climático son la mitigación y la adaptación. La Convención no enumera los GEI que se deben regular, solo hace referencia al dióxido de carbono y a otros gases de efecto invernadero (CO₂ eq).

Asimismo, establece el principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas, lo que refleja la idea que la responsabilidad de las partes para responder al cambio climático debería ser compartida sobre la base de las contribuciones históricas y actuales, así como su capacidad para responder al problema. Este principio tiene diversas aplicaciones en la Convención y los países desarrollados deben tomar la iniciativa en lo que respecta a combatir el cambio climático. Del mismo modo, se deberían considerar las necesidades específicas y las circunstancias especiales de los países en desarrollo.

La Figura 3 muestra los impactos generalizados del cambio climático en las diferentes regiones del planeta. En el caso de Latinoamérica, los impactos se asocian, principalmente, a la pesca, glaciares, recursos hídricos, agricultura y asentamientos humanos.

Figura 3.Impactos generalizados atribuidos al cambio climático sobre la base de la documentación científica disponible desde el Cuarto Informe de Evaluación IPCC

Fuente. Climate Change Informe 3 IPCC 2014

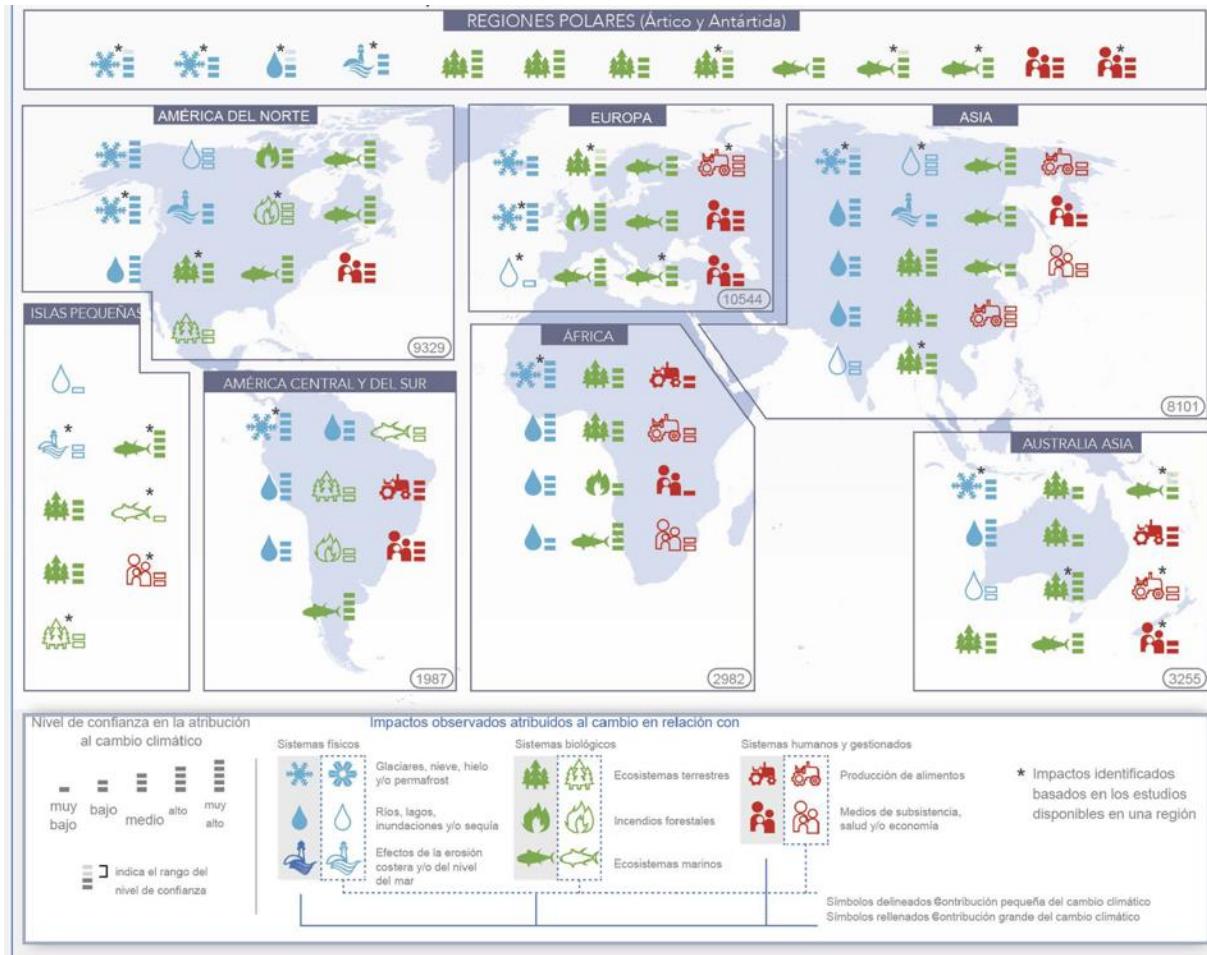


Figura RRP.4: Sobre la base de la documentación científica disponible desde el Cuarto Informe de Evaluación del IPCC, hay un número sustancialmente mayor de impactos en las últimas décadas atribuidos al cambio climático. La atribución requiere evidencia científica sobre el papel del cambio climático. La ausencia en el mapa de otros impactos atribuidos al cambio climático no implica que esos impactos no hayan ocurrido. Las publicaciones que sustentan los impactos atribuidos reflejan una base de conocimientos cada vez mayor, aunque las publicaciones siguen siendo limitadas para muchas regiones, sistemas y procesos, lo que pone de relieve las lagunas en los datos y estudios. Los símbolos indican categorías de impactos atribuidos, la relativa contribución del cambio climático (grande o pequeña) al impacto observado y el nivel de confianza en la atribución. Cada símbolo hace referencia a una o más entradas en GTII cuadro RRP.A1, de modo que se agrupan impactos conexos a escala regional. Las cifras en los óvalos indican totales regionales de publicaciones

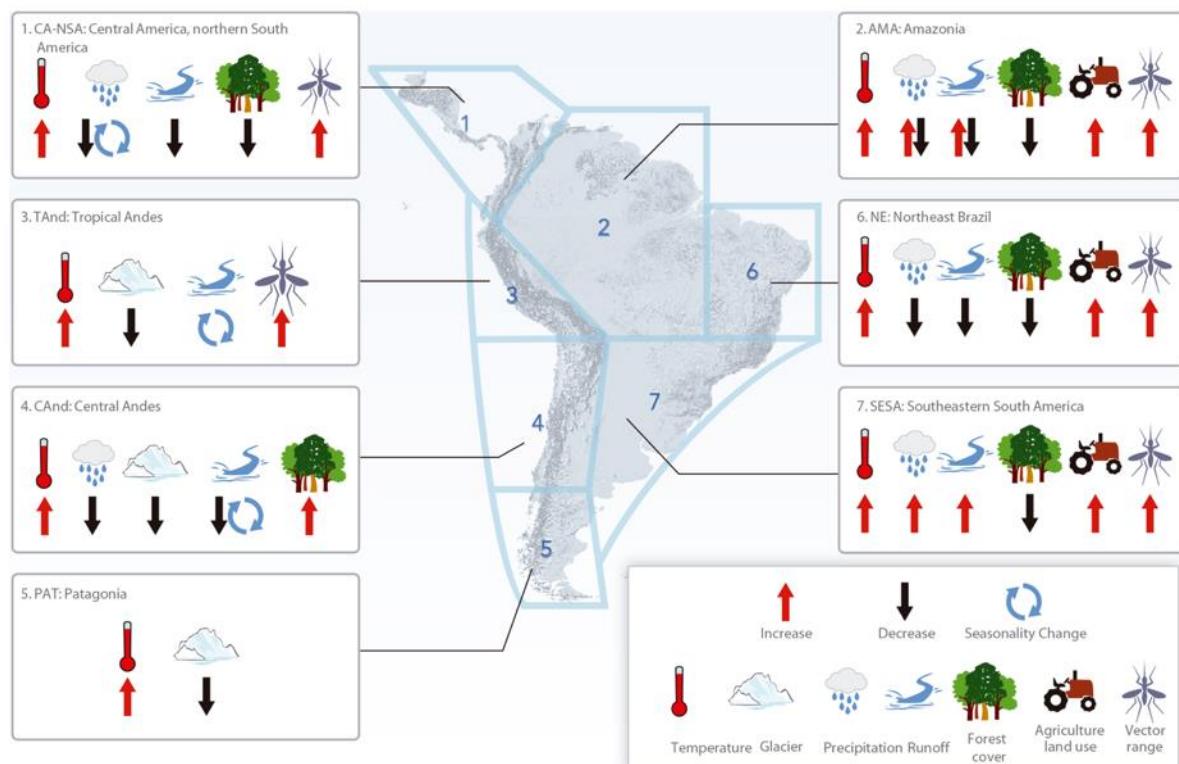
relativas al cambio climático de 2001 a 2010, según la base de datos bibliográfica Scopus para publicaciones en inglés en que el nombre de un país se menciona en el título, en el resumen o en las palabras clave (en julio de 2011). Estas cifras proporcionan una idea general de la documentación científica disponible sobre el cambio climático en las regiones no indican el número de publicaciones que apoyan la atribución de los impactos del cambio climático en cada región. Los estudios relativos a las regiones polares y las islas pequeñas se agrupan con las regiones continentales vecinas. La inclusión de publicaciones para la evaluación de la atribución se ajustó a los criterios del IPCC sobre evidencia científica de nidos en GTII capítulo 18. Las publicaciones incluidas en los análisis de atribución proceden de una gama más amplia de documentos evaluados en el GTII IE5. Véase el GTII cuadro RRP.A1 para la descripción de los impactos atribuidos. figura 1.11

Otros principios rectores de la CMNUCC se centran en la importancia del derecho al desarrollo sostenible y la obligación de las partes de la Convención en cooperar para promover un sistema económico internacional abierto y propicio que conduzca al crecimiento y desarrollo sostenible; en particular, de las regiones en desarrollo, como es el caso de Latinoamérica, región donde no sólo se deben evaluar los impactos del cambio

climático, sino también la capacidad de adaptación a sus efectos.

Latinoamérica está expuesta a impactos que afectan directamente sus actividades económicas relevantes, como la agricultura y la pesca, por lo que esta región deberá destinar importantes recursos a la adaptación a estos impactos.

Figura 4. Resumen de los cambios observados en el clima y otros factores ambientales, por regiones de América Central y del Sur. Los límites de estas regiones son “conceptuales”, por tanto no guardan correspondencia con límites políticos ni geográficos.



La Conferencia de las Partes (COP) es el órgano supremo de la Convención y se encarga de supervisar su aplicación, además de cualquier instrumento legal asociado. Todas las Partes de la Convención aceptan una serie de compromisos generales. El artículo 4 enumera los compromisos que todas las Partes deben cumplir, teniendo en cuenta sus responsabilidades comunes, pero diferenciadas, y el carácter específico de sus prioridades nacionales y regionales de desarrollo, de sus objetivos y de sus circunstancias⁴.

Uno de los compromisos de todas las Partes es desarrollar inventarios nacionales de GEI, y entregar reportes a la COP sobre información relacionada a la implementación de los compromisos asociados a la Convención. Éstas se llaman Comunicaciones Nacionales y traen consigo un conjunto de información sobre cambio climático: inventario GEI, vulnerabilidad, medidas de adaptación, medidas de mitigación, construcción de capacidades y necesidades tecnológicas.

La primera versión de la COP (COP 1) fue realizada en Berlín, en el año 1995. Posteriormente, se pueden destacar los acuerdos alcanzados en las reuniones: COP 3 “Kioto, 1997”, en la que se estableció el conocido

“Protocolo de Kioto”; COP 13 “Bali, 2007”, de la que surgió el concepto de NAMA “Acciones de mitigación apropiadas a cada país”; COP 15 “Copenhague, 2009”, que acordó la creación del Fondo Verde del Clima; COP 19 “Doha, 2012”, cuando se extendió el Protocolo de Kioto hasta el 2020 y se confirmó la falta de acuerdos y compromisos de los países; COP 20 “Lima, 2014”, que generó las bases de los acuerdos comprometidos en la COP 21 realizada en París en el año 2015, siendo ésta la ocasión en la que se alcanzó, por primera vez, un acuerdo mundial con la participación de más de 150 líderes mundiales, además de observadores y sociedad civil, denominado *“Acuerdo de París para la mitigación y adaptación al cambio climático”*.

En la siguiente figura, se puede apreciar que los esfuerzos por reducir GEI, destacándose el Protocolo de Kioto del año 1997, no han tenido los resultados esperados; es más, se aprecia un incremento en las emisiones. Por ello, la importancia del éxito de los compromisos planteados en la COP 21. Además, la figura proyecta el efecto de las emisiones de CO₂ y su potencial incremento de temperaturas al 2100.

⁴ Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, CMNUCC, Manual, 2006

Figura 5. Emisiones antropógenas acumuladas
Fuente. Climate Change Informe 3 IPCC 2014

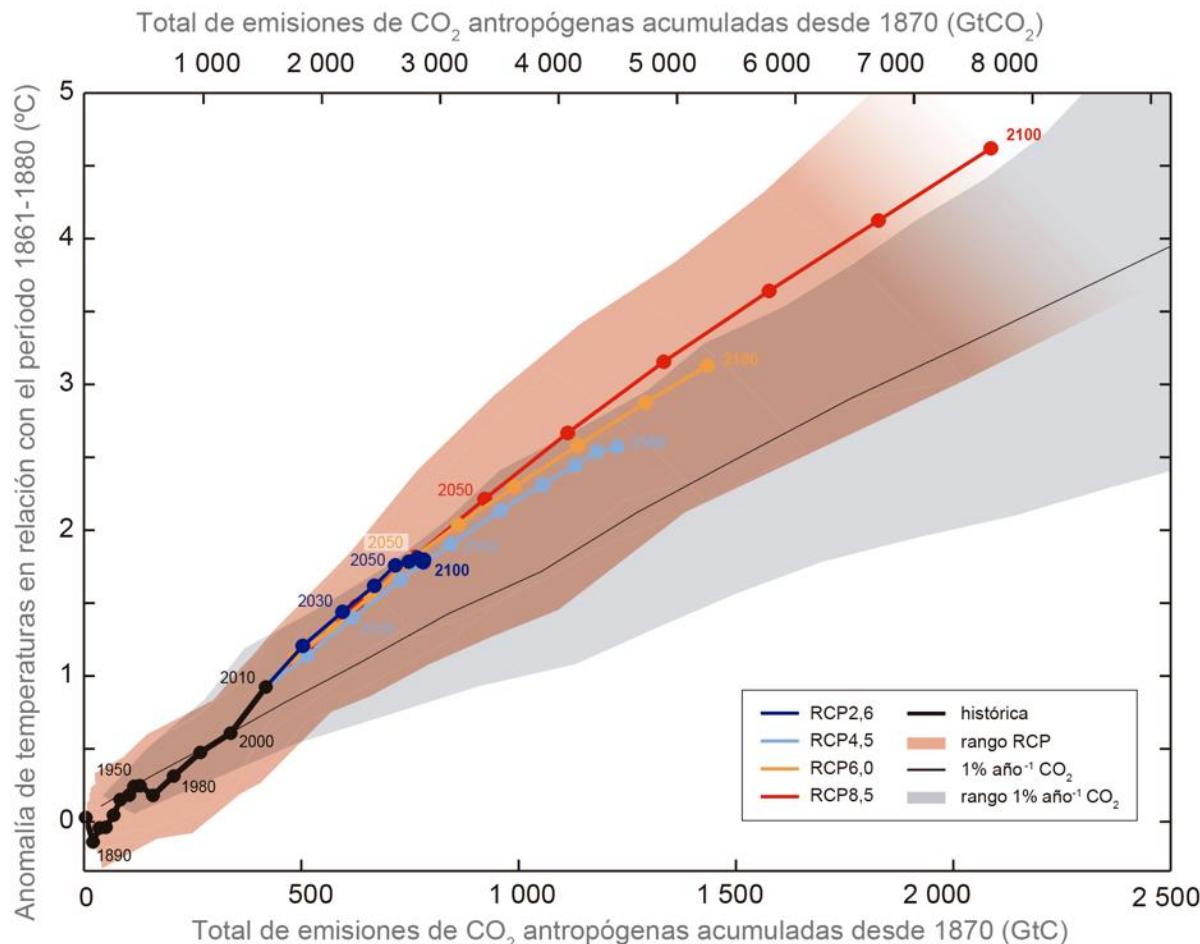


Figura RRP.10: Aumento de la temperatura media global en superficie, como función del total de las emisiones globales acumuladas de CO₂ a partir de diversas líneas de evidencia. Los resultados de modelos múltiples obtenidos de modelos del ciclo climático y del carbono, de acuerdo con un orden jerárquico para cada trayectoria de concentración representativa (RCP) hasta 2100, se muestran con líneas de colores y puntos (medias decenales). En algunos casos, se indica el año correspondiente a la media decenal para mayor claridad (por ejemplo, el año 2050 indica la década 2040-2049). Los resultados de los modelos para el período histórico (1860 a 2010) se indican en negro. El penacho de color muestra la extensión de los modelos múltiples en los cuatro escenarios de RCP y va diluyéndose con los números decrecientes de los modelos en el escenario RCP8.5. La media de los modelos múltiples y el rango simulado por los modelos de la quinta fase

del Proyecto de comparación de modelos acoplados (CMIP5), obligados a reflejar un aumento de CO_2 del 1% anual (simulaciones de CO_2 del 1% año-1), se muestran mediante la línea negra delgada y el área gris. Para una cantidad específica de emisiones de CO_2 acumuladas, las simulaciones de CO_2 del 1% anual muestran un calentamiento menor que las que se rigen por escenarios de RCP, que incluyen otros forzamientos no generados por el CO_2 . Los valores de la temperatura se dan en relación con el período de base 1861-1880, y las emisiones, en relación con 1870. Los promedios decenales se conectan mediante líneas continuas. Para mayores detalles técnicos, véase el material complementario del Resumen técnico. (figura 12.45; ETE8 del RT, figura 1)

El Acuerdo de París entró en vigor el 4 de noviembre del año 2016, y fue ratificado por más de 100 países que cubren casi el 80% de emisiones de GEI⁵. Este Acuerdo ONU es legalmente vinculante, y tiene por objetivo que los países se comprometan a mantener la temperatura media mundial “muy por debajo” de 2°C respecto a los niveles preindustriales al año 2050, para lo que se deberá reducir drásticamente las emisiones de GEI proyectadas. Lo anterior se ve reflejado en el instrumento internacional denominado “Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional” (NDC, por sus siglas en inglés), los que entrarán en vigor el año 2020 y se revisarán cada 5 años mediante un mecanismo transparente de seguimiento al cumplimiento.

Además, se podrán utilizar mecanismos de mercado (compraventa de emisiones) para cumplir sus objetivos.

También se considera financiamiento de los países desarrollados para la mitigación y adaptación en los países en vías de desarrollo, movilizando un mínimo de 100.000 millones de dólares anualmente, a partir del año 2020.

Es importante cuantificar la incidencia de los distintos GEI, con el fin determinar las acciones más eficientes de reducción de emisiones.

En la siguiente figura se muestran los aportes de los distintos tipos de GEI.

⁵ Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, CMNUCC, Acuerdo de París, 2015

Figura 6. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de origen antropogénico, anuales, totales y por grupos de gases, de 1970 a 2010.

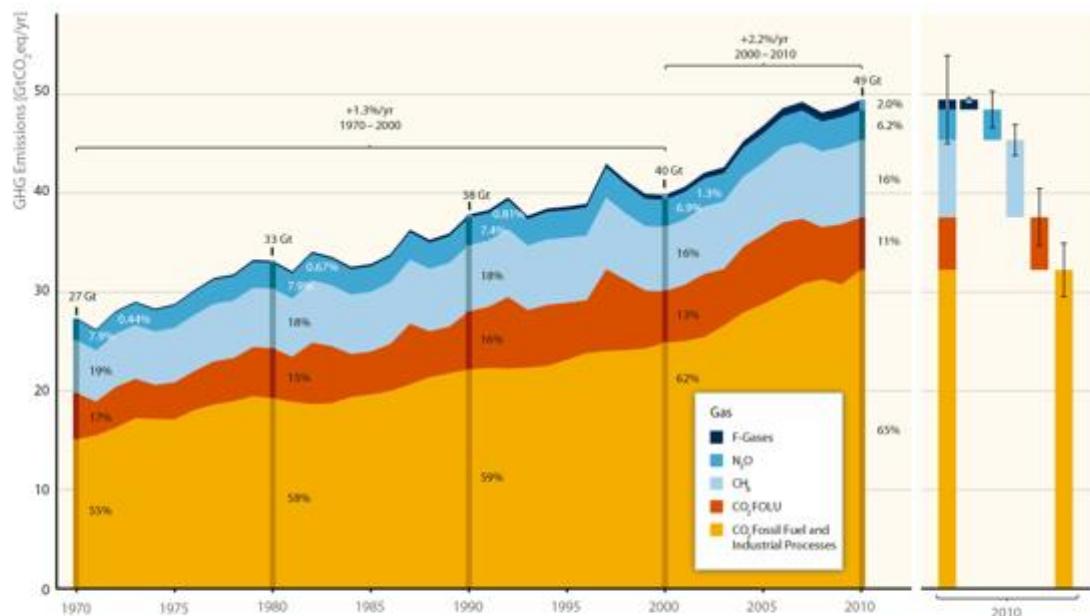


Figura RRP.2: Emisiones antropogénicas anuales totales de gases de efecto invernadero (GEI) (gigatonelada de CO₂-equivalente al año, GtCO₂-eq/año) para el periodo comprendido entre 1970 y 2010, por gases: CO₂ procedente de la quema de combustibles fósiles y procesos industriales; CO₂ procedente de la silvicultura y otros usos del suelo (FOLU); metano (CH₄); óxido nítrico (N₂O); gases fluorados abarcados en el Protocolo de Kyoto. A la derecha se muestran las emisiones de 2010, con ponderaciones de emisiones de CO₂-equivalente basadas en valores de los Informes de Evaluación segundo y quinto del IPCC. A menos que se indique de otro modo, las emisiones de CO₂-equivalente en el presente informe incluyen los

gases citados en el Protocolo de Kyoto (CO₂, CH₄, N₂O y los gases fluorados), calculados sobre la base de valores del potencial de calentamiento global con un horizonte temporal de 100 años (PCG₁₀₀) procedentes del Segundo Informe de Evaluación (IE2) (véase el glosario). La utilización de valores de PCG₁₀₀ más recientes del Quinto Informe de Evaluación (IE5) (barras a la derecha) da un mayor nivel de emisiones anuales totales de gases de efecto invernadero (52 GtCO₂-eq/año) a raíz de una mayor contribución del metano, pero ello no cambiaría la tendencia a largo plazo de manera significativa. (figura 1.6, recuadro 3.2)

Posteriormente, en la COP 22, llevada a cabo en Marrakech (Marruecos) desde el 7 al 18 de noviembre del año 2016, se trabajó en la consolidación de las estrategias asociadas a la COP 21, y se abordó el estado de avance de los financiamientos y herramientas de mayor apoyo para reducciones de GEI pre - 2020.

A la fecha, se han desarrollado una serie de instrumentos oficiales para la mitigación y adaptación. Por ejemplo, en el caso de las Emisiones Provocadas por la Deforestación y la Degradación Forestal (REDD), a través de ofrecer incentivos a los países en desarrollo para reducir las emisiones de las zonas forestales, e invertir en un desarrollo con bajas emisiones de carbono, mejorando al mismo tiempo los medios de subsistencia.

REDD+ amplía el alcance de REDD, e incluye la conservación, la gestión sostenible de los bosques y el aumento de las reservas forestales de carbono. Otro ejemplo son las “Acciones Nacionales de Mitigación Apropriadas” (NAMA, por sus siglas en inglés), que generan políticas y medidas voluntarias para reducir las emisiones de GEI.

A continuación, se destacan algunos de los principales hitos derivados de los distintos acuerdos, y que, para el caso de la Industria del cemento, deben ser parte de las estrategias para la sostenibilidad de la industria.

HITOS futuros COP-21



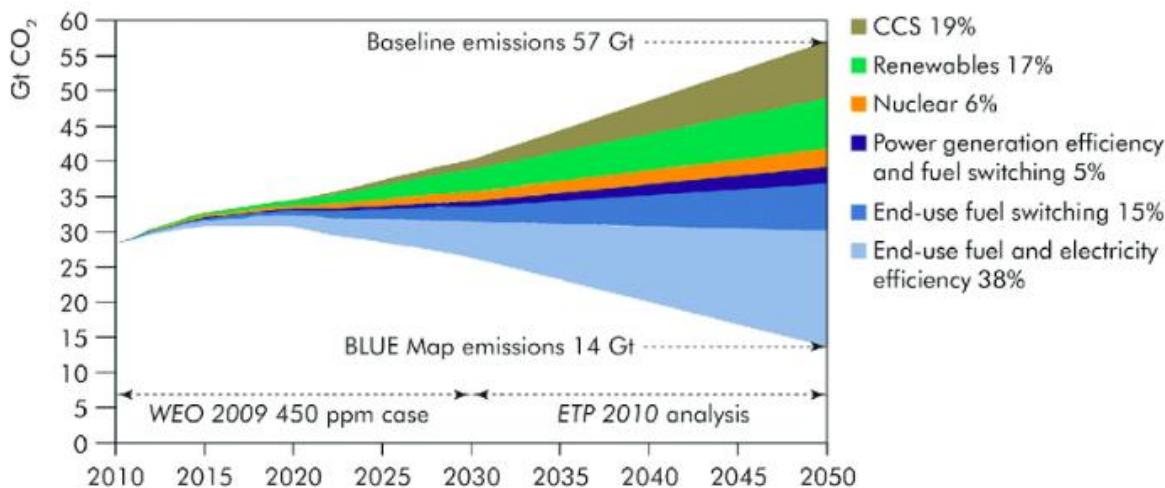
IEA Escenarios de Mitigación de GEI para el RCP 2,6. La IEA ha modelado una serie de escenarios que detallan los esfuerzos necesarios para reducir las emisiones antropogénicas de CO₂ eq.

Por un lado, están los escenarios “ACT”, que tienen por objetivo reestablecer al 2050 los niveles de emisión de CO₂ eq del año 2005, a través del desarrollo tecnológico. Por otro lado, los escenarios “BLUE” tienen por objetivo reducir un 50% las emisiones de CO₂ eq al 2050 respecto al año 2005, lo que supone un mayor desarrollo de políticas y financiamiento que faciliten el progreso tecnológico. En este caso, se modeló un escenario que

demuestra el porcentaje de uso y desarrollo de tecnologías claves para reducir las emisiones de CO₂ eq, como son la captura y almacenamiento de CO₂ eq (19%), el uso de energías renovables (17%), el uso de energía nuclear (6%), y la implementación y desarrollo de la eficiencia energética (5%) y eléctrica (38%). El accionar conjunto de estas tecnologías de reducción proyecta un escenario de 14 Gt de CO₂ eq (emisiones), a diferencia de uno estándar (sin la aplicación de estas tecnologías) con 57 Gt de CO₂ eq al año 2050.

En la siguiente figura se muestran las proyecciones de reducciones de CO₂ por distintas fuentes de energía.

Figura 7. Porcentaje de uso y desarrollo de tecnologías claves para reducir las emisiones de CO₂eq
Fuente. IEA



IEA Blue Map Scenario to reach 2050 Emission reduction targets [2]

De no existir una reducción radical en las emisiones de CO₂ antropogénicas, se estima un aumento de más de 5°C en la temperatura promedio. Este aumento de temperatura está asociado a alcanzar las emisiones de 57 Gt de CO₂ eq al 2050 (Figura 7). El escenario BLUE Map,

en el que se alcanzan las 14 Gt de CO₂ eq en el mismo periodo, es la reducción requerida para no aumentar más de 2°C la temperatura de la Tierra y, además, es la referencia de emisiones con la cual se elaboró el Roadmap de CSI en el año 2009.

1.1.3

NDC, MDL, NAMAS Y LCTPI como instrumentos para la mitigación y adaptación al cambio climático

NDC "Contribuciones Nacionalmente Determinadas"

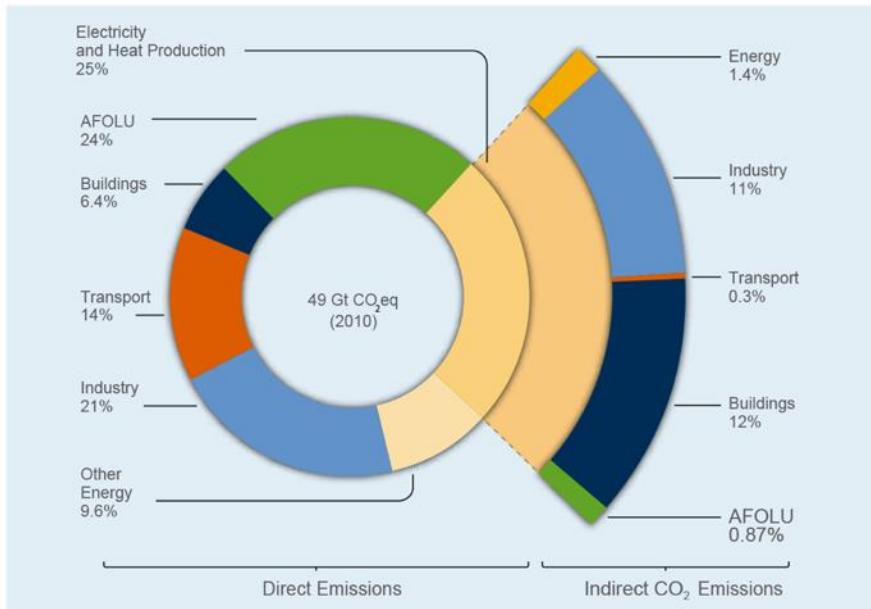
Las NDC son compromisos particulares por sector que los países presentan para reducir sus GEI al año 2030. En algunos casos se reporta específicamente a la industria del cemento con contribuciones que van desde el 2% al 6% de los GEI del país. Esta información es parte del estudio desarrollado por Factor CO₂ eq para FICEM en el año 2015, donde se pueden apreciar grandes diferencias en los aportes de los países de la región. Además, estos compromisos incluyen instrumentos de adaptación, financiación y transferencia tecnológica.

A la fecha, más de 170 países responsables de más del 95% de las emisiones han remitido a las Naciones Unidas sus compromisos de reducción. El efecto agregado de estas contribuciones, según la ONU, supondría un aumento de temperatura de 2,7°C al final del siglo, por lo que a pesar del desafío que suponen las contribuciones propuestas, la meta de no aumentar más de 2°C sería superada.

En la siguiente figura se pueden ver las emisiones (directas e indirectas) de GEI asociadas a los distintos sectores económicos.

Figura 8. Emisiones de GEI por sector económico a nivel mundial

Fuente. Cimate Change Informe IPCC 2014



MDL "Mecanismos de Desarrollo Limpio"

Los MDL son metodologías para la reducción de emisiones de GEI que nacen del análisis de las mejores técnicas disponibles, y cuyo objetivo es ser replicados en distintos sectores.

En el caso de los análisis de los proyectos latinoamericanos MDL para el sector cementero, y de las técnicas que se utilizan en éstos, se indican las principales metodologías existentes para la reducción de emisiones:

- Sustitución de combustibles fósiles por combustibles alternativos (biomasa, llantas, residuos sólidos urbanos, por ejemplo).
- Aumentar el uso de adiciones minerales en la producción de cemento (Reducción de factor clínker).
- Reducción de emisiones de CO₂ en la producción de clínker.
- Mejorar la eficiencia energética (instalación de nuevos hornos).
- Industrialización en la construcción (downstream), mediante el reemplazo de sistemas tradicionales de mampostería cerámica con morteros de asiento

a base cemento, por paneles de hormigón y terminaciones de, por ejemplo, revestimientos a base de yeso.

La gran mayoría de los proyectos registrados en Latinoamérica, como Argentina, Brasil, Colombia, Costa Rica, México, Perú y Uruguay, utilizan principalmente la metodología de sustitución de combustibles fósiles por combustibles alternos. México es el único país que registra un proyecto MDL que utiliza la metodología referida al incremento en la producción de cementos adicionados, reduciendo el contenido de clínker.

En la precedente Figura 8, la producción de cemento forma parte del sector económico Industria (industry), el cual es responsable del 21% de emisiones directas y del 11% de las emisiones indirectas de GEI a nivel mundial.

NAMA "Acciones nacionales de mitigación apropiadas"

Las NAMA son un conjunto de propuestas para alcanzar un desarrollo sostenible bajo en emisiones de GEI, de manera medible, reportable y verificable. Éstas deben ser factibles, es decir, coherentes con las particularidades del país donde se implementan, y puedan ser apoyadas con financiamiento, tecnología y formación de capacidades por parte de la comunidad internacional.

A su vez, las NAMA forman parte del componente de mitigación de las NDC y sus sistemas de MRV, habilitando a los países para reportar, de forma transparente, el progreso de sus acciones de implementación para lograr las metas de sus NDC.

En el caso de la realidad cementera latinoamericana, el estudio de Factor CO₂ eq para FICEM señala tres NAMA, las cuales señalan el uso de herramientas de corto a mediano plazo en el desarrollo de planes de acción para la mitigación, estas son:

- **NAMA de República Dominicana** en cemento/sector residuos y coprocesamiento.
- **NAMA de Perú** en la industria de la construcción (eficiencia energética y buenas prácticas en la industria del cemento, ladrillo y acero).
- **NAMA de México** para reducir emisiones GEI.

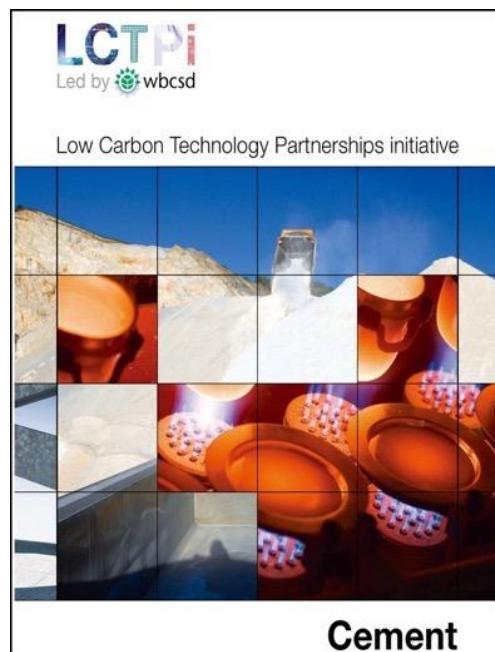
LCTPi “Low Carbon Technology Partnerships”

El LCTPi se enfocó, por un lado, en definir objetivos claros, y por otro en la implementación de los Roadmaps para el desarrollo a largo plazo de tecnologías “claves” para la reducción de emisiones. Actualmente, hay nueve áreas de enfoque en los que se trabaja para desarrollar soluciones de tecnología de bajas emisiones de carbono, entre las que se encuentran: uso de energías renovables, captura y almacenamiento de carbono, eficiencia energética en edificios, uso de combustible y transporte de bajo carbono, uso responsable de suelos, producción baja en CO₂ eq en la industria química y de cemento.

Según la evaluación de impacto de PwC, publicada en noviembre de 2015, estos proyectos podrían, si se aplican plenamente, aportar el 65% de las reducciones de emisiones necesarias en el año 2030.

La iniciativa *Low Carbon Technology Partnerships*⁶, dirigida por el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD, por sus siglas en inglés), la Red de Soluciones para el Desarrollo Sostenible (SDSN por sus siglas en inglés) y la IEA (Agencia Internacional de Energía) buscan, a través de esta iniciativa, canalizar acciones para el desarrollo de tecnologías bajas en carbono.

LCTPi ha reunido a más de 150 empresas globales con 70 socios para trabajar colaborativamente. Ésta es una iniciativa del Programa de Soluciones para la COP 21. Después de la COP 21, con su lanzamiento en 2015, se llevaron a cabo reuniones en Durban, San Pablo, Nueva Delhi, Nueva York, Pekín y Londres, donde los planes de acción fueron compartidos y conformados con los aportes de las partes interesadas.



⁶ Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible, WBCSD, *Low Carbon Technology Partnerships Initiative, 2015*

1.2

Estrategia de la Industria del Cemento

1.2.1

Global Cement and Concrete Association “GCCA” e Iniciativa para la Sostenibilidad del Cemento “CSI”

La GCCA es una asociación global dedicada al fortalecimiento y desarrollo de la industria del cemento y el hormigón en su contribución a la construcción sostenible. Con este fin, la GCCA promueve la construcción de edificios e infraestructuras duraderas, resistentes y ambientalmente sostenibles a nivel global.

Además del desarrollo sostenible y la urbanización, la mitigación y adaptación al cambio climático, y la innovación en toda la cadena de valor de la construcción, son también temáticas prioritarias en la agenda del GCCA.

La GCCA fue fundada a principios de 2018. A partir del 1 de enero de 2019, CSI fue asumida por la GCCA. Este cambio forma parte de una nueva asociación estratégica firmada entre el WBCSD y la GCCA, que tiene por objetivo facilitar el desarrollo sostenible en los sectores de cemento y concreto.



Iniciativa para la Sostenibilidad del cemento “CSI”

Durante sus casi 20 años de historia, Cement Sustainability Initiative (CSI), se centró en definir los contenidos para una gestión responsable en la producción de cemento a nivel global. Entre sus ejes de

trabajo se destacó el cambio climático, el consumo de combustibles, la seguridad de los colaboradores, las emisiones en el aire, el reciclaje de hormigón y la gestión de canteras.

Además de haber desarrollado el LCTPi de la industria, CSI impulsó el proyecto “Getting the Numbers Right”⁷, más conocido como “GNR”, (traducido al español, “Obteniendo los Datos Correctos”) que, mediante una plataforma de datos, entrega información sobre las emisiones de CO₂ eq y la eficiencia energética de la

industria cementera mundial, facilitando la comprensión de su potencial de mejora.

Basado en la iniciativa CSI, el objetivo para la industria cementera será reducir las emisiones CO₂ eq entre el 20% y 25% al 2030 a través de las siguientes acciones:

- 1** Aumentar la cobertura de la base de datos de CO₂ eq y uso de energía del sector, centrándose específicamente en China que representa alrededor del 60% de la producción mundial de cemento.
- 2** Aumentar la eficiencia energética del proceso de fabricación del cemento.
- 3** Ampliar la recopilación, disponibilidad y el uso de combustibles y materias primas alternativas de buena calidad, incluidos los residuos de otros sectores en un concepto de economía circular.
- 4** Reducir aún más el contenido de clínker en los cementos para minimizar la parte del proceso intensivo en energía.
- 5** Desarrollar cementos nuevos con menores requerimientos de energía y calcinación.
- 6** Implementar el análisis de ciclo de vida completo para edificios y proyectos de infraestructura, que permita identificar y reducir las emisiones GEI mediante soluciones basadas en el uso de cemento y productos de hormigón.
- 7** Evaluar iniciativas intersectoriales; en particular, la oportunidad de capturar, usar y almacenar carbono a gran escala.

⁷ The Cement Sustainability Initiative, CSI, Cement Industry Energy and CO₂ Performance “Getting the Numbers Right”, 2009

1.2.2

Obteniendo los datos correctos GNR

GNR es una base de datos, sobre el desempeño en emisiones de CO₂ y consumo de energía en la industria global del cemento (849 instalaciones individuales que representan el 19% de la producción mundial de cemento). Todas las compañías participantes y grupos de interés tienen acceso a reportes estandarizados; también es posible realizar y obtener solicitudes adicionales sobre temas específicos, siempre dentro de estrictos lineamientos de confidencialidad.

Los objetivos de GNR son:

- Reconocer las áreas de oportunidad y su contribución a las metas de reducción de CO₂ eq.
- Fortalecer la reputación de la industria cementera ante las autoridades.
- Ofrecer una base de datos confiable y verificable.

La base de datos GNR suministra información uniforme, exacta y verificada para que la industria comprenda su desempeño actual, como también potencial. Igualmente, ofrece información vigente y relevante para procesos de análisis y toma de decisiones para los diseñadores de políticas.

Además, la base de datos cumple con la normativa legal y es administrada por un proveedor independiente. Los participantes individuales únicamente tienen acceso a reportes elaborados a partir de los datos de su propia compañía, o de datos agregados del sector. La

información confidencial de empresas o plantas no es divulgada, no puede ser consultada y está protegida por medidas de seguridad técnicas y contractuales.

En origen, las entidades-miembros de GNR fueron 24 compañías cementeras que integran, conjuntamente, una tercera parte de la producción mundial de cemento. Desde el año 2011, FICEM es parte de esta iniciativa, con lo que se ha logrado incluir las empresas que operan en Latinoamérica. Desde el año 2018, GCCA toma este proyecto, GNR, como propio.

En la Tabla 1 se muestra el nivel de cobertura por región, destacando Europa y Norteamérica con el 90% y 77%, respectivamente. En el caso de Latinoamérica, se encuentra muy por sobre el promedio global, con una cobertura cercana al 71%, pero con una brecha importante que cubrir para aumentar la representatividad del GNR y así poder proyectar los reales potenciales de reducción de CO₂ eq de la región.

A la base de datos del año 2012, se aplicó la versión 3 del CSI "Protocolo de CO₂ y energía: Norma de Contabilidad e Informe de CO₂ para la Industria del Cemento" (publicada en el año 2011), cuyos nuevos índices incluyen datos sobre el uso de electricidad en la fabricación de clínker y en la generación de electricidad usando calor residual.

Tabla 1. Cobertura del Proyecto GNR por región año 2018

Fuente. GNR Project Reporting CO₂, 2021

COBERTURA DEL PROYECTO GNR POR REGIÓN				
Región	Número Plantas	Producción Cemento Reportada en GNR (millones de toneladas)	Total Producción de Cemento Región (millones de toneladas)	Cobertura (%)
Mundial	849	809	4174	19%
Africa	73	78	229	34%
Asia (sin China) + Oceania	64	108	333	33%
China + Corea + Japón	39	59	2518	2%
Medio Oriente	34	39	254	15%
Europa	279	164	181	90%
Norteamérica	91	75	97	77%
Latinomérica	153	123	174	71%
Centroamérica	49	49	59	83%
Sudamérica ex. Brazil	48	36	59	61%

1.2.3

LCTPi Cemento

La necesidad que la producción de cemento cuente con una estrategia de acción climática propia radica en que su nivel de emisiones es relevante, alcanzando cerca del 5% de las emisiones totales de GEI. La Figura 9 muestra las emisiones de la industria del cemento en

comparación con las emisiones de los combustibles fósiles. La Figura 10 muestra una comparación de emisiones conjunta de combustibles fósiles y cemento, con otras fuentes de emisiones antropogénicas.

Figura 9. Emisiones anuales de CO₂ antropógeno y su distribución

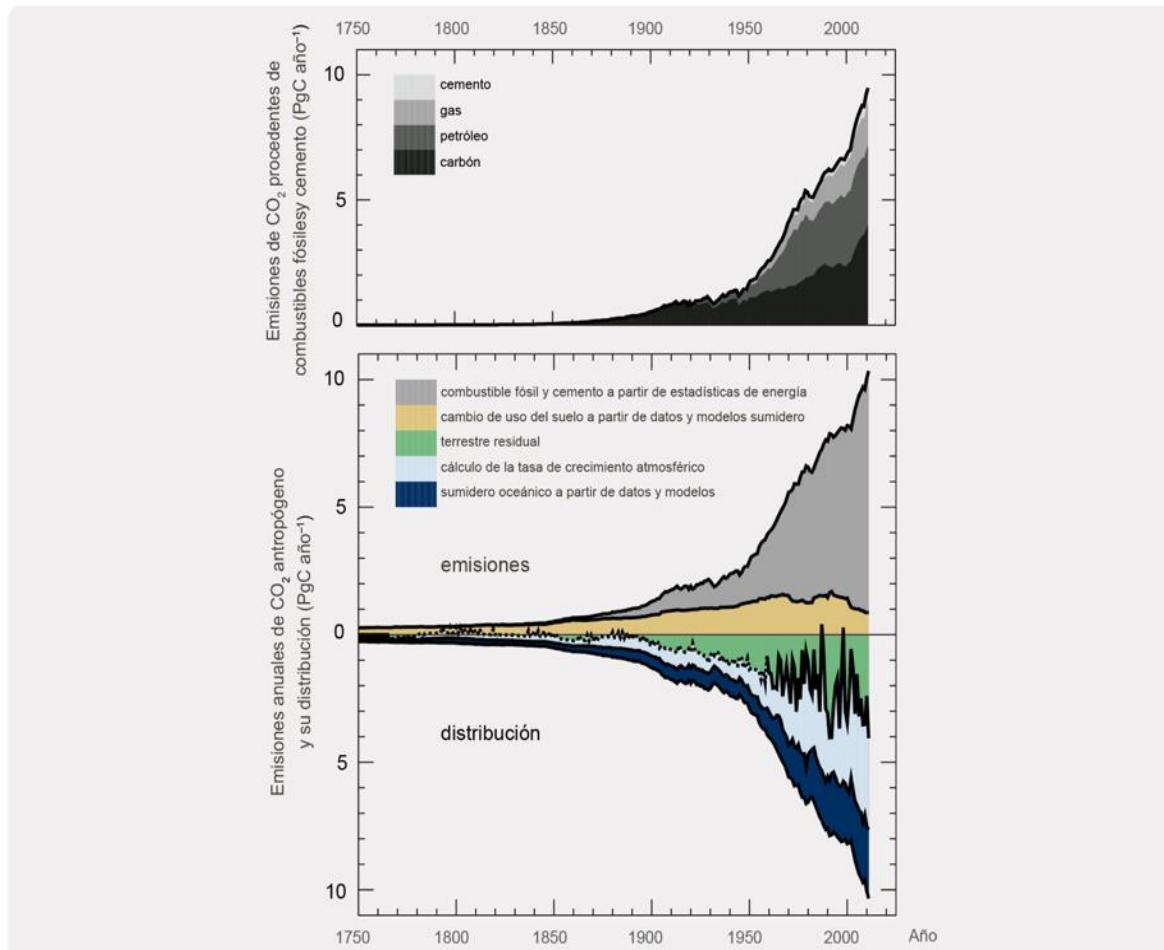
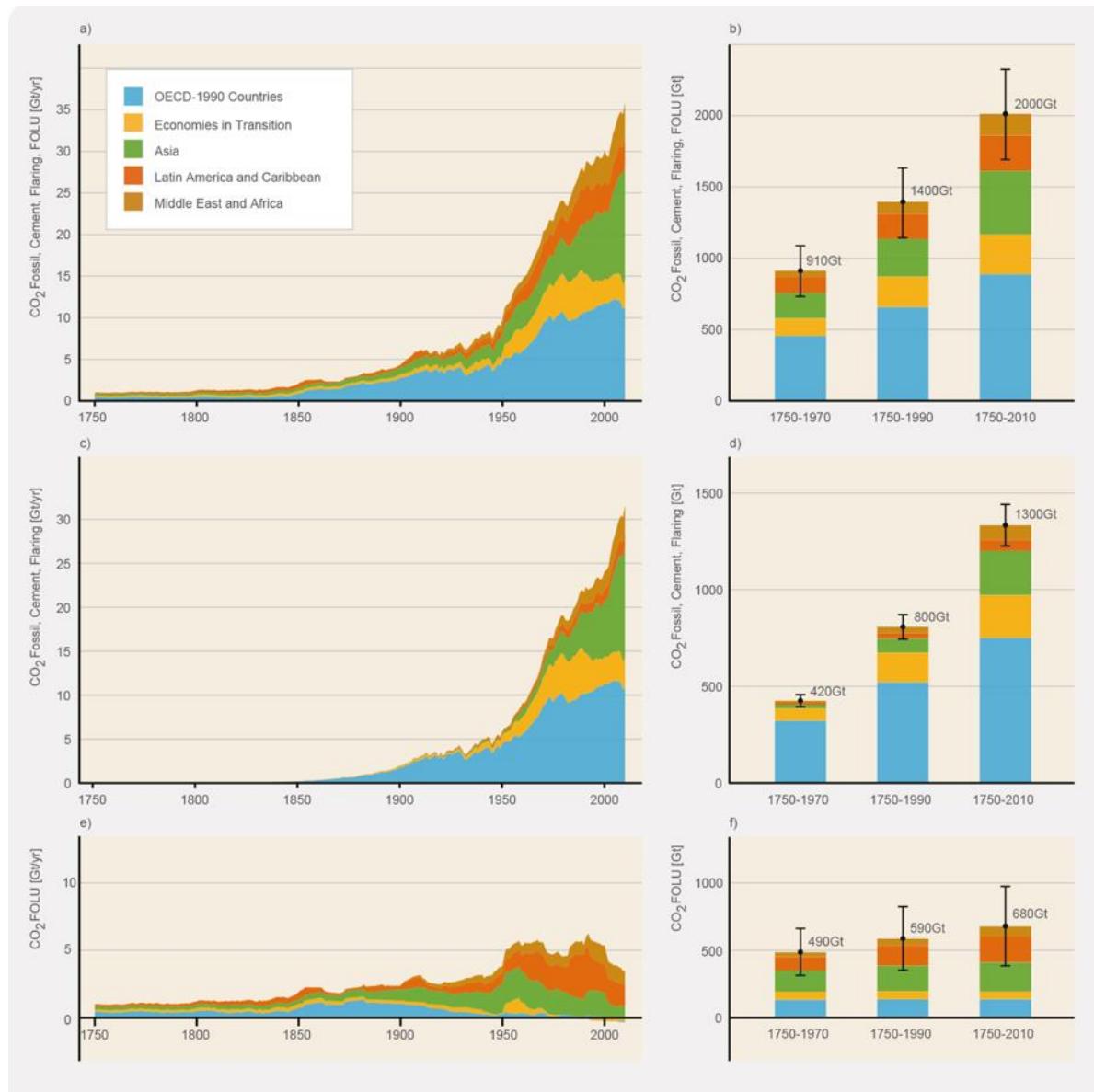


Figura 10. Emisiones antropogénicas históricas de CO₂



1.3

Technology Roadmap CSI - 2018

1.3.1

Roadmap: “Transición a una industria del cemento baja en carbono”

Durante el año 2018, CSI publicó el “Technology Roadmap de CSI: Transición a una Industria del cemento baja en carbono”⁸, siendo éste una actualización al Roadmap publicado el año 2009.

En este documento se señala que “el aumento de la población mundial y los patrones de urbanización, junto a las necesidades de desarrollo de infraestructura, incrementan la demanda de cemento y hormigón”. En este sentido, se estima que la producción mundial de cemento crecerá, con respecto al nivel actual, entre un 12% y un 23% para el año 2050. Algunas regiones, tales como la República Popular China y el Medio Oriente, tienen un exceso de capacidad de producción de cemento, con niveles de producción de cemento *per cápita* muy por encima del promedio mundial. Otras regiones, como India y África, aumentarán su capacidad de producción de cemento doméstico para satisfacer las necesidades asociadas al desarrollo de infraestructura.

De acuerdo con el Escenario tecnológico (RTS) de la IEA, es esperable que las emisiones directas de CO₂ de la industria del cemento

aumenten un 4% a nivel mundial para el año 2050, a pesar del aumento del 12% en la producción mundial de cemento en el mismo periodo.

Considerando el aumento esperado en la producción mundial de cemento, es importante tener presente que una transición sostenible al Escenario 2DS (2°C) implica una reducción significativa (24%) de las emisiones directas mundiales de CO₂ en la fabricación de cemento para el año 2050, en comparación con los niveles actuales. Esto significa reducciones acumuladas de emisiones de 7,7 GtCO₂ en comparación con el RTS para el año 2050, alcanzando 1,7 GtCO₂, lo que equivale al 90% del total mundial actual de las emisiones industriales directas de CO₂.

Implementar esta visión requiere un desarrollo progresivo y el desarrollo de ejes de reducción de emisiones de CO₂, políticas de apoyo, colaboración público-privada, mecanismos de financiamiento y aceptación social.

⁸ Iniciativa para la Sustentabilidad del Cemento, CSI, Technology Roadmap de CSI: Transición a una Industria del cemento baja en carbono, 2018.

Mejorar la eficiencia energética, cambiar a combustibles alternativos (combustibles carbono neto cero), reducir la relación de clínker a cemento e integrar la captura de carbono en la producción de cemento, son los principales ejes de mitigación de carbono que apoyan la sostenibilidad de la transición del sector cementero.

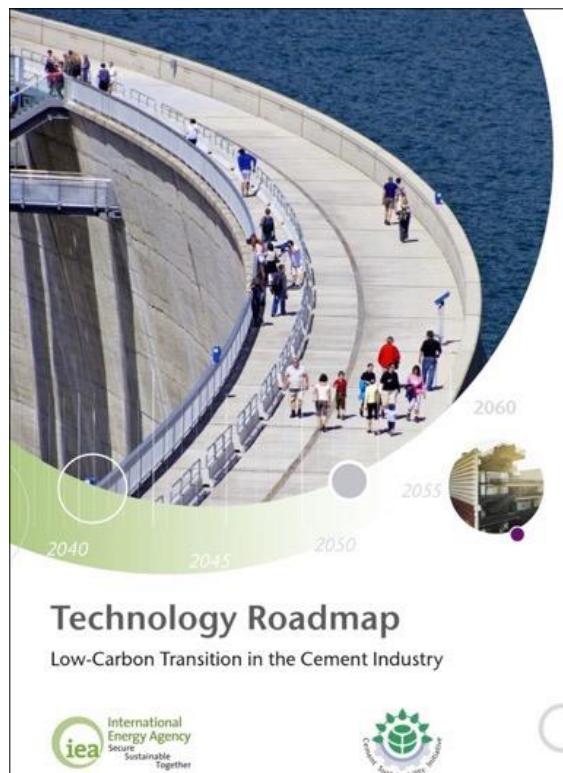
La integración de tecnologías emergentes e innovadoras, como la captura de carbono y la reducción del contenido de clínker en el cemento, son consideradas para entregar las mayores reducciones acumuladas de emisiones de CO₂ en el 2DS, en comparación con el RTS, para el año 2050, con un 48% y un 37% de contribución respectivamente. El resto de la reducción se produce al cambiar a combustibles con un bajo contenido de carbono y, en menor medida, a través de una mayor eficiencia energética.

Cabe destacar que los potenciales de reducción del Roadmap 2009, actualizado el año 2018, se han basado

en los Papers desarrollados por la ECRA para CSI. Dichos papers describen las tecnologías existentes y potenciales, y cómo pueden ayudar a la industria a reducir a la mitad las emisiones mundiales de CO₂ en todas las áreas de los negocios y la sociedad.

El potencial de reducción de CO₂ en la producción de cemento se basa en cuatro ejes (los mismos que se han manejado hasta la fecha), pero además se incluye un nuevo punto para ser revisado: las Materias Cementicios Suplementarios.

Cabe destacar que este Roadmap sólo abarca el proceso de fabricación de cemento, a lo que, por recomendación de CSI y IEA, se reconoce que el potencial de reducción se deberá ampliar a todo el ciclo de vida del cemento en un futuro próximo, incluyendo al hormigón y a la construcción, lo cual es un nuevo e importante desafío para la industria.



1.3.2

Ejes de Reducción

En el Roadmap CSI se analizan los ejes de reducción de emisión de CO₂, los cuales se basan en las tecnologías investigadas por la ECRA, documento publicado en el año 2009 y actualizado el 2017. Los ejes tienen por

objetivo apoyar las estrategias de las distintas Hojas de Ruta del cemento para el logro de su transición hacia una economía baja en carbono. Estos son:



EJE 1

Eficiencia energética y térmica

Desafíos a la implementación: los **costos de capital** pueden ser significativos. Una disminución considerable en el consumo específico de energía solo se logrará mediante modificaciones importantes, que, a menudo, conllevan altos costos de inversión y pueden ser financieramente inviables.

La mejora en el sistema de operación y la capacitación del personal involucrado es necesaria para las instalaciones modernizadas. La eficiencia energética se logra mediante una operación adecuada, así como el uso de equipos de proceso apropiados. Las tecnologías avanzadas en eficiencia energética requieren nuevas prácticas de operación y mantenimiento.

Un **mercado de tamaño adecuado** es necesario para operar las instalaciones a plena capacidad. Los equipos de proceso operando en su máximo nivel de acuerdo con el diseño, con cargas continuas de trabajo, ofrecen un rendimiento energético óptimo.

Las **condiciones locales**, como las características de la materia prima, la composición del clínker y el tamaño típico de la planta, así como los requisitos de finura del cemento, afectan el requerimiento de energía por tonelada de cemento.

Otros **ejes de reducción de emisiones de CO₂** pueden ser correlacionados con la eficiencia energética. Por ejemplo, un mayor uso de combustibles alternativos generalmente aumenta el consumo específico de energía debido a un mayor requerimiento de aire y contenido de humedad.

Las tecnologías actuales son lo suficientemente maduras como para permitir la recuperación del exceso de calor y su utilización en mejoras de la eficiencia energética. Por lo tanto, las emisiones totales de CO₂ más bajas a través de un mayor uso de combustibles alternativos superan la desventaja de un mayor consumo de energía específico.

Los **requerimientos ambientales más exigentes** pueden conducir, en algunos casos, a un aumento del consumo de energía; por ejemplo, límites más rigurosos en las emisiones de polvo requieren más potencia para la separación del polvo en las emisiones gaseosas, independientemente de la tecnología aplicada.

Necesidades y metas de investigación y desarrollo: existe una gama de tecnologías de molienda en fase de investigación y desarrollo (I+D). Se debe investigar su aplicabilidad e impacto en la industria del cemento. Un ejemplo son los sistemas de molienda libres de contacto molienda (por ejemplo, tecnología vortex), que podrían presentar claras ventajas, dada la durabilidad limitada de los elementos de desgaste en los sistemas actuales de molienda. La ECRA ha establecido un proyecto de investigación dedicado a la molienda eficiente en la industria del cemento.

El proyecto es precompetitivo e involucra a las partes interesadas intersectoriales, incluidos los proveedores de equipos (ECRA y CSI, 2017).

Una mayor optimización al adoptar un enfoque holístico, en áreas tales como la distribución del tamaño de partículas y los sistemas auxiliares de molienda, podría generar beneficios de eficiencia energética.



EJE 2

Combustibles alternativos

Desafíos a la implementación: aunque los hornos de cemento podrían modificar su matriz térmica a un 100 % de combustibles alternativos, existen algunas limitaciones prácticas que impiden que ello ocurra. Las propiedades físicas y químicas de la mayoría de los combustibles alternativos difieren significativamente de los combustibles convencionales; mientras algunos de ellos, pueden ser utilizados fácilmente por la industria del cemento, muchos otros pueden causar problemas técnicos, por ejemplo, la presencia de metales (mercurio, cadmio y talio) deben manejarse con cuidado, y es necesaria la eliminación adecuada del polvo del sistema en el horno de cemento. Esto significa que el pretratamiento de residuos para la obtención de un combustible alternativo es, a menudo, necesario para garantizar una composición uniforme y una combustión óptima, y minimizar el contenido de sustancias potencialmente problemáticas.

Existen otras barreras para aumentar el uso de combustibles alternativos en la industria del cemento. La ausencia o inadecuada legislación, como la falta de control sobre la gestión de residuos afecta significativamente la disponibilidad. La mayor sustitución de combustibles solo tiene lugar si la legislación de residuos locales o regionales promueve la recuperación de energía en hornos de cemento en lugar de vertederos (u otros métodos de tratamiento térmico menos eficientes) y, por otro lado, si permite la recolección y tratamiento de residuos para la obtención de un combustible alternativo.

Las redes locales de recolección de residuos deben ser adecuadas.

El nivel de **aceptación social** de los combustibles de desecho de coprocesamiento en las plantas de cemento puede afectar notablemente el consumo local. A menudo, las personas se preocupan por las emisiones nocivas del coprocesamiento, aunque los niveles de emisiones de las plantas de cemento bien administradas que usan combustibles alternativos no representan un problema específico.

Burocracia compleja: en muchos casos, obtener un permiso para el uso de combustibles alternativos implica largos procedimientos y varios requerimientos administrativos diferentes.

Necesidades y objetivos de I+D: para usar combustibles alternativos de forma segura y limpia, los materiales adecuados se deben identificar y clasificar, así como los procesos de recolección y tratamiento deben cumplir con los estándares. El conocimiento adquirido durante I+D del procesamiento y uso de tales combustibles debe ser compartido; esto permitiría contar con una experiencia extendida en el uso de combustibles alternativos a volúmenes altos y estables. Es importante identificar las condiciones adecuadas para asegurar una combustión completa, así como desarrollar estrategias para facilitar el uso de combustibles alternativos en los hornos de cemento (por ejemplo, la evaluación automática del combustible alternativo y el ajuste de las condiciones de funcionamiento del horno).



EJE 3

Sustitución de Clínker

Desafíos a la implementación: la **disponibilidad regional** de adiciones minerales sigue siendo crítica en términos de cantidad/calidad y su impacto en los costos. Se espera que las disponibilidades de escoria granulada de altos hornos siderúrgicos y cenizas volantes disminuyan.

La **práctica actual, la conciencia del mercado y la aceptación** deberían mejorarse porque, en algunas regiones, los consumidores y contratistas son reacios a seleccionar cementos con adiciones en lugar de cementos "puros" (sin adiciones minerales). Esto puede atribuirse a la falta de conciencia de los consumidores y a la falta de capacitación/educación de los contratistas.

Los **estándares de construcción** varían regionalmente en términos del tipo de cementos con adiciones que se permiten para la construcción.

Las **distancias entre las fuentes** de adiciones minerales y las plantas de cemento, y los requerimientos logísticos, pueden ser barreras para su mayor uso porque afectan la viabilidad económica.

Necesidades y objetivos de I+D: la disponibilidad de adiciones minerales debe cuantificarse globalmente a partir de evaluaciones bottom-up locales.

La necesidad de evaluar continuamente sus propiedades a escala global es imperativa, teniendo en cuenta la naturaleza variable de la mayoría de las adiciones minerales que se emplean para la fabricación de cemento. Se debe dar prioridad a la determinación de su huella ambiental (incluido el CO₂), además de su efecto sobre la resistencia y durabilidad del cemento y el hormigón. Estos estudios deben tener una visión holística al considerar las necesidades específicas relacionadas con la construcción.

Es imperativo que los esfuerzos de investigación se centren en identificar y desarrollar nuevas adiciones minerales. Las arcillas calcinadas son un caso con gran potencial, y se espera que investigaciones en curso brinden más información sobre el desempeño y durabilidad de los cementos que utilizan este tipo de adición.

En el mismo contexto, utilizar escoria de horno de arco eléctrico, las cenizas volantes, los residuos de bauxita y los relaves de operaciones mineras, permiten obtener beneficios similares al valorizar otros materiales, como el mejoramiento de las propiedades hidráulicas o puzolánicas y manejar la posible presencia de metales pesados. Las acciones de I+D son cruciales para abordar los desafíos del uso estos materiales alternativos.



EJE 4

Tecnologías Emergentes e Innovadoras: EHR; Energías Renovables; y Captura, uso y almacenamiento de CO₂ (CCS y CCU).

EHR (Energy Heat Recovery) para la generación de energía: la viabilidad económica sería el factor decisivo para un desarrollo más amplio en la industria del cemento, dada la adaptabilidad de las tecnologías de EHR a diferentes condiciones y ubicación de la planta (por ejemplo, disponibilidad de agua), y considerando la ausencia de requisitos legales de instalación obligatoria.

Por lo general, no es económicamente factible sin un apoyo financiero adicional u otros beneficios económicos indirectos (por ejemplo, costos evitados por paradas inesperadas del horno debido a un suministro de electricidad poco confiable o por valorizar la provisión de flexibilidad a la red eléctrica).

Generación de energía renovable: la disponibilidad de fuentes renovables locales (por ejemplo, radiación solar o velocidad y condiciones del viento) es el principal factor que influye en el desarrollo de tecnologías de generación de energía renovable en plantas de cemento o molienda. En general, las unidades de molienda son más adecuadas para usar energía renovable, debido a la flexibilidad en las horas de operación durante el día.

Los costos de la electricidad (por ejemplo, las condiciones de intercambio de electricidad) y los contextos de las políticas (por ejemplo, la disponibilidad de incentivos o políticas de permisos fáciles) pueden también influir en la adopción de energía eléctrica basada en energías renovables en la fabricación de cemento. Esto podría ser a través de la autogeneración o mediante acuerdos certificados de compra de energía renovables.

Captura de CO₂ y Almacenamiento (CCS): las políticas efectivas que proporcionan un incentivo económico para reducir la huella de carbono en la producción de cemento, y respaldan la cooperación público-privada intersectorial, la identificación de ubicaciones y diseños óptimos para las infraestructuras de transporte y almacenamiento de CO₂, así como también la integración técnica de las tecnologías de captura de carbono demostradas en escala industrial y comercial, son el principal desafío para el desarrollo de CCS en el mercado.

Altos costos estimados para la captura de CO₂ en comparación con el costo específico de la producción de cemento. Sin embargo, se espera que el costo de la captura de carbono disminuya en el futuro debido al progreso técnico y científico. La conciencia pública de CCS aún es baja, y el público ha formado opiniones poco firmes sobre CCS y su papel para mitigar el cambio climático, excepto en algunos países europeos.

Captura de CO₂ y su utilización (CCU): los obstáculos comerciales impiden que las vías de utilización de CO₂ nuevas y emergentes avancen rápidamente, y alcancen madurez de laboratorio a mercado, más allá de las limitaciones técnicas. Esto se debe en parte a los bajos costos de los combustibles alternativos y, a menudo, a la dependencia de una gran cantidad de electricidad en base a fuentes renovables. Lograr la generación de hidrógeno con cero emisiones de carbono garantizaría la reducción de las emisiones de CO₂ en esos casos.

La disponibilidad de tierra y agua, y el tamaño de los mercados aguas abajo (downstream) son otros factores limitantes para las aplicaciones de CCU. Se debe aplicar un enfoque de evaluación del ciclo de vida para medir la contribución específica de cada ruta de CCU, para permitir la aceptación medioambiental.

Necesidades y objetivos de I+D: la investigación continua en tecnologías de captura de carbono podría conducir a sistemas más optimizados, con costos de inversión e intensidades energéticas reducidas. Los desafíos técnicos y de innovación para la utilización de CO₂ se centran en aumentar la eficiencia de los procesos químicos y la innovación para nuevas vías de utilización de CO₂. La investigación intensificada, mejores catalizadores y diseños de procesos traerán mayores niveles de eficiencia, menores costos y menor consumo de material o producción de desechos.

Las formas nuevas e innovadoras de usar CO₂ y el uso de CO₂ no purificado pueden hacer que sean posibles más aplicaciones. Los desafíos para la mineralización son la reducción de los costos de procesamiento y la ampliación de la gama de materiales (de desecho) que pueden usarse como insumo (Sandalow et al., 2017). La investigación se debe llevar a cabo a través de proyectos colaborativos en diferentes sectores industriales, emisores, transformadores (por ejemplo, industria química) y usuarios finales.

El transporte es el vínculo crucial entre las fuentes de emisiones de CO₂ y los sitios de almacenamiento. En la mayoría de los países, no se presta suficiente atención a las necesidades de tecnología e infraestructura. El transporte por tuberías presenta diferentes desafíos regulatorios, de acceso y de desarrollo en diferentes regiones. La magnitud, complejidad y distribución geográfica de los canales integrados de transporte de CCS requieren evaluaciones específicas de cada región. También se necesita más investigación para comprender mejor la disponibilidad de almacenamiento a nivel mundial. Los hornos de cemento generalmente se encuentran cerca de grandes canteras de piedra caliza, que pueden no estar cerca de los sitios adecuados de almacenamiento de CO₂. También es probable que los clusters de CCS se vean influenciados por su proximidad a fuentes de CO₂ mucho más grandes, como las centrales eléctricas de carbón.



EJE 5

Materiales cementicios suplementarios

Los materiales cementicios suplementarios al clínker en el cemento, pueden ofrecer oportunidades para reducir las emisiones de carbono. Sin embargo, actualmente no existe un análisis robusto, disponible públicamente, del ciclo de vida de cualquiera de los materiales cementicios suplementarios en análisis, o una cuantificación comparativa asociada a los costos de producción.

Los materiales cementicios suplementarios que, en teoría, arrojan un mayor ahorro de CO₂, a menudo están relacionados con mayores costos de producción, restricciones en la disponibilidad de estas materias primas alternativas y limitaciones de la aplicación en el mercado, o están en etapas tempranas de desarrollo. Estas circunstancias hacen que sea prematuro realizar una evaluación técnico-económica sobre las tecnologías y las vías de menor costo para la producción de cemento.

En muchas regiones, la ausencia de incentivos para reducir las emisiones de carbono en la fabricación de

cemento afecta negativamente el uso de materiales cementicios suplementarios, cuyo desarrollo en el mercado, cuando están disponibles, está altamente determinado por los costos de producción. En la actualidad, el costo de las materias primas es un factor clave.

La investigación sobre la optimización del proceso de materiales cementicios suplementarios, está en la fase de demostración, y su avance podría crear posibilidades para su desarrollo comercial, produciendo mejoras medioambientales en el rendimiento actual de la industria.

Las asociaciones público-privadas pueden ser un mecanismo para aprovechar los recursos de financiación que permitan respaldar las pruebas demostrativas y las primeras investigaciones.



El impacto de los cinco ejes señalados en la reducción de las emisiones de CO₂ no siempre es acumulativo, ya que pueden afectar de forma individual el potencial de reducción de emisiones de otras opciones.

Por ejemplo, el uso de combustibles alternativos generalmente requiere mayor energía térmica específica y electricidad debido al mayor contenido de humedad en los combustibles fósiles. Esto significa que el funcionamiento del horno tendrá mayores niveles de aire en comparación con los combustibles fósiles convencionales y el pretratamiento de combustibles alternativos. La integración del equipo de captura de carbono normalmente aumenta la intensidad energética de la fabricación de cemento, ya que se necesita energía adicional para operar los procesos de separación y manipulación de CO₂.

1.3.3

Requisitos de inversión y apoyo financiero

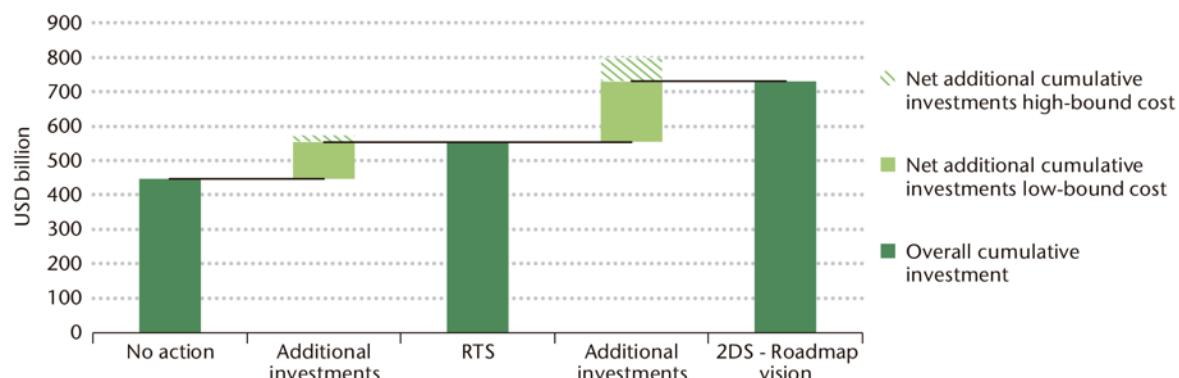
Los costos acumulativos netos adicionales de inversión para implementar esta visión del Roadmap CSI, en comparación con el RTS (Figura 11), se estiman en el orden de entre USD 176 mil millones y USD 244 mil millones. Estas estimaciones se basan en un examen de sensibilidad de límites bajo y alto de los costos de inversión de tecnología específica para hacer frente a la inherente incertidumbre de evaluar tecnologías que aún no han alcanzado la madurez comercial. La discusión de inversión se centra en el caso de baja variabilidad, como el caso de referencia de este Roadmap.

El RTS ya integra cambios considerables en términos de ahorro de energía y emisiones de CO₂ en la industria del cemento, en respuesta a políticas y promesas anunciadas e implementadas. Por ejemplo, la intensidad de la energía térmica del clínker se reduce en un 8% y la intensidad de electricidad del cemento es reducida en un 9% para el año 2050, por debajo de los niveles actuales

en el RTS global. La contribución de los combustibles fósiles en el mix global de fuentes de energía térmica para la producción de clínker disminuiría en un 12% en el mismo periodo. El contenido de clínker en los cementos se mantiene estable en el tiempo, a pesar de la caída en la producción de cemento chino a nivel mundial. El RTS considera que las pruebas piloto y estudios de factibilidad de tecnologías de integración de captura de carbono en la industria del cemento se traducirían en un modesto desarrollo a largo plazo, con emisiones capturadas de carbono que representan el 3% del total generado de emisiones de CO₂ en el sector cemento hacia el año 2050. Por lo tanto, las inversiones acumuladas y adicionales que se estiman necesarias en el marco de esta visión aumentarían entre USD 283 mil millones y USD 371 mil millones si la huella actual de las emisiones de energía y carbono de la fabricación de cemento se mantiene sin cambios a nivel mundial.

Figura 11. Necesidades acumulativas de inversión por escenario para 2050

Fuente. Roadmap CSI, 2018



Note: Net cumulative additional investment numbers are assessed considering low- and high-bound sensitivity ranges for specific investment costs. Overall cumulative investments displayed in the above graph refer to the low-bound cost range.

Entre USD 107 mil millones a USD 127 mil millones se estiman como inversiones adicionales acumulativas para realizar el RTS globalmente, que necesitaría aumentar entre USD 176 mil millones y USD 244 mil millones para llegar a implementar la visión de la hoja de ruta (2DS).

1.3.4

Principales acciones del Roadmap CSI 2018

El Roadmap CSI 2018 ha determinado las principales acciones a realizarse hasta el año 2050, agrupadas por eje de reducción, con responsabilidades en la Industria, en los gobiernos, o en forma compartida entre ambos, según sea el caso, en su desarrollo y concreción. Estas acciones se indican a continuación:

Eficiencia energética

- Políticas equitativas en los subsidios al precio de la energía.
- Eliminación gradual de los hornos largos e ineficientes, y de los procesos de producción de vía húmeda.
- Ajuste de objetivos en los programas de mejora de eficiencia en energía a nivel de planta o sector.

Cambio a combustibles y materias primas alternativas

- Desarrollo de la economía circular.
- Fortalecimiento de regulaciones de gestión de residuos y dar prioridad al coprocesamiento de residuos en lugar de su incineración o disposición en rellenos sanitarios.
- Intercambio de las mejores prácticas internacionales en trazabilidad y monitoreo de impactos.
- Capacitación de autoridades en temáticas relativas a otorgamiento de permisos, control y supervisión.
- Ampliar la conciencia pública de los beneficios de la optimización en la gestión de residuos.

Factor Clínker/Cemento

- Desarrollar normas técnicas y reglamentos de construcción que permitan un uso más generalizado de cementos con adiciones, que además garanticen la fiabilidad y durabilidad del producto en la aplicación final.
- Fomentar el uso de cementos con adiciones en las políticas de abastecimiento y contratación pública.
- Garantizar la trazabilidad / etiquetado / origen responsable de los materiales de construcción.
- Esfuerzos de I+D en materiales que puedan ser, potencialmente, adiciones minerales y que actualmente no se utilicen debido a restricciones de calidad.
- Promover la capacitación internacional con organismos nacionales de normalización e institutos de acreditación.

Tecnologías emergentes e innovadoras

- Mitigar los riesgos a través de mecanismos de inversión que aprovechen el financiamiento privado para tecnologías innovadoras con emisiones bajas de carbono, y a través de la promoción de asociaciones público-privadas.
- Alcanzar la demostración a escala comercial de la tecnología de oxícombustión para la captura de carbono en la producción de clínker, y obtener experiencia en el funcionamiento a gran escala de tecnologías de postcombustión.
- Coordinar la identificación y demostración de las redes de transporte de CO₂ a nivel regional, nacional e internacional, para optimizar el desarrollo de la infraestructura.
- Cooperación internacional para armonizar los enfoques relativos a la selección segura de los sitios de operación, mantenimiento, monitoreo y verificación del almacenamiento permanente de CO₂.
- Desarrollar marcos regulatorios para CCS, coordinados internacionalmente, además de comunicar y capacitar al público y las partes interesadas "clave" sobre almacenamiento de carbono para alcanzar su aceptación social.
- Compensar las inversiones en fuentes de energía "limpias" y lograr mayor flexibilidad en las redes energéticas locales a través de, por ejemplo, incentivos fiscales para el uso de tecnologías que permitan la recuperación del calor en exceso.

Materiales Cementicios Suplementarios

- Apoyar la investigación, ensayos y prueba piloto de cementos a base de aglomerantes alternativos, y desarrollar normas técnicas que faciliten su uso por parte del mercado.
- Continuar con el desarrollo comercial de materiales cementicios suplementarios.

Promover la transición a un bajo nivel de carbono en el ámbito de la construcción

- Avanzar hacia mecanismos efectivos de fijación de precios internacionales estables para el carbono, incluyendo paquetes de estímulo financiero y medidas complementarias para compensar las presiones asimétricas de precios en los diferentes mercados.
- Fortalecer y actualizar las normas de construcción con el objetivo de lograr el objetivo de neutralidad de carbono en el ámbito de la construcción en el ciclo de vida completo.
- Mejorar el desarrollo y la implementación de soluciones bajas en carbono en el sector de la construcción, que consideren un enfoque de ciclo de vida, haciéndolos parte de las políticas de contratación pública.
- Transferencia tecnológica hacia arquitectos/ingenieros en la aplicabilidad de las mezclas de hormigón de bajo carbono y cementos con alto contenido de adiciones, fomentando oportunidades de diseño ecológico en edificios e infraestructura en general.

En la siguiente tabla se señalan las proyecciones al año 2030, 2040 y 2050 de los principales indicadores relacionados a la industria global del cemento: producción de cemento y clínker, eficiencia energética, coprocesamiento, factor clínker y la intensidad de emisiones de CO₂ asociada.

Tabla 2. Principales indicadores y trayectorias del Roadmap CSI 2018

Fuente. Elaboración propia a partir del Roadmap CSI 2018

Indicadores de la Industria Global del Cemento -Roadmap CSI 2018 -	Visión Roadmap CSI 2018 Caso de baja Variabilidad		
	2030	2040	2050
Producción Cemento (Mt/año)	4250	4429	4682
Factor Clinker a Cemento	0,64	0,63	0,60
Intensidad de Energía Térmica del Clinker (Gj/t clinker)	3,3	3,2	3,1
Intensidad de Electricidad del Cemento (GkWh/t cement)	87	83	79
Uso de Combustibles Alternativos (Porcentaje de consumo de energía térmica)	17,5	25,1	30,0
Intensidad Directa de CO ₂ en el Proceso del cemento (tCO ₂ /t cement)	0,33	0,30	0,24
Intensidad de Energía Directa de CO ₂ en el Proceso de cemento (tCO ₂ /t cement)	0,19	0,16	0,13
Total Intensidad Directa de CO ₂ en el cemento (tCO ₂ /t cement)	0,52	0,46	0,37

1.4

Papers ECRA 2017

En el año 2017, CSI decidió iniciar un proyecto junto con la ECRA para actualizar la perspectiva de las tecnologías disponibles para la reducción del CO₂ y la eficiencia energética en el sector del cemento. Esta decisión fue tomada a la luz de la discusión y ratificación del Acuerdo de París de la CMNUCC. Además, esta actualización se realizó con el propósito de incorporar información sobre materiales alternativos y uso de combustible en la industria del cemento, y para formar una nueva base para el proyecto de modelado de perspectiva de tecnología energética (ETP) de la IEA.⁹

Las estimaciones sobre el potencial de reducción se realizaron teniendo en cuenta una planta de referencia (2 millones de toneladas de clínker anuales o 6.000 toneladas de clínker por día de capacidad), la cual se basa en los datos técnicos de más de 900 plantas de cemento obtenidos del Protocolo GNR de CSI del año 2014. Para los datos de costos, se tomó como referencia los precios de Europa central.

Los supuestos clave para la planta de referencia son los siguientes:

- Tipo de horno: predominantemente caracterizado como proceso seco.
- 70% del proceso en seco con precalentador y precalcinador.
- 14% del proceso en seco con precalentador sin precalcinador.
- 16% de hornos mixtos.

La última publicación de los *Papers Tecnológicos* comprende 52 papers, de los cuales 32 son una actualización de los existentes y los otros 20 corresponden a la incorporación de nuevas tecnologías.

Estos documentos representan una visión global de los principales ejes en la reducción de CO₂ en la producción de cemento, además de sus oportunidades y barreras para su implementación.

Los ejes de reducción identificados son:

- 1** Eficiencia térmica
- 2** Eficiencia eléctrica
- 3** Uso de materias primas alternativas y combustibles alternativos (biomasas, combustibles a partir de residuos, entre otros)
- 4** Reducción del contenido de clínker en el cemento
- 5** Nuevos cementos
- 6** Captura y almacenamiento de carbono
- 7** Captura y uso del carbono

⁹ Academia Europea para Investigación del Cemento, ECRA, *Papers Tecnológicos*, 2017.

Papers ECRA: Tecnologías para la reducción de CO₂

Los 52 documentos conocidos como *Papers Tecnológicos* son aplicaciones específicas para la reducción de CO₂, incluyendo tecnologías en uso e innovaciones desafiantes para su aplicación futura en la producción de cemento.

Eficiencia Energética: Papers 1 al 12

1. Mejora en la capacidad de cocción de la mezcla de materias primas.
2. Cambio de hornos largos a hornos con precalentador/precalcinador.
3. Modificación del precalentador (por ej. ciclones con menor pérdida de presión).
4. Etapas de ciclones con precalentadores adicionales.
5. Aumento de la capacidad del horno.
6. Reemplazo de quemador mono canal a quemador moderno multicanal.
7. Tecnología de enriquecimiento de oxígeno.
8. Enfriador de clíker de tecnología eficiente.
9. Recuperación de calor residual: Vapor (WHR, por sus siglas en inglés).
10. Recuperación de calor residual: Ciclo Orgánico de Rankine (ORC, por sus siglas en inglés).
11. Recuperación de calor residual: Ciclo Kalina.
12. Materias primas alternativas descarbonatadas para la producción de clíker.

Combustibles Alternativos: Papers 13 al 17

13. Cambio de combustible: carbón/pet-coke por petróleo/gas/biomasa pura.
14. Combustibles alternativos (incluye biomasa), reemplazando combustibles fósiles convencionales.
15. Pretratamiento de combustibles alternativos (molienda y secado).
16. Gasificación o pre-combustión de combustibles alternativos.
17. Carbonización hidrotérmica (HTC) y Torrefacción.

Eficiencia Eléctrica: Papers 18 al 30

18. Optimización en el control y automatización de plantas.
19. Variadores de velocidad.
20. Eficiencia del sistema auxiliar de aire.
21. Gestión de energía.
22. Operación de planta de cemento optimizada con energía renovable.
23. Molienda de cemento con molinos de rodillos verticales y prensas de rodillos.
24. Separadores de alta eficiencia.
25. Optimización de los parámetros de funcionamiento de los molinos de bolas.
26. Molienda separada de los componentes de la materia prima.
27. Tecnología avanzada de molienda.
28. Molienda y mezcla separados por finura.
29. Aumentar el rendimiento del cemento por optimización de la distribución del tamaño de partícula.
30. Uso optimizado de los aditivos para molienda.

Reducción del contenido de clínker en el cemento: Papers 31 al 37

31. Reducción adicional del contenido de clínker en cemento mediante uso de escorias granuladas de alto horno.
32. Cementos y hormigón de alto desempeño que reducen el CO₂.
33. Impacto del factor de saturación de cal muy alto/ muy bajo.
34. Reducción adicional del contenido de clínker en el cemento mediante el uso de ceniza volante.
35. Reducción adicional del contenido de clínker en el cemento mediante el uso de puzolanas naturales.
36. Reducción adicional del contenido de clínker en el cemento mediante el uso de arcillas calcinadas.
37. Reducción adicional del contenido de clínker en el cemento mediante el uso de otros materiales.

Nuevos Cementos: Papers 38 al 42

38. Cementos activados alcalinamente.
39. Cementos basados en la carbonatación de silicatos cálcicos.
40. Otros clínker de bajo carbonato: silicatos de calcio prehidratados.
41. Otros cementos con bajo contenido de carbonato - Cementos Belita.
42. Otros cementos con bajo contenido de carbonato (belita).

Captura de carbón, almacenaje y uso: Papers 43 al 52

43. Tecnología de oxicombustible.
44. Captura postcombustión usando tecnologías de absorción.
45. Captura post - combustión usando procesos de membrana.
46. Captura post - combustión usando solid sorbents: Mineral carbonation.
47. Captura postcombustión utilizando sorbentes sólidos: Carbonatación mineral.
48. Uso de CO₂: Productos químicos básicos, urea, ácido fórmico, polímeros.
49. Uso de CO₂: Energía a gas (Metano: CH₄).
50. Uso de CO₂: Energía a líquidos (Metanol: CH₃OH).
51. Uso de CO₂: Recuperación mejorada de petróleo.
52. Uso de CO₂: Captura en algas y producción de combustible, biocombustibles



FICEM publicó un artículo de Tecnología e Innovación para la Reducción de CO₂ en la Industria del Cemento basado en los Papers ECRA 2017. En este artículo se realizan las adecuaciones a la realidad de Latinoamérica a fin de su implementación. Además, se incorpora un módulo para una lectura íntegra de los distintos aportes de estas tecnologías bajas en carbono.

La industria del cemento de Colombia se siente parte del compromiso mundial global para enfrentar los efectos del cambio climático, y, por tanto, considera absolutamente necesario haber tomado la experiencia internacional y global para que su Hoja de Ruta pueda ser coherente y complementaria a los esfuerzos, tanto de la comunidad como de las organizaciones internacionales, a fin de lograr las metas propuestas en la COP 21, metas que comprometen a toda la humanidad.

2

Medición Reporte y Verificación

El término MRV (Medición, Reporte y Verificación) se utiliza para describir todas las medidas que los países adoptan para recoger datos sobre las emisiones, las acciones de mitigación y de apoyo. Esta información se consolida en informes e inventarios, los que son sometidos a revisión o análisis internacional por entidades acreditadoras o certificadoras y agencias gubernamentales.

Un MRV, al generar información comparable y transparente, ayuda a los países, organizaciones, empresas y partes interesadas a entender las fuentes y las tendencias de emisiones, facilita el intercambio de

esta información y de las buenas prácticas, y entrega y mejora el sustento para tomar otras medidas de política ambiental, tales como exenciones tributarias, apoyo financiero, normas de emisión, legislación de Responsabilidad Extendida del Productor en residuos, impuestos verdes, entre otras.

A continuación, veremos la historia y desarrollo de los MRV desde la COP 21, como los requisitos condiciones y alcances de ellos, y describiremos el denominado sMRV FICEM y cómo este sistema ha considerado los criterios internacionales en su diseño e implementación.

2.1

Sistemas de medición, reporte y verificación

2.1.1

Acuerdo de París y MRV

Como ya se mencionó en el capítulo anterior, el Acuerdo de París es legalmente vinculante para los países que lo han ratificado y tiene por objetivo que los países se comprometan a mantener la temperatura media mundial, al año 2050, por debajo de los 2°C respecto a los niveles preindustriales. Para ello, se deberá reducir drásticamente las emisiones de GEI proyectadas.

Las acciones emprendidas por los distintos países en favor de este objetivo se ven reflejadas en el instrumento internacional denominado NDC, los que entraron en vigor en el año 2020 y se revisarán cada 5 años mediante un mecanismo de seguimiento al cumplimiento. Respecto a este último, el Acuerdo de París dio un importante paso adelante al definir la necesidad de contar con un sistema universal de transparencia para la Medición, Reporte y Verificación.

El término MRV se utiliza para describir todas las medidas que los países adoptan para recoger datos sobre las emisiones, las acciones de mitigación y de apoyo, y para reunir estos en los informes e inventarios, para luego ser sometidos a algún tipo de revisión o análisis internacional. El MRV puede ayudar a los países a entender las fuentes y tendencias de emisiones, diseñar estrategias de mitigación, mejorar la credibilidad y tomar otras medidas de política.

La práctica de MRV integra tres procesos independientes, pero interrelacionados:

Medición (M): medición de datos e información sobre emisiones, acciones de mitigación y apoyo. Esto puede implicar la medición física directa de emisiones de GEI, la estimación de emisiones o reducciones de emisiones utilizando datos de actividad y factores de emisión, el cálculo de cambios relevantes para el desarrollo sostenible y la recopilación de información sobre el apoyo necesario para la mitigación del cambio climático.

Reporte (R): se reúne la información producida en el proceso anterior en inventarios y otros formatos estandarizados, para hacerla accesible a una gama de usuarios y facilitar la divulgación pública de la información.

Verificación (V): la información reportada se somete periódicamente a alguna forma de revisión, análisis o evaluación por parte de una entidad independiente para establecer su integridad y confiabilidad.

A la fecha no existe un sistema único de MRV derivado del Acuerdo de París, y se cuenta solo con los criterios básicos y referencias para la elaboración de éstos por parte de los gobiernos, sectores económicos y otros grupos de interés.

2.1.2

MRV 101

Comprension de la Medición, Reporte y Verificación para la Mitigación del Cambio Climático

En agosto del año 2016, el World Resources Institute (WRI) publicó un documento denominado “MRV 101: Understanding Measurement, Reporting, and

Verification of Climate Change Mitigation”¹⁰, documento que examina el concepto MRV e identifica tres tipos de MRV relacionados con la mitigación, los cuales son:

Figura 12. Varios tipos de MRV relacionados con la mitigación: emisiones, acciones de mitigación y apoyo

Fuente. MRV 101: UNDERSTANDING MEASUREMENT, REPORTING, AND VERIFICATION OF CLIMATE CHANGE MITIGATION, Abril 2016



¹⁰ World Resources Institute, WRI, MRV 101: *Understanding Measurement, Reporting, and Verification of Climate Change Mitigation*, 2016



MRV de emisiones de GEI

Implica la medición y el monitoreo de las emisiones de GEI asociadas con actividades de entidades, tales como países, organizaciones o instalaciones industriales, informando los datos recopilados en un inventario de GEI u otras formas, y realizando revisiones y verificaciones.

A nivel nacional, el MRV de las emisiones de GEI implica medir, reportar y verificar la cantidad total de emisiones de GEI de actividades humanas en un país.

Estos se informan en un inventario nacional de GEI categorizados en cuatro sectores económicos principales: 1) energía; 2) procesos industriales y uso de

productos; 3) agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra; 4) residuos.

A nivel de organizaciones, el MRV de las emisiones de GEI implica construir un inventario de emisiones totales y datos de todas las fuentes (incluidas las estacionarias y fuentes móviles, y proceso y emisiones fugitivas) dentro de los límites de la organización.

Por último, a nivel de instalaciones industriales, el MRV de las emisiones de GEI implica evaluar el total de emisiones y absorciones de GEI de todas las fuentes dentro de una única instalación (por ejemplo, planta de energía, fábrica o sitio de eliminación de residuos).



MRV de acciones de Mitigación

Se refiere a intervenciones y compromisos, incluidos objetivos, políticas y proyectos, emprendidos por un gobierno u otra entidad, para reducir las emisiones de GEI. Los ejemplos incluyen planes climáticos nacionales, contribuciones determinadas a nivel nacional, políticas que establecen estándares de emisiones para vehículos,

sistemas regionales de comercio de emisiones y proyectos para mejorar la tierra degradada.

El MRV de las acciones de mitigación incluye estimar, informar y verificar sus efectos en términos de emisiones de GEI y desarrollo sostenible, y monitorear su implementación.



MRV de soporte

Se refiere al financiamiento para la transferencia de tecnología y/o el desarrollo de capacidades. Incluye respaldo monetario, como financiamiento para desarrollar un sistema nacional de comercio de emisiones transables, inversiones en tecnologías de bajas

emisiones y fondos para la organización de talleres de capacitación para auditores de energía. La definición de apoyo también incluye apoyo no monetario, como asesoramiento técnico para diseñar normas nacionales de eficiencia energética o esquemas de etiquetado.

2.1.3

Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero

Las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de GEI¹¹ son el resultado de la invitación realizada por la CMNUCC para actualizar las Directrices del IPCC de 1996 y la orientación de buenas prácticas asociadas (Orientación sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, y la Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura).

Las Directrices de 2006 tomaron como base el trabajo ya realizado y evolucionaron a partir de allí, gracias al aporte de más de 250 expertos de todo el mundo. Estas nuevas directrices incluyen fuentes y gases nuevos, así como el ajuste de los métodos publicados con anterioridad.

La actualización de las Directrices del IPCC de 2006 se ha estructurado de manera tal que cualquier país, independientemente de su experiencia o recursos, pueda producir estimaciones fiables de sus emisiones y absorciones de gases.

En particular, los valores por defecto de los diversos parámetros y factores de emisión necesarios son provistos para todos los sectores, de modo que un país debe suministrar únicamente los datos de la actividad nacional. El método también permite que los países que disponen de más información y recursos utilicen metodologías más detalladas y específicas, a la vez que

conserva la compatibilidad, comparabilidad y coherencia entre los diferentes países. Las directrices definen como buena práctica la elección de la metodología de cuantificación más apropiada según las circunstancias nacionales.

Estas metodologías se agrupan en 3 niveles:

Nivel 1: en este nivel, la estimación de emisiones para cada categoría de fuente y combustible requiere datos sobre la cantidad de combustible quemado en la categoría de fuente y un factor de emisión por defecto. Este último proviene de los valores por defecto proporcionados por la IPCC.

Nivel 2: la aplicación de este nivel requiere datos sobre la cantidad de combustible quemado en la categoría de fuentes y un factor de emisión específico por país para la categoría de fuente y el combustible para cada gas. En este nivel se reemplazan los factores de emisión por defecto por factores de emisión específicos nacionales.

Nivel 3: este nivel considera que las emisiones dependen del tipo de combustible utilizado, la tecnología de combustión, las condiciones de operación, la tecnología de control, la calidad del mantenimiento y el tiempo de uso del equipo utilizado para quemar el combustible. Es decir, en este nivel se toma en cuenta la dependencia de las variables y parámetros tecnológicos.

¹¹ Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, IPCC, Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero del 2006, 2006

2.1.4 Protocolo GHGP

El “Protocolo de Gases de Efecto Invernadero” ¹² es el protocolo internacional más usado para los MRV, debido a que fue la primera iniciativa orientada a la contabilización de emisiones para entender, cuantificar y gestionar las emisiones de GEI.

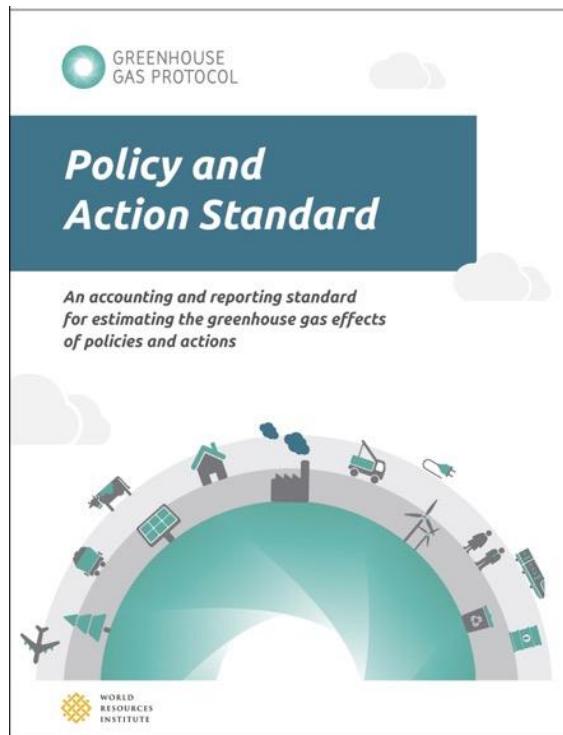
El GHG Protocol ha sido desarrollado entre el WRI y el WBCSD, junto con empresas, gobiernos y grupos ambientalistas de todo el mundo, con el fin de construir una nueva generación de programas efectivos y creíbles para abordar el cambio climático.

Estas herramientas permiten:

- Preparar inventarios de GEI, reduciendo los costos que significa dicho proceso. Ofrece

información para planear estrategias de gestión y reducción de emisiones de GEI, así como también para facilitar la transparencia en el sistema de contabilización.

- Medir las emisiones de GEI directas e indirectas. Las emisiones indirectas se refieren a aquéllas por las que una empresa se responsabiliza a pesar de que provienen de una fuente no localizada en el interior de sus establecimientos, tales como las emisiones relativas a los bienes adquiridos y los servicios, el transporte y la distribución, y uso de los productos vendidos.
- Utiliza una visión intersectorial.



¹² World Business Council for Sustainable Development, WBCSD / World Resources Institute, WRI, Protocolo de Gases Efecto Invernadero, 2001

2.2

MRV industria del cemento

2.2.1

Emisiones de CO₂ asociadas a la producción de cemento (Alcances 1, 2 y 3)

Conocer las emisiones totales de GEI en la industria del cemento se relaciona, casi exclusivamente, a sus emisiones de CO₂. Debido a lo anterior, los protocolos asociados se focalizan en este tipo de emisiones, por lo que los términos CO₂ o CO₂ eq pueden ser usados indistintamente.

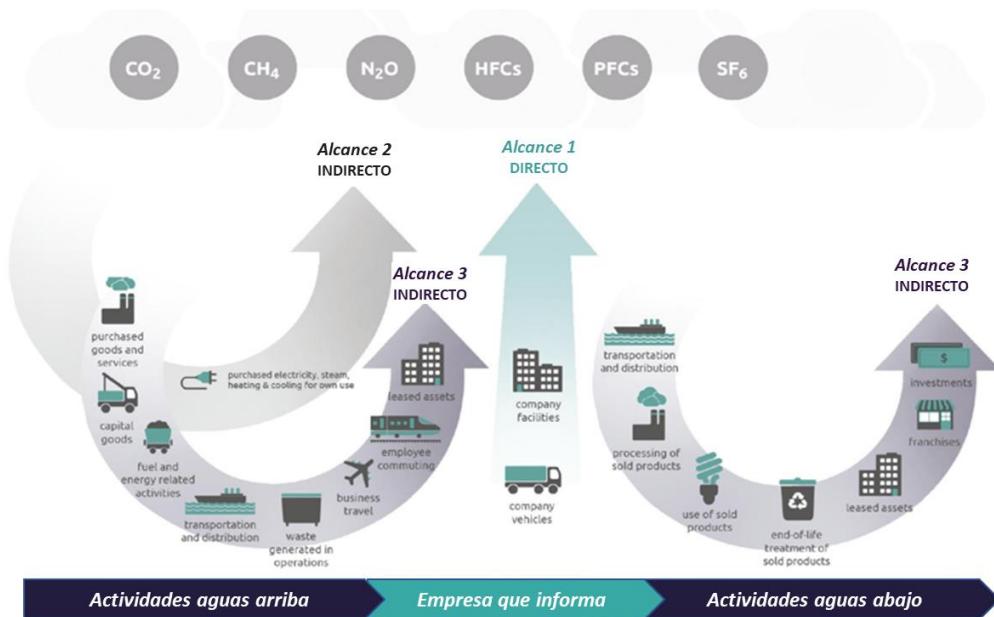
Para medir el CO₂ asociado al cemento se han determinado tres alcances: Alcance 1 (emisiones directas de la producción de cemento y de las actividades mineras

bajo el control de la cementera), Alcance 2 (consumo de energía eléctrica), y Alcance 3 (emisiones indirectas upstream y downstream, como son, por ejemplo: las actividades mineras de terceros, el clínker suministrado por terceros, transportes en la cadena de valor, distribución del producto, uso del producto, entre otras).

En la Figura 13 se muestra una descripción general de los alcances y emisiones de GEI en toda la cadena de valor.

Figura 13. Alcances para la estimación de las emisiones

Fuente. WBCSD



2.2.2

Alcances 1 y 2 del sector cemento: Protocolo de energía y CO₂ para la producción de cemento

El actual Protocolo de Energía y CO₂¹³ para la producción de cemento es una metodología para calcular y reportar emisiones de CO₂ propuesta el año 2001 por CSI y actualizado el año 2011 bajo su versión 3.0. Este protocolo incluye las necesidades específicas de la industria del cemento, lo que le permite ser la guía más importante para la medición y reporte de CO₂ en el sector cementero. Además, se alineó estrechamente con el Protocolo GHG desarrollado el WBCSD y el WRI.

Respecto a la medición y al reporte, el Protocolo CSI de Cemento de CO₂:

Es una herramienta flexible que satisface necesidades, tales como: administración interna del desempeño ambiental, reportes ambientales corporativos y públicos, reportes bajo esquemas de impuestos CO₂, reportes bajo esquemas de cumplimiento de CO₂ (acuerdos voluntarios o negociados, comercio de emisiones), benchmarking de la industria y análisis del ciclo de vida del producto.

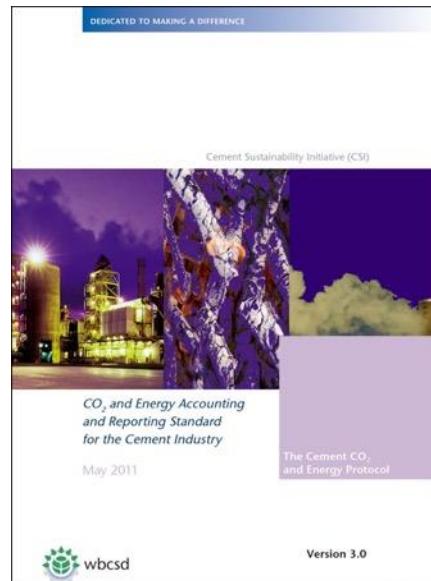
Los métodos de cálculos utilizados en este protocolo son compatibles con las directrices del IPCC - 2006 y con el protocolo de WRI/WBCSD. Esto permite a las empresas cementeras informar sus emisiones de CO₂ a los gobiernos nacionales de acuerdo con los requisitos del IPCC.

Incluye todas las emisiones asociadas al Alcance 1 y Alcance 2 y consta de tres documentos: un documento de orientación (Guidance Document), una hoja de cálculo de Excel (Excel Spreadsheet) para ayudar a las compañías de cemento a preparar sus inventarios de CO₂, y un Manual de Internet, que suministra una guía paso a paso para el cumplimiento del Protocolo. Este manual puede encontrarse en la página web www.cement-co2-protocol.org.

Respecto a la verificación, el Protocolo CSI de Cemento de CO₂:

Este proceso, inicialmente llevado a cabo por CSI y en la actualidad gestionado por GCCA, trabaja en alianza con PwC de Francia en la consolidación, procesamiento de datos y emisión de reportes de las empresas cementeras que contribuyen con información a la base de datos GNR. Las empresas cementeras reportan información relativa a indicadores de emisión de CO₂ y eficiencia energética. Además, existe un protocolo para la verificación externa de la información de la planta, que es realizada por entidades evaluadoras externas debidamente calificadas.

¹³ World Business Council for Sustainable Development, WBCSD, CO₂ and Energy Accounting and Reporting Standard for the Cement Industry, 2011



2.2.3

Alcance 3 del sector cemento: Guía de contabilidad e informes de GEI

La Guía de Contabilidad e Informes de GEI del Alcance 3 para la producción de cemento es un complemento del Protocolo de Energía y CO₂ para la producción de cemento (Alcance 1 y 2). Fue elaborada por CSI, en colaboración con el WBCSD, distintas empresas cementeras líderes, y organizaciones gremiales internacionales.

Las principales organizaciones que participaron en el proceso de elaboración y consulta de la Guía son:

- The European Cement Association (CEMBUREAU).
- Japan Cement Association (JCA).
- Federación Interamericana del Cemento (FICEM).
- Carbon Disclosure Project (CDP).
- World Resources Institute (WRI) - Equipo GHG.
- The Portland Cement Association (PCA).
- German Cement Association (VDZ).

Esta Guía se basa en la Norma de Contabilidad y Notificación de la Cadena de Valor Corporativa de Gas de Efecto Invernadero WBCSD - WRI (Alcance 3) (septiembre de 2011). Además, contempla las principales emisiones de GEI (con CO₂ y sin CO₂) de actividades *upstream* (aguas arriba) y *downstream* (aguas abajo) relacionadas con la producción de cemento. Permite comparar las emisiones de GEI de una compañía a lo largo del tiempo. Proporciona una metodología específica para el cálculo de las emisiones de Alcance 3, con el objetivo de informar estas emisiones para diversos fines. Las emisiones de Alcance 3 contemplan emisiones indirectas no cubiertas por el Alcance 2 (por ejemplo, la extracción y producción de materiales y combustibles comprados -como clínker-, actividades vinculadas al transporte que no son propiedad de la empresa

cementera o controlados por ella, actividades relacionadas con la electricidad -por ejemplo, pérdidas de transmisión y distribución-, actividades subcontratadas, eliminación de residuos, etc.

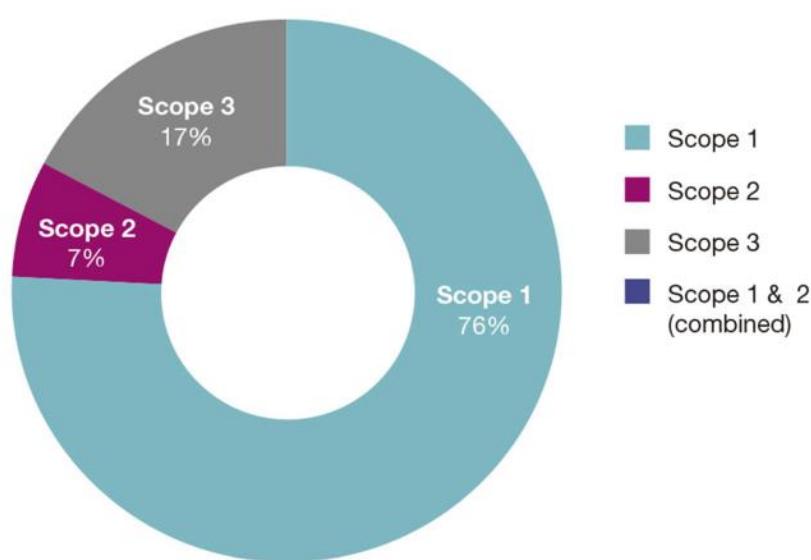
Además, la contabilidad de Alcance 3 permite a las compañías cementeras:

- Desarrollar una huella asociada a la cadena de valor, proporcionando una estimación precisa del impacto total de las actividades de una empresa.
- Evaluar los puntos críticos de emisión.
- Identificar los riesgos de recursos y energía.
- Identificar los proveedores líderes de sostenibilidad.
- Identificar las oportunidades asociadas a la reducción de costos y la eficiencia energética.
- Involucrar a los proveedores y ayudarlos a implementar iniciativas de sostenibilidad.
- Reducir las emisiones asociadas a viajes de negocios y desplazamientos.

Para el caso de la producción de cemento, el Alcance 1 es, sin duda, el más relevante con respecto a las emisiones de CO₂, pero conocer las emisiones de CO₂ del Alcance 3 es necesario para determinar el CO₂ global en el ciclo de vida del cemento. Por ejemplo, de acuerdo con estadísticas de la firma Italcementi, estas emisiones representan un 17 % del total de las emisiones que surgen de toda la cadena de valor (Figura 14), mientras que el Alcance 1 concentra la mayor cantidad de emisiones (76%), y el Alcance 2 representa tan solo el 7% restante de emisiones.

Figura 14. Emisiones en la producción de cemento según alcance (scope)

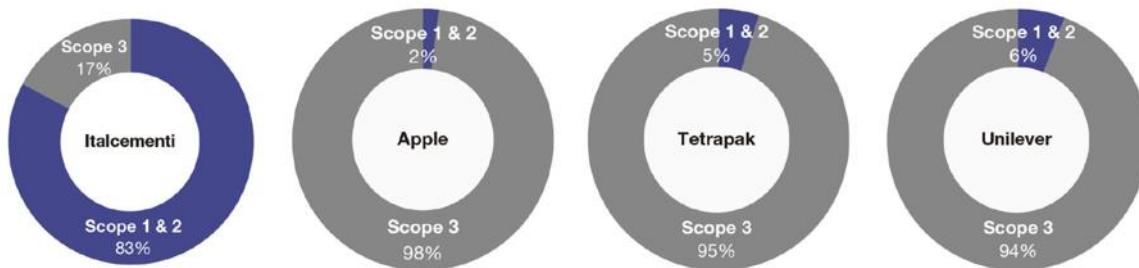
Fuente. Cement Sector Scope 3 GHG – Accounting and Reporting Guidance / WBCSD



En particular, la industria del cemento tiene sus principales emisiones en el Alcance 1, mientras que otros ciclos de vida (como por ejemplo la producción de manzanas o envases, en la Figura 15) concentran gran parte de sus emisiones en el Alcance 3. Por ello, la importancia dada por el WBCSD de implementar protocolos para determinar las emisiones en todos los Alcances.

Figura 15. Emisiones en diferentes industrias según alcance

Fuente. Cement Sector Scope 3 GHG – Accounting and Reporting Guidance/WBCSD



2.3

sMRV FICEM

2.3.1

Origen y definición sMRV FICEM

De acuerdo con los requerimientos de la COP 21 de contar con MRV efectivos y confiables, FICEM asumió dicho desafío a través de la implementación de su sMRV FICEM, el cual cumple con las características del MRV de Medición de GEI (MRV 101), las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de GEI y el Protocolo de Medición de Gases efectos Invernadero.

En base a lo señalado, el sMRV FICEM es un sistema desarrollado por FICEM y de su exclusiva propiedad, como parte de las herramientas que contiene su Hoja de Ruta, que permite importar datos de FORMATO CSI CEMENT CO₂ AND ENERGY PROTOCOL VERSIÓN 3.1., consolidarlos en una base de datos relacional, incorporar datos de referencia, y entregar un resumen consolidado para su visualización y análisis mediante herramientas de visualización y descubrimiento de datos.

Los datos consolidados a nivel país y/o Macrozona comparan cada indicador con datos globales en las mismas unidades y con el mismo significado, lo cual permite tomar decisiones enfocadas en las medidas y acciones más eficientes desde el punto de vista técnico y ambiental.

FICEM, en concordancia con las directrices globales en la industria del cemento, determinó que las emisiones del sector cementero en los Alcances 1 y 2 representan cerca de un 83%, por lo que sMRV FICEM ha utilizado dicho criterio para la elaboración de la presente Hoja de Ruta de Colombia.

Los principales procesos contenidos en la sMRV FICEM son los siguientes:

- Lectura de datos e Importación desde archivos CSI Protocol 3.1.
- Homologación de unidades y cálculo de indicadores desde datos importados.
- Agregación de indicadores de planta a niveles superiores; país, Macrozona y/o región.
- Vinculación de indicadores calculados con los datos de referencias internacionales (GNR, Banco Mundial, etc.).
- Generación de reportes ejecutivos por niveles de agregación y año de los indicadores clave de cada país y/o Macrozona.

2.3.2

Protocolo sMRV FICEM

El Protocolo de Procesamiento, Consolidación y Validación de Datos FICEM (Protocolo FICEM) contiene el procedimiento que permite tomar datos relevantes, asociados a las medidas de mitigación de las emisiones de GEI de las distintas compañías, especialmente los contenidos en la Planilla CSI Cement CO₂ and Energy Protocol Versión 3.1. (en adelante CSI protocol 3.1) proporcionados por las compañías participantes del proceso, validarlos a través de una entidad externa, consolidarlos, adicionar datos de referencia, tales como hojas de ruta, estándar CSI, etc., y entregar resúmenes consolidados para su visualización y análisis mediante informes y/o reportes. Todo lo anterior, conciliando los principios de transparencia y confidencialidad.

La Entidad Externa de validación es un tercero de reconocido prestigio que entrega los siguientes servicios: a) recepción y agregación de información enviada por las compañías; b) validación de información utilizada; y c) emisión del Informe que valida que la emisión de los Reportes por parte de FICEM han cumplido con todas las etapas del Protocolo.

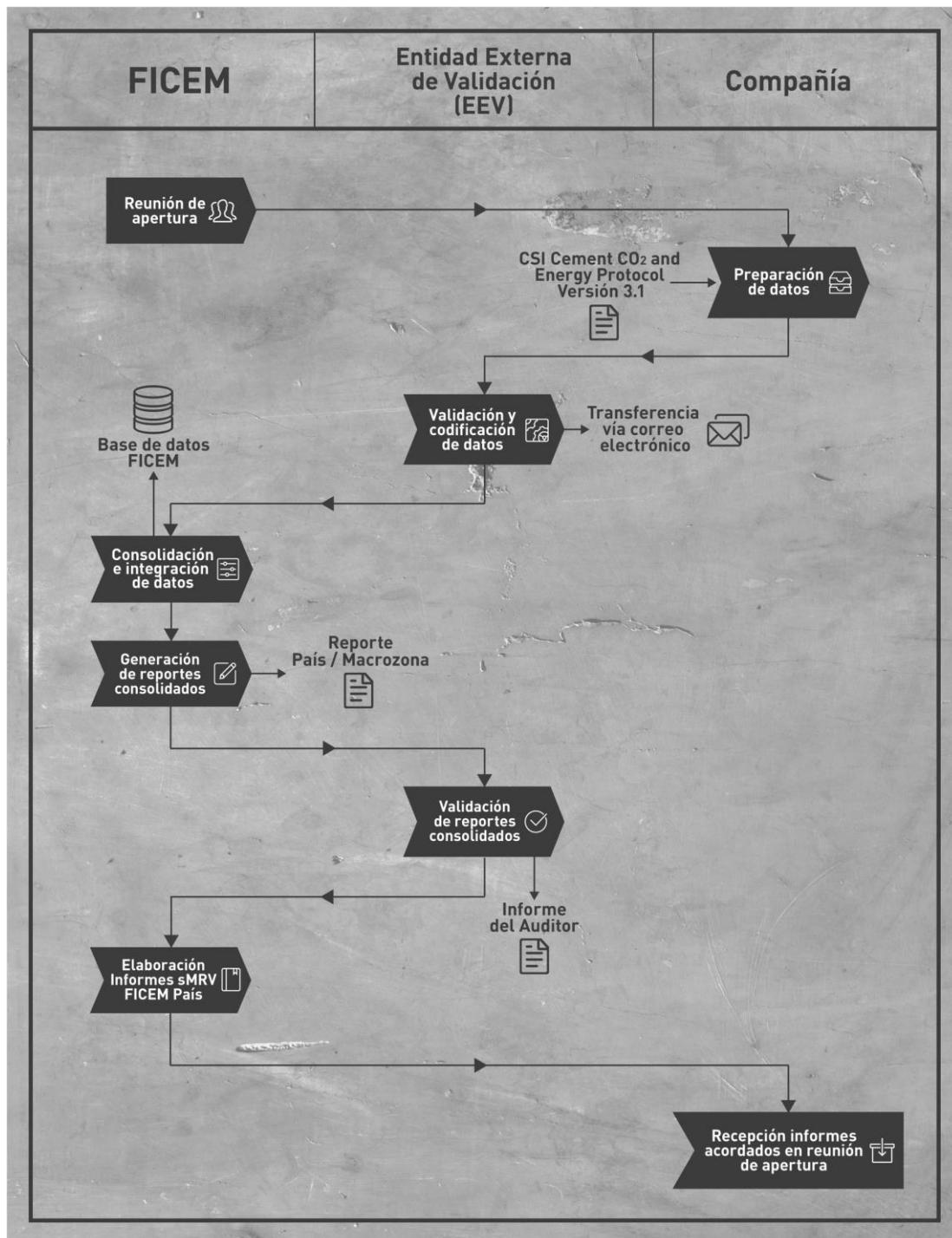
A continuación, se describen las etapas y procedimientos del Protocolo:

- 0. REUNIÓN DE APERTURA:** esta reunión tiene como fin dar inicio formal a las actividades del presente Protocolo, como, por ejemplo: fijar los alcances del proceso para las Compañías, país adherente y/o Macrozona, años que comprenderá la información, si se considerarán años no verificados, además de cualquier otro tema de carácter general que se considere necesario.
- 1. PREPARACIÓN Y ENVIO DE INFORMACION A LA ENTIDAD EXTERNA DE VERIFICACIÓN (EEV):** cada Compañía prepara los datos que desea analizar en el formato CSI protocol 3.1. y los remite a la EEV vía correo electrónico que será determinado por la EEV para estos efectos, bajo los estándares de

confidencialidad y seguridad necesarios para dichos fines.

- 2. RECEPCIÓN, VALIDACIÓN Y ENVIO DE INFORMACIÓN POR LA EEV:** la EEV recibe la información indicada en el punto anterior. Luego, valida la presentación y suficiencia de dicha información, para luego entregárselos a FICEM. Además, codifica aquellos datos o nombres propios que puedan permitir la identificación individual de una planta y Compañía.
- 3. CONSOLIDACION DE DATOS, GENERACIÓN DE DATASETS y REPORTES:** los datos recibidos por FICEM desde la EEV son cargados en el sMRV FICEM y se consolidan de acuerdo con lo establecido en el punto 4.
- 4. LA EEV VALIDA INFORMACIÓN DE DATASETS CONSOLIDADOS:** la EEV recibe la información ponderada por parte de FICEM y valida que ella sea consistente con la entregada a FICEM.
- 5. INFORME DEL AUDITOR:** la EEV procederá a emitir el Informe del Auditor donde se declara que se han cumplido con las etapas de este Protocolo y que los números basales que se han utilizado son los que la EEV ha recibido de las distintas compañías. Este informe es remitido en forma exclusiva a FICEM. El alcance de la participación de la EEV abarca solo hasta este punto.
- 6. INFORMES sMRV FICEM:** luego del punto anterior, FICEM pondrá a disposición al proceso de elaboración de Hoja de Ruta País y/o Macrozona, los informes que sean necesarios de acuerdo con los antecedentes generados por el presente Protocolo.

Figura 16. Flujo de las etapas y procedimientos del sMRV FICEM



3

Hoja de Ruta FICEM

La Federación Interamericana del Cemento - FICEM en su objetivo de potenciar el desarrollo sostenible de la región, ha impulsado y desarrollado el proyecto Hoja de Ruta FICEM¹⁴: "Hacia una economía baja en carbono", que representa el compromiso de la industria cementera latinoamericana en la reducción de emisiones de CO₂.

15 representantes de la industria cementera de 23 países de Latinoamérica y el Caribe, se reunieron el 2 de febrero de 2017 en la ciudad de Miami, Estados Unidos, con el fin

de ratificar su compromiso en la reducción de emisiones de CO₂ hacia una economía baja en carbono, aprobaron dicha Hoja de Ruta FICEM, la cual se detalla en el presente capítulo.

Adicionalmente, en esta reunión, se aprobó el inicio del proceso de elaboración de las Hojas de Ruta por País, considerada la Fase II del proyecto latinoamericano de Hoja de Ruta FICEM, lo cual se ve reflejado en el presente documento.



¹⁴ FICEM, Federación Interamericana del Cemento, Ricardo Pareja S., FICEM Hoja de Ruta CO₂, 2017

3.1

HR FICEM y sus objetivos

- Objetivo 1** Aportar a los objetivos mundiales para el desarrollo sostenible ODS y COP21, los objetivos globales de la Iniciativa para la Sostenibilidad del Cemento (CSI) y los objetivos regionales para enfrentar el cambio climático.
- Objetivo 2** Construir la línea base de emisiones de CO₂ en la industria regional, mediante la implementación de un sistema para la Medición, Reporte y Verificación FICEM (sMRV FICEM), usando la información reportada en el protocolo GNR.
- Objetivo 3** Determinar el potencial de reducción de CO₂ por país, basado en la eficiencia energética e innovación para la producción de clínker y cemento en Latinoamérica.
- Objetivo 4** Identificar las acciones para implementar el potencial de reducción de CO₂ en el ciclo de vida y posicionar al cemento como el material más resiliente para las necesidades de adaptación al cambio climático.
- Objetivo 5** Estandarizar y facilitar la elaboración de las Hojas de Ruta por País, para lograr cumplir los requerimientos de Mitigación y Adaptación de acuerdo con las oportunidades y necesidades locales.
- Objetivo 6** Posicionar a FICEM como referente de la industria para facilitar diálogos y negociaciones asociadas al cambio climático en nuestros países.

Es importante destacar que la Hoja de Ruta FICEM 2017 no se construyó en forma aislada. Por el contrario, con el propósito de trabajar de manera conjunta con la industria global del cemento, contó con el apoyo de CSI y está alineada con el plan estratégico del Low Carbon Technology Partnerships. Asimismo, en la creación de estos lineamientos para América Latina y El Caribe, se consideró las diferencias locales y regionales que dan cuenta de la heterogeneidad en los marcos regulatorios, gestión y manejo de residuos y una tradición estadística diversa en la recolección de datos, entre otros factores presentes en esta región.

3.2

HR FICEM y sus herramientas

Las herramientas del proyecto Hoja de Ruta FICEM son un conjunto de aplicaciones, procedimientos, investigaciones y referencias que tienen por objeto apoyar a la industria del cemento latinoamericana en sus esfuerzos para mitigar las emisiones de CO₂ y posicionar

al cemento y al concreto como los materiales de construcciones más resilientes para la adaptación al cambio climático. A continuación, se presenta el detalle de cada una de ellas.



Herramienta 1 **GNR como sistema de medición, reporte y verificación**

GNR no solo nos es útil para entender los potenciales de reducción de CO₂ eq en la industria y los desempeños comparados de los ejes de reducción ya descritos en el apartado GNR de este informe. En la actualidad, GNR se posiciona como un MRV de alto desempeño, para los requerimientos de las autoridades locales y sus compromisos suscritos en la COP 21.

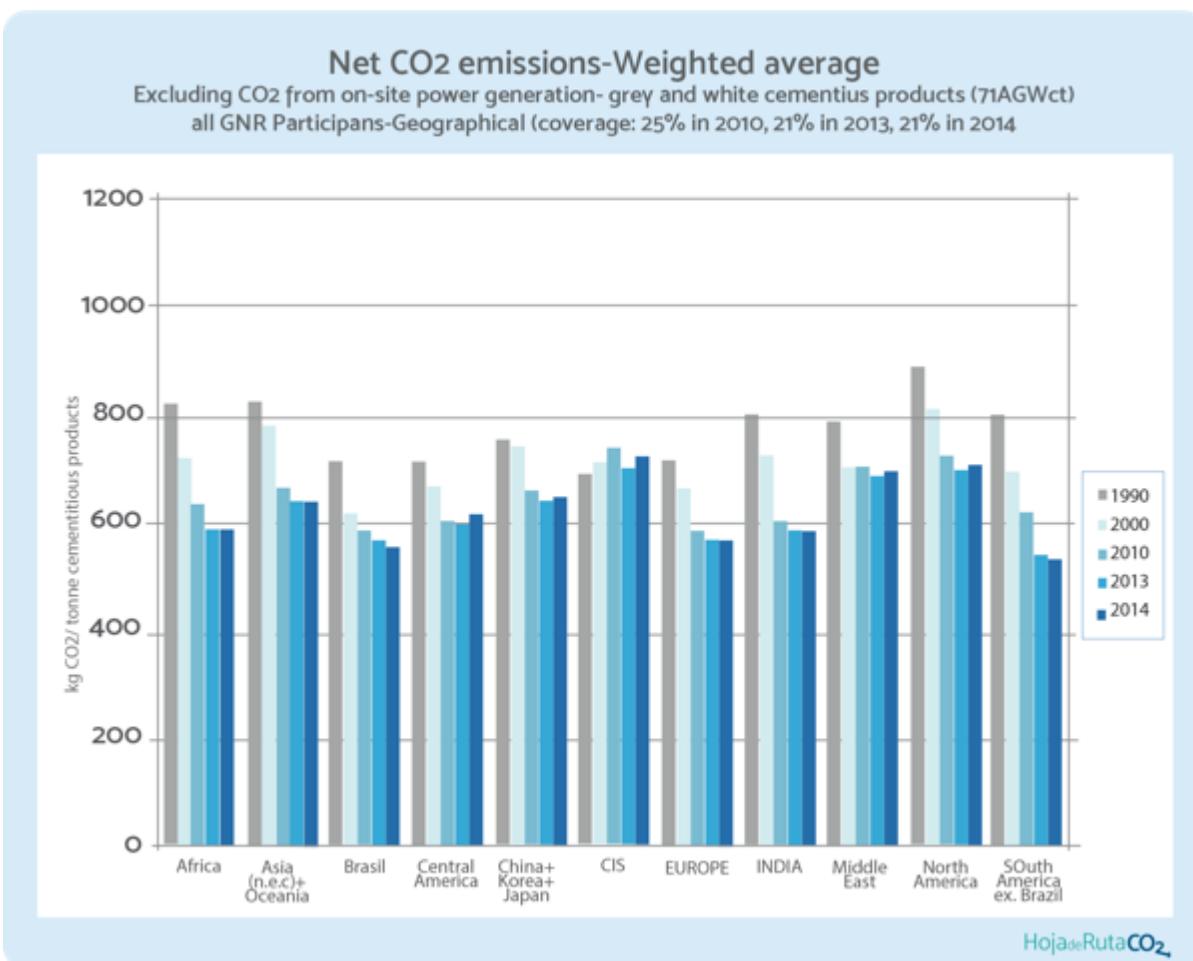
En la búsqueda por materializar esta oportunidad, en FICEM generamos una alianza con PwC Latam para desarrollar el protocolo que, mediante el uso de los datos existentes en GNR de nuestros países, genere antecedentes que los gobiernos puedan utilizar para estimar nuestras correctas emisiones y, además, proyectar el real potencial de reducción.

Los beneficios de esta estrategia es potenciar GNR como un mecanismo público - privado al convertirse en el MRV oficial para los gobiernos, lo que asegura cuantificar correctamente las oportunidades de reducción. Además, evita asumir nuevos costos en las mediciones de CO₂ eq por hornos que, sólo como referencia, el medir el CO₂ eq en chimenea en forma continua necesita de una inversión que puede alcanzar valores superiores a 100.000 USD. Pero, además, esta medición en chimenea no valoriza los esfuerzos de reducción que realizamos al incorporar, por ejemplo, biomasa y combustibles alternativos a nuestra matriz energética, como tampoco considera otras fuentes de emisión en las plantas de cemento, como son las provenientes del uso de combustibles fuera de horno.

En la siguiente figura se puede apreciar los indicadores con los que cuenta la región, siendo la región con la más baja intensidad de emisión en el mundo. Por lo anterior, queda de manifiesto la importancia que éstos sean los números oficiales, dado que de solicitar nuevas

reducciones (sin considerar todos los elementos expuestos) estas nuevas exigencias serían muy difíciles de lograr, o implicarán un costo adicional que pondría en riesgo nuestra competitividad.

Figura 17. Ponderado de emisiones netas de CO₂ por región
Fuente. GNR 2014





Herramienta 2 Levantamiento de indicadores de desempeño técnico y de gestión

De acuerdo con los criterios del Roadmap de CSI y el aprendizaje de las Hojas de Ruta implementadas en otras regiones del planeta, hemos decidido contar con diez indicadores, los que aseguren mejorar nuestro desempeño en la reducción de CO₂ eq, así como también

mantener una gestión proactiva para cumplir nuestros objetivos. Estos son los indicadores que seguirá FICEM como proyecto regional y tendrán sus indicadores espejo en cada país que implemente su Hoja de Ruta Local.

- 1** Nivel de participación en GNR de la región.
- 2** Cantidad de toneladas de emisión de CO₂ eq por tonelada de material cementante.
- 3** Aporte de la industria a las emisiones locales y globales de la Industria.
- 4** Potencial de reducción de CO₂ eq de la Industria por país.
- 5** Porcentaje de uso de residuos como energía en el coprocesamiento.
- 6** Porcentaje de uso de residuos como materias primas alternativas.
- 7** Porcentaje del factor clínker/cemento.
- 8** Aporte a las emisiones de CO₂ asociadas al transporte en la producción de cemento.
- 9** Publicación de 7 papers FICEM.
- 10** Número de Alianzas: PWC - EIA – CSI - The Nature Conservancy – Gobiernos.



Herramienta 3 Calculadora FICEM y módulo potencial de reducción

Definición

La Calculadora FICEM es un conjunto de herramientas informáticas, procedimientos y protocolos operacionales desarrollados por FICEM, que cumple los requisitos de un sistema MRV y agrega capacidades de sistema experto en la optimización multidimensional del proceso productivo

del cemento, por ejemplo se pueden diferenciar las emisiones de CO₂ por tipo de origen (figura 18) o visualizar los principales indicadores técnicos relacionados a las emisiones de CO₂ (figura 19 y 20)

Figura 18. CO₂ emitido por descarbonatación y energía
Fuente. Modelación de uso MRV FICEM

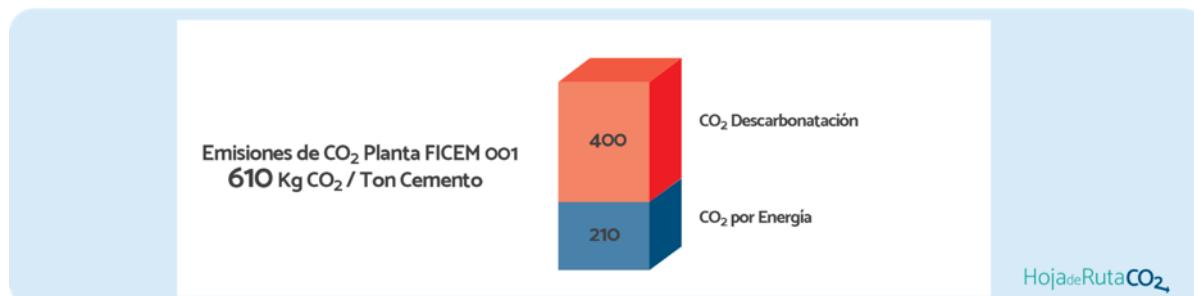


Figura 19. Factor Clínker/Cemento y coprocesamiento
Fuente. Modelación de uso MRV FICEM

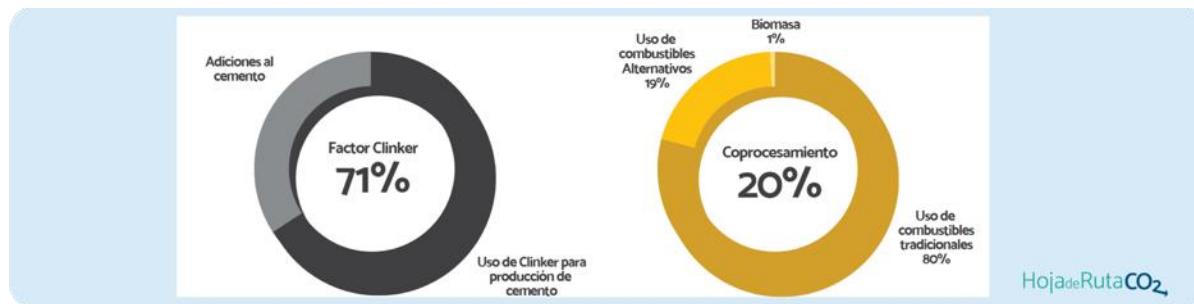
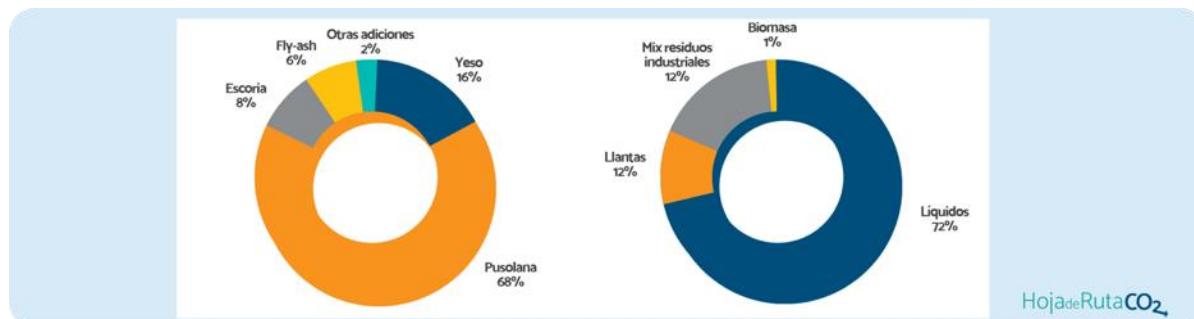


Figura 20. Participación relativa de materias primas y combustibles alternativos
Fuente. Modelación de uso MRV FICEM



Módulos de la Calculadora FICEM

El sistema está construido bajo la premisa de que es posible optimizar los procesos productivos para lograr una producción baja en carbono sin afectar la rentabilidad del negocio. Para ello se cuenta actualmente con tres módulos principales:

Módulo de Cálculo e Integración de Datos: Este módulo permite: leer datos desde archivos Excel del protocolo 3.1 de CSI para una planta de cemento; consolidar (agregar) datos de distintas plantas para uno o más años a nivel de compañía, país, macrozona o región; y generar Reportes Ejecutivos y datasets para su visualización y análisis.

Módulo de Benchmarking: El benchmarking consiste en tomar "comparadores" o benchmarks de aquellos productos, servicios y procesos de trabajo que pertenezcan a organizaciones que evidencien las mejores prácticas sobre el área de interés, con el propósito de identificar las mejores prácticas y su aplicación. Para esto la calculadora integra la información de la planta/país con información proveniente de distintas fuentes, tanto de valores numéricos e indicadores, con información histórica y proyecciones.

Módulo de Potencial de Reducción: Este módulo FICEM se ha basado en la última versión del documento ECRA "Development of State of the Art-Techniques in

Cement Manufacturing: Trying to Look Ahead, Revisión 2017", desde donde se extrajo los indicadores para una planta de referencia. Dicho documento contiene, además, los resúmenes ejecutivos de una lista de 52 documentos técnicos (Technology Papers) que dan cuenta de las alternativas en distintos puntos del proceso de fabricación de cemento, que permiten reducciones en el consumo energético y la reducción asociada de emisiones de carbono directas e indirectas.

La Calculadora cuenta con un panel de control que permite ajustar la intensidad de aplicación para cada Technology Papers, para cada eje de reducción (Eficiencia Térmica, Eficiencia Eléctrica, Combustibles Alternativos y Reducción de Contenido de clínker), configurando un escenario de reducción, obteniendo inmediatamente las reducciones esperadas en emisiones directas e indirectas, consumo eléctrico y consumo térmico.

Finalmente, este módulo consolida las reducciones parciales de cada eje en una reducción total, pudiéndose comparar este resultado con políticas públicas, como pueden ser las NDC, el efecto de impuestos verdes o transferencia de emisiones.

Figura 21. Acciones dentro del proceso de Hoja de Ruta país donde interviene la calculadora





Herramienta 4 Investigación y desarrollo

Con el objetivo de facilitar y acelerar el conocimiento para el cumplimiento de los requerimientos de mitigación y adaptación, se ha definido que: eficiencia energética, coprocesamiento, factor clínker, captura de CO₂ eq, vivienda y pavimento sostenible, infraestructura resiliente y diferencias geográficas regionales, son algunas de las temáticas que FICEM deberá desarrollar a través de sus papers, para un uso público y privado.

Esta investigación tiene como referencia la última publicación de los Papers Tecnológicos de la ECRA 2017.

El objetivo de FICEM es generar información con calidad científica, que respalde el potencial de reducción de CO₂ en la industria actual, y que, además, demuestre a las partes interesadas el potencial de reducción de CO₂ en el uso del cemento en vivienda e infraestructura resiliente.

Paper 1 Tecnología e Innovación de reducir CO₂ en la industria del cemento basado en los Papers ECRA 2017. Se realizan las adecuaciones a la realidad de Latinoamérica para su implementación, además tendrá un módulo para una lectura íntegra de los distintos aportes de estas tecnologías bajas en carbono.

Paper 2 Uso de residuos para el coprocesamiento. Se determinarán las oportunidades y barreras para valorizar residuos como uso de energía alternativa en el cemento y, además, se sensibilizará sobre los impactos sociales que estos residuos tienen en el ambiente.

Paper 3 Uso de residuos para el reemplazo de materias primas. Este artículo avalará el alto potencial de reducción de este eje, y como resulta ser una solución para residuos industriales, tales como: ceniza volante, escoria granulada de alto horno, entre otras. Se abordará también los marcos regulatorios que facilitan esta sinérgica solución.

Paper 4 Vivienda Sostenible en concreto. Dado que una de las principales fuentes de emisión de CO₂ es el uso de energía para el acondicionamiento térmico en viviendas y edificio, en este documento se demostrarán los atributos del cemento y concreto en la aislación e inercia térmica, los que generan relevantes ahorros de energía y reducción en las emisiones de CO₂ asociadas. También se incorporan los atributos para la adaptación al cambio climático que el cemento y concreto generan, como materia líder en resiliencia.

Paper 5 Pavimentos Resilientes en Concreto. En este documento se demuestran las reducciones de CO₂ de pavimentos en concreto vs en asfalto, debido al ahorro de combustibles en transporte, vida útil y menor efectos térmicos en ciudades.

Paper 6 Transportes Sostenibles de Materias Primas y Productos. Consolidación de mejores prácticas logísticas en el transporte de: calizas, puzolanas, residuos y cemento, cuyos ahorros en combustibles, generan una reducción asociada en emisiones de CO₂ por uso de combustibles.

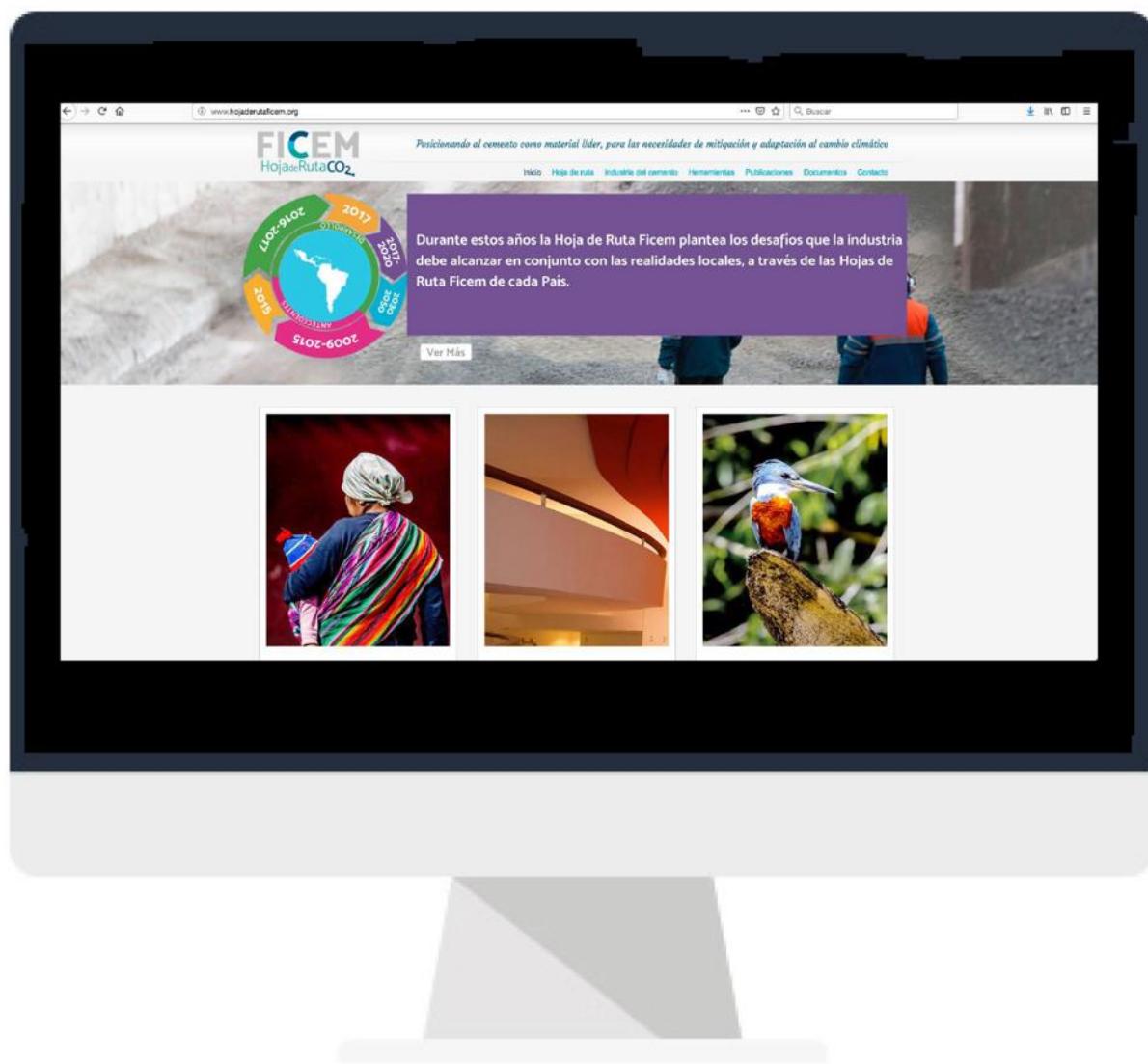


Herramienta 5 Centro de Información Virtual

Con el objetivo de contar con una fuente oficial donde se respalde toda la documentación utilizada para la elaboración de esta Hoja de Ruta, FICEM desarrollo el Centro de Información Virtual, una plataforma de información y de interacción, en la cual se encuentran, por ejemplo, las Hojas de Ruta de CSI, Europa, Egipto e India, como también información relacionada a la COP

21, IPCC, CEPAL, entre otras. Una vez validada la Hoja de Ruta FICEM y sus versiones locales, los documentos estarán disponibles en esta plataforma. Esta plataforma también contará con canales de comunicación para resolver requerimientos más complejos de información de los usuarios.

www.hojaderutaficem.org



The screenshot shows the homepage of the FICEM Virtual Information Center. The header features the FICEM logo and the tagline "Posicionando al cemento como material líder, para las necesidades de mitigación y adaptación al cambio climático". The navigation menu includes links to Inicio, Hoja de ruta, Industria del cemento, Herramientas, Publicaciones, Documentos, and Contacto. A prominent purple callout box contains the text: "Durante estos años la Hoja de Ruta Ficem plantea los desafíos que la industria debe alcanzar en conjunto con las realidades locales, a través de las Hojas de Ruta Ficem de cada País." Below the header, there is a circular graphic showing the years 2009-2015, 2016-2017, and 2018-2019. The main content area displays three images: a woman in traditional clothing, an industrial interior, and a kingfisher bird.

3.3

Acuerdos y alianzas FICEM

Tal como lo plantea el objetivo 17 de los ODS, es necesario fortalecer y revitalizar la acción colaborativa entre los distintos actores, mediante la construcción de alianzas, trabajo asociativo y cooperación mutua.

Para el objetivo de contar con un MRV que logre ayudar a los países a entender las fuentes y tendencias de emisiones, diseñar estrategias de mitigación, mejorar la credibilidad y tomar otras medidas de política públicas, FICEM: ha generado una alianza estratégica con la empresa PwC para la transparencia en la verificación de la información, ha impulsado la asociatividad mediante los acuerdos con las compañías, institutos y otras asociaciones gremiales de cemento para la elaboración de Hojas de Rutas locales, como también acompaña a la Industria Local en sus diálogos con los gobiernos respectivos, siendo esto una cooperación real para la Industria, la comunidad y la gobiernos en los esfuerzos por llevar a cabo acciones climáticas consistentes.

Para este desafío ha sido necesario contar con instrumentos comunes para una región diversa, por lo que, durante la discusión de los documentos legales, se incluyeron las visiones de los distintos actores, incorporando elementos valiosos que permitieron enriquecer los Acuerdos y el Protocolo FICEM. Tener instrumentos comunes da cuenta de un trabajo regional mancomunado, demostrando que existen criterios y preocupaciones compartidas.

Tres son los documentos legales principales:

Protocolo sMRV FICEM

El cual detallamos en el Capítulo II, y que es el procedimiento mediante el cual los países y compañías entregan sus números a través de una entidad externa de validación (PwC en este caso), para que sean procesados y consolidados a través del denominado

sMRV FICEM y su calculadora, lo cual permite, como ya se ha señalado, contar con información consolidada, ponderada y reportes robustos para la toma de decisiones. Además, este documento es anexo y es obligatorio, tanto para el Acuerdo para la Elaboración de Hoja de Ruta, como para el Acuerdo FICEM PwC.

Acuerdo para la Elaboración de HR

Es el celebrado entre FICEM y el país o compañía adherente. Este acuerdo fija todos los pasos para elaborar en forma colaborativa la Hoja de Ruta local, determinando las responsabilidades de las partes involucradas. Además, establece las reglas de confidencialidad que amparan y resguardan las informaciones de cada compañía. Del mismo modo, se establecen los límites de intercambio de información que sólo abarca aspectos medioambientales y técnicos.

El principal objetivo del Acuerdo es que FICEM, a través de los equipos que designe, prestará su apoyo en la elaboración de la Hoja de Ruta para el País Adherente. Este apoyo se expresa en dar soporte o prestar servicios complementarios al objetivo indicado, lo cual es cubierto por las acciones y actividades que se indican. La responsabilidad final en la elaboración de la Hoja de Ruta es del País Adherente.

El apoyo en la elaboración se hará en el marco de la denominada Hoja de Ruta FICEM aprobada en las Asambleas de Presidentes 2016 y 2017 de FICEM.

Acuerdo FICEM - PWC

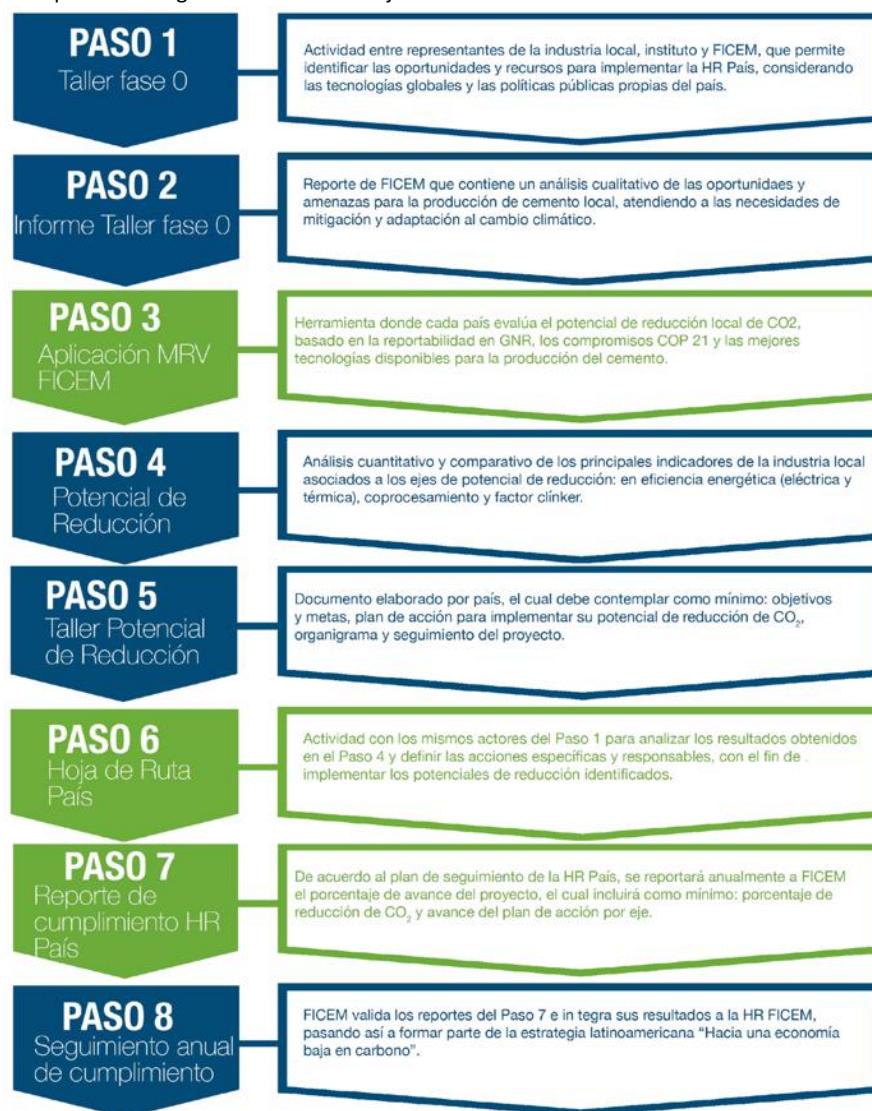
Celebrado el 24 de abril del año 2018, es una alianza que acuerda la verificación externa del Protocolo del sMRV FICEM, donde se fija el procedimiento, confidencialidad y reserva de la información. Esta alianza es de suma importancia para la transparencia de este proceso.

3.4

Metodología y seguimiento de HR por país

Con el fin de facilitar el proceso de elaboración de las Hojas de Ruta por país y su seguimiento, FICEM ha definido un método que consta de 8 etapas “Pasos 1 al 8”. Los Pasos 1 al 6 corresponden a la implementación, y los Pasos 7 y 8 corresponden al seguimiento de cada Hoja

de Ruta. A continuación, se detalla cada paso. Aquellos pasos destacados con azul son de responsabilidad de FICEM y los destacados en color verde son de responsabilidad de la industria.



PASO 1

Realizar Taller Fase 0 por país

El Taller Fase 0 se lleva a cabo con la participación de los institutos, asociaciones e industrias del país, además de FICEM. La coordinación, agenda e invitaciones del taller se realiza por parte de los entes locales y FICEM es el responsable de liderar su implementación. La duración de esta actividad es de un día y medio. Además, este taller considera las políticas FICEM con respecto a actividades de la industria, siendo los temas tratados solo relacionados al proyecto hoja de ruta FICEM país. Participan en las actividades representantes de las áreas de medioambiente, operaciones y comunicaciones, como mínimo.

El objetivo de este taller es dar a conocer en detalle el proyecto de Hoja de Ruta FICEM, identificar los requerimientos locales en la materia como son: NDC, NAMA, MDL, entre otros. Además, se analiza la información disponible en lo que se refiere a la responsabilidad de GNR en el país, mediante el análisis de brecha entre las oportunidades y desafíos que la industria tiene con respecto a la mitigación y adaptación requerida por el país. En específico, se evalúa la oportunidad y alcance de implementar una Hoja de Ruta país, se definen los potenciales recursos, las metas y los objetivos de dicho proyecto. Esta información es evaluada por parte de la dirección local, con el fin de determinar si corresponde implementar la Hoja de Ruta, los plazos de implementación, los recursos requeridos y los entregables asociados.

PASO 2

Informe, evaluación Fase 0 FICEM/País

Este informe se elabora en conjunto con FICEM y la industria local. En él se plasman los antecedentes y conclusiones principales asociadas al Taller Fase 0. El contenido mínimo de este informe es el siguiente: reporte de indicadores relevantes para la toma de decisiones, estadísticas de reportabilidad GNR, indicadores de eficiencia energética, uso de residuos en la industria y factor clínker, indicadores de referencia asociados a otros proyectos de Hoja de Ruta, políticas públicas del país (ej.: metas de reducción de emisiones de CO₂ eq, requerimientos de adaptación y mitigación) e impuestos verdes. También se incluye un análisis de brecha cualitativo entre los indicadores locales y las referencias internacionales, dentro de los cuales se destacan:

- Producción de cemento local, kilogramos de CO₂ eq por tonelada de cemento producida.
- Aportes de la industria local a la producción mundial de cemento.
- Aportes de la industria local a las emisiones totales del país.
- Potencial cualitativo de uso de residuos y eficiencia energética.
- Publicaciones asociadas a mitigación y adaptación al cambio climático.
- Propuesta de pasos a seguir.
- Conclusiones y recomendaciones.

PASO 3

Aplicación de la sMRV FICEM por país

Posterior a la realización del Taller Fase 0, y previo a la realización del Taller de análisis del potencial de reducción de CO₂ eq por país, la industria local reúne la información relativa a reportes remitidos a GNR, en forma desagregada y/o consolidada, para incorporar estos datos a la calculadora. Con estos antecedentes se corre el modelo, con lo cual se analizan los potenciales de reducción por cada uno de los ejes establecidos por CSI, se comparan los niveles de desempeño con las distintas hojas de ruta existentes, y se determinan las principales oportunidades de reducción. Lo indicado es la base para construir las estrategias para implementar el potencial de reducción de CO₂ eq en la industria local. Además, la calculadora entrega información comparativa de las trayectorias de reducción definidas en las distintas estrategias de la industria del cemento, pudiendo visualizar así el desempeño actual del país y los desafíos futuros en la materia.

Dentro de los reportes que genera esta herramienta se puede considerar un reporte específico para las autoridades locales, el que puede llegar a cumplir los requisitos de un MRV. Además, esta calculadora cuenta con un módulo para aplicar los potenciales de reducción específicos de cada uno de los papers publicados por ECRA, con lo que se puede realizar, con respecto a los datos existentes, un análisis proyectado de las oportunidades, inversiones y costos para las reducciones posibles de CO₂ eq por planta y por país.

PASO 4

Informe de Potencial de reducción por país

Basado en el trabajo realizado entre la industria y FICEM, y en la aplicación de la calculadora FICEM en forma local, se elabora un informe del nivel de cumplimiento del país de las emisiones de la industria local vs CSI y las otras hojas de ruta existentes. Este informe cuenta con el reporte de emisiones específica asociada a uso de energía y descarbonatación de la caliza. Además, se realiza un análisis comparativo entre el potencial de reducción y las políticas públicas existentes.

PASO 5

Taller Potencial de reducción y Plan de Acción HR País

Al igual que el Taller Fase 0, este taller es coordinado por la industria local en conjunto con FICEM, y cumple con todas las políticas FICEM asociadas.

En este taller se revisan los resultados de haber implementado la calculadora FICEM en el país y se realizan los análisis por eje de los potenciales de reducción asociados. Esto significa evaluar las oportunidades de mejora en eficiencia energética, el uso de residuos como energía y materias primas, la reducción del factor clínker, y la captura y uso de CO₂, a fin de determinar los reales potenciales de reducción. Además, se proyecta la implementación de las oportunidades identificadas, con el objetivo de generar las posibles trayectorias de reducción de la industria.

También se considera, en este taller, los potenciales de reducción asociados al uso del cemento, como las reducciones que genera el cemento en vivienda, carreteras e infraestructura, enmarcando estas medidas en las necesidades de mitigación y adaptación nacionales. Basado en las oportunidades de reducción, se elabora un Plan de Acción que considere superar las barreras para la implementación de las reducciones determinadas; es decir, definir las oportunidades tecnológicas, legislación, disponibilidad de recursos, entre otras, las que podrán materializar las mejoras asociadas. Además, este plan determina los responsables de recursos y plazos en los que se aborden las acciones y tareas identificadas durante el taller, las que son la base estructural de la Hoja de Ruta del país.

PASO 6

Hoja de Ruta por País

Con los resultados en los talleres ya realizados se deberá elaborar, en formato FICEM, el plan de acción denominado Hoja de Ruta FICEM - País, el que considera las acciones locales para reportabilidad en GNR, potencial de reducción y oportunidades de mejora, indicadores relevantes, desarrollo de investigación asociada y estrategia para contribuir a las acciones de adaptación y mitigación del país. La hoja de ruta local cuenta con un organigrama en el que se identifique claramente: el Comité Ejecutivo Hoja de Ruta, el Líder del proyecto Hoja de Ruta, el comité técnico, el líder técnico de Hoja de Ruta, y el Rol de FICEM en la Hoja de Ruta del país.

Comité ejecutivo Hoja de Ruta: lo integrarán directores de institutos y/o asociaciones y altos ejecutivos de la industria que participan en el proyecto. Su función es aprobar la Hoja de Ruta y sus distintas etapas de avance, además de asegurar los recursos necesarios para su implementación. Este comité debe, como mínimo, sesionar una vez al año y/o cuando existan cambios significativos del proyecto. Líder del proyecto hoja de ruta: de existir instituto y/o asociación, este rol recae, de preferencia, en la alta dirección del Instituto y/o asociación del país, dado sus propias competencias.

PASO 7

Reporte de Cumplimiento HR

Es un reporte periódico del cumplimiento, seguimiento y avances de los distintos objetivos y metas establecidos en el Planes de Acción de las Hojas de Rutas, siendo responsabilidad del país, con el apoyo de FICEM. Este documento tiene los siguientes contenidos mínimos: a) seguimiento del cumplimiento país de los 10 indicadores relevantes de la Hoja de Ruta FICEM; b) grado de avance del Plan de Acción y sus actualizaciones; C) antecedentes que respalden los cumplimientos y la definición de nuevos compromisos que hayan cambiado el Plan de Acción o hayan modificado las metas establecidas. La periodicidad del reporte es anual (mínimo) y será entregado en julio de cada año, con los avances a la fecha indicada, para luego ser consolidado por FICEM para ser presentado a la Asamblea de Presidentes.

PASO 8

Seguimiento anual de cumplimiento HR FICEM

FICEM valida los reportes de cumplimiento del paso 7 e integra sus resultados a la HR FICEM, pasando así a formar parte de la estrategia latinoamericana “hacia una economía baja en carbono”.

4

Colombia y el Cambio Climático

En el presente capítulo se revisan antecedentes generales de Colombia como su contexto, su especial vulnerabilidad al cambio climático, además de sus compromisos internacionales en estas materias. Todo esto, con el objetivo de conocer los antecedentes locales

que dan el contexto y marco para las distintas decisiones y acciones que son el contenido del esta HR y su Plan de Acción.



4.1

Contexto

Colombia es un país ubicado en la región noroccidental de América del Sur, con una superficie total de 1,142 millones kms², y una población superior a los 48 millones de habitantes. Su nombre oficial es República de Colombia y su capital Bogotá. Limita al oriente con Venezuela y Brasil, al Sur con Perú y Ecuador y al noroccidente con Panamá. En cuanto a límites marítimos, colinda con Panamá, Costa Rica, Nicaragua, Honduras, Jamaica, Haití, República Dominicana y Venezuela en el mar Caribe, y con Panamá, Costa Rica y Ecuador en el océano Pacífico.

Un hito importante para el desarrollo del país fue el cese del conflicto armado el 24 de noviembre de 2016, tras la firma de los Acuerdos del Teatro Colón¹⁵.

Geografía

En cuanto a su geografía, la diversidad de relieves, ecosistemas y climas que presenta Colombia da como resultado la conformación de cinco regiones naturales. Gracias a los diferentes ecosistemas que se pueden encontrar a lo largo de su territorio, el país tiene el número más grande de especies por unidad de área en el planeta, siendo el segundo país más megadiverso del mundo (Colciencias, 2016). Además, Colombia posee aproximadamente el 60% de los páramos existentes en el planeta, y cerca de 31,700 humedales. La mayor diversidad de flora y fauna dentro de sus biomas terrestres se halla en las selvas lluviosas, ubicadas en la Región Pacífica, la selva amazónica y el bosque andino.

Economía

En cuanto a su economía, Colombia es un país de ingresos medianos - altos, con un PIB de 327.895 mil millones de dólares (FMI, 2019), y una tasa de crecimiento del PIB anual del 3,322%, al 2019 (Banco Mundial).

De acuerdo con la Política Nacional de Cambio Climático – PNCC de Colombia:

"En la década 2004-2014 Colombia experimentó niveles de crecimiento económico sin precedentes, lo que le ha permitido reducir la pobreza, el desempleo y aumentar la cobertura en seguridad social. Este crecimiento se benefició de un auge en los sectores minero y petrolero, así como altos flujos de inversión extranjera y altos precios del petróleo y productos básicos. (...) A pesar de que la economía colombiana exhibió una tasa de crecimiento anual promedio del 3,6 % durante la década referida, que permitió reducir la pobreza y desigualdad, e incrementó el producto interno bruto per cápita a nivel nacional, estos resultados están basados en una estructura económica altamente dependiente de los recursos naturales."

Al desagregar sectorialmente el perfil económico de Colombia, el subsector petrolero (perteneciente al sector minero), entre 2010 y primer semestre de 2014, creció a una tasa de 7,4% promedio anual, mientras que la producción aumentó un 28% en durante esos años, al pasar de 785 mil a un millón de barriles diarios. Durante el segundo semestre del año 2014, el sector minero-energético presentó un mal desempeño, que como resultado generó una contracción del sector para dicho año (-0,2%), significativamente por debajo de lo observado en años anteriores (9,3% en promedio desde 2008 a 2013), de hecho, la producción promedio anual fue de 987.000 barriles diarios, cifra inferior a la meta propuesta por las autoridades al inicio del año, alrededor de 1.030.000 barriles diarios (Primer Informe Bienal de Actualización de Colombia ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, 2015).

¹⁵ Los "Acuerdos del Teatro Colón" es una denominación informal a las modificaciones y renegociaciones efectuadas a los "Acuerdos de Paz de La Habana", firmados el 26 de septiembre de 2016.

Tabla 3. Explotación de minas y canteras – Tasa de crecimiento en volumen (%)

Fuente. Elaboración propia en base a Primer Informe Bienal de Actualización de Colombia ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, 2015.

SECTOR	AÑOS				
	2010	2011	2012	2013 (p)	2014 (pr)
Explotación de minas y canteras	10,6	14,5	5,3	5,5	0,2
Extracción de carbón, carbón lignítico y turba	1,9	14,7	3,9	-3,4	3,6
Extracción de petróleo crudo y de gas natural; actividades de servicios relacionadas con la extracción de petróleo y de gas, excepto las actividades de prospección; extracción de minerales de uranio y de torio	16,8	17,8	4,6	8,0	-1,4
Extracción de minerales metalíferos	0,7	-11,2	18,8	-10,1	-8,4
Extracción de minerales no metálicos	-12,0	6,0	2,6	14,6	10,6

Nota: p: provisional; pr: preliminar

En cuanto al subsector eléctrico (perteneciente al sector energético), durante el período 2010-2013, la capacidad instalada de generación hidráulica y carbón aumentó, y disminuyó la capacidad de generación a gas. Para ese mismo período, la generación de energía eléctrica para todos los tipos de combustible presentó variaciones en sus tendencias. Para el año 2013, la generación hidráulica representó el 71,3% del total nacional del Sistema Interconectado Nacional (SIN), seguido de la generación a gas (14,8%), carbón (9,1%), y otras tecnologías como la

eólica y las pequeñas generadoras con apenas el 4,7%. En términos de demanda, en 2013 se presentó un crecimiento del 2,8% con relación al 2012, convirtiéndose en el mayor crecimiento de los últimos años, compuesto por un incremento de 3,1% de la demanda no regulada (industria y comercio) y de 2,5% de la demanda regulada (consumo residencial y pequeños negocios) (Primer Informe Bienal de Actualización de Colombia ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, 2015).

Tabla 4. Capacidad efectiva y generación de energía eléctrica

Fuente. Elaboración propia en base a Primer Informe Bienal de Actualización de Colombia ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, 2015.

COMBUSTIBLE	CAPACIDAD EFECTIVA DE GENERACIÓN (MW)				GENERACIÓN ENERGÍA ELÉCTRICA SIN (GWh)			
	2010	2011	2012	2013	2010	2011	2012	2013
Hidráulica	9.257,40	9.718,30	9.778,10	9.875,50	40.557,50	48.427,50	47.581,70	44.362,80
Carbón	701,60	702,60	997,00	1.002,00	3.477,40	1.599,80	2.492,60	5.659,50

Gas	4.029,40	3.746,40	2.484,40	1.850,40	12.025,80	8.106,90	9.213,70	9.221,40
Eólica	18,4	18,4	18,4	18,4	38,6	41,3	54,9	57,6
Otros	240,30	241,80	1.136,30	1.812,30	786	440,7	645,9	2.895,20
Total	14.247,10	14.427,50	14.414,10	14.558,50	56.885,30	58.616,20	59.998,90	62.196,60

Infraestructura

Un aspecto importante para destacar en esta materia corresponde a la infraestructura de las viviendas en Colombia. En este sentido, el Informe Estadístico FICEM (2013) reporta que el porcentaje de familias que no cuentan con un techo para vivir o viven en viviendas de mala calidad alcanza un 37% en el país.

En el caso de la infraestructura vial, Colombia, junto con Bolivia, Ecuador, Guyana, Nicaragua y Paraguay, cuenta con menos del 20% de las carreteras pavimentadas. En cuanto a la clasificación mundial de calidad de carreteras, Colombia se encuentra en la posición 126 (The Global Competitiveness Report. World Economic Forum. 2012).

4.2

Colombia y el Cambio Climático

Vulnerabilidad al Cambio Climático

Debido a su posición geográfica, Colombia se caracteriza por ser un país con alta variabilidad climática reflejada en períodos de lluvia y períodos secos que se alternan. Esta variabilidad está influenciada por la zona de confluencia intertropical, por la Oscilación del Sur (El Niño/La Niña), por la Cordillera de los Andes y por una biodiversidad ecosistémica particular y heterogénea. Esta variabilidad climática ha experimentado en los últimos años el aumento de la frecuencia, intensidad y duración de eventos climáticos extremos (Plan Vías C-C).

Considerando la diversidad del territorio colombiano, y una economía fuertemente dependiente del clima y del uso y aprovechamiento de los recursos naturales, Colombia se encuentra altamente expuesto y sensible a los impactos del Cambio Climático: “sólo en sectores de la economía que en conjunto suman el 4.3% del PIB total del país (transporte, forestal, pesca, ganadería y agricultura, y en otros que aportan a la economía del país a través de la provisión de servicios), se estiman pérdidas anuales del 0,49% del PIB si el país no toma acciones para adaptarse. Al sumar las pérdidas anuales, el impacto sería equivalente a perder entre 3,6 y 3,7 veces el valor del PIB de 2010.”¹⁶

Colombia presenta la tasa más alta de Latinoamérica de desastres recurrentes provocados por fenómenos naturales, con más de 600 eventos reportados cada año en promedio y el décimo lugar de más alto riesgo económico derivado de dos o más peligros a causa de desastres en el mundo, en la medida que el 84,7 % de la población y el 86,6 % de los activos están localizados en

áreas expuestas a dos o más peligros naturales. (Banco Mundial, 2014)

Por otra parte, en Colombia durante el período 2006 – 2009 el número de eventos de carácter hidrometeorológico pasó de 4.286 a 8.504, para el período 2010 – 2013. Esto representa un aumento de 2,6 veces el número de eventos ocurridos (DNP-SDAS, 2014). En consecuencia, el número de familias afectadas se incrementó en 1,5 veces, al pasar de 4,4 millones a 6,4 millones, para los mismos períodos analizados, lo que refleja el aumento de la vulnerabilidad de la población a dichos eventos.

En cuanto a los procesos de pérdida y degradación de bosques, la Política Nacional de Cambio Climático – PNCC de Colombia señala:

“Colombia tiene más de 114,1 millones de hectáreas de superficie continental, de las cuales el 51,6 % en el 2014 correspondían a bosques naturales (IDEAM, 2016). Si bien la tasa anual de deforestación ha venido mostrando una tendencia a disminuir, las 120.933 hectáreas anuales deforestadas entre el 2011 y 2013 se suman a las cerca de 6 millones de hectáreas en bosques que perdió el país entre 1990 y 2010 (IDEAM, 2014). No obstante, debe tenerse en cuenta que el más reciente reporte generado por el IDEAM identificó que para el año 2016 en Colombia se perdieron 178.597 ha, que significan un incremento del 44 % en comparación con la cifra del 2015 (124.035 ha).”

¹⁶ Comisión Intersectorial de Cambio Climático, CICC, Actualización de la Contribución Determinada a Nivel Nacional de Colombia, 2020

Los procesos de pérdida y degradación de bosques se atribuyen a diferentes causas: la ampliación de la frontera agrícola, la colonización (principalmente ganadería), los cultivos ilícitos, la minería, los incendios

forestales, la ampliación de infraestructura, la urbanización y la extracción de madera (Minambiente, PNUD, 2014).

Emisiones de CO₂

De acuerdo con la Figura 22, las emisiones generadas por el sector de Agricultura y Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (AFOLU), para el año 2010, son las que representan el mayor aporte en el total de emisiones de GEI con un 58% de participación (130.341 Gg de CO₂ eq), de las cuales el 67% corresponde a emisiones de CO₂ generadas principalmente por el cambio en el stock de carbono por cambio de uso de la tierra, el 19% son emisiones de CH₄ principalmente por la fermentación entérica y gestión del estiércol de todas las categorías pecuarias existentes en Colombia. El restante 14% es N₂O generado en su mayoría por gestión de suelos agrícolas y del estiércol.

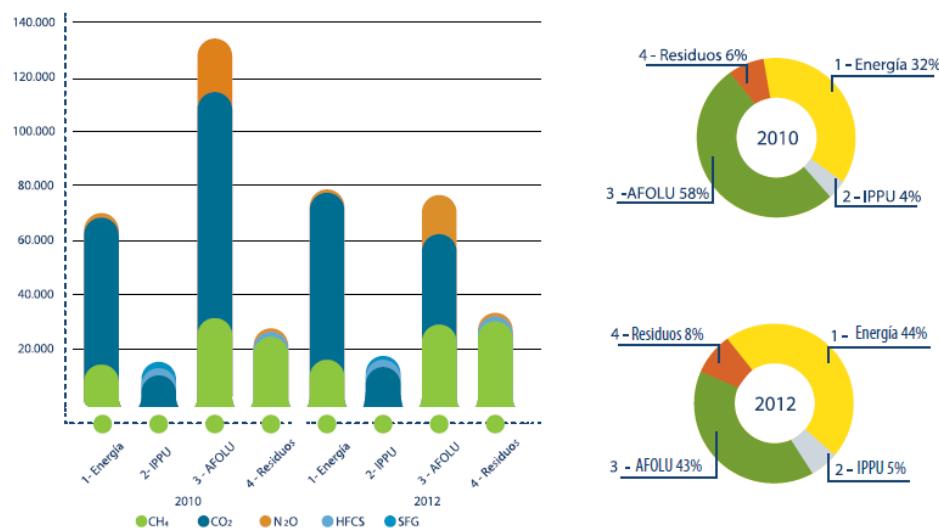
El 32% de las emisiones totales se atribuyen a la categoría energía (71.210 Gg de CO₂ eq), en donde el 84% corresponde a emisiones de CO₂ por quema de

combustibles fósiles en los diferentes sectores económicos del país, y el 14% a emisiones de CH₄ principalmente por emisiones fugitivas derivadas de las actividades de minería del carbón y extracción y procesamiento de petróleo y gas. El 2% restante son emisiones de N₂O por quema de combustibles principalmente.

El aporte de las emisiones por residuos y por procesos industriales y uso de productos (IPPU) representan el menor aporte (10%), en donde las principales emisiones se deben al CH₄ generado por disposición de residuos sólidos en rellenos sanitarios y sitios no categorizados, seguidas de las emisiones de CO₂ generadas en la producción de cemento.

Figura 22. Participación de las emisiones GEI por categoría principal respecto al resultado total y resultados de cada GEI por categoría (Gg de CO₂ eq) - años 2010 y 2012

Fuente. Primer Informe Bienal de Actualización de Colombia ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, 2015.



Para el año 2012 el panorama cambia respecto a la principal categoría generadora de emisiones. Para este año, las emisiones estimadas dentro de la categoría de energía son las que representan el mayor aporte en el total de emisiones de GEI con un 44% de participación (77.784 Gg de CO₂ eq) seguidas por las emisiones en AFOLU con una participación del 43%. La diferencia en esta participación se da principalmente por la disminución entre 2012 y 2010 de las emisiones por cambio en el uso de tierras.

Emissions netas de GEI sector IPPU (2010 Y 2012)

De acuerdo con la Figura 23, las emisiones totales en Gg de CO₂ eq para esta categoría son de 8.692 en el 2010 y de 9.865 en el 2012. En la categoría IPPU, como se puede observar en las gráficas circulares, aproximadamente la mitad de las emisiones se generan como resultados de los procesos en las industrias de los minerales (subcategoría 2A), esto principalmente por la calcinación

En cuanto al aporte de cada GEI en cada categoría, para el año 2012 el orden de participación se mantiene igual que para el 2010; esto es, para energía el aporte por GEI es de 86% CO₂, 12% CH₄ y 2% N₂O; en AFOLU 48% CO₂, 30% CH₄ y 22% N₂O; en IPPU el mayor aporte es de CO₂ con 85%. Lo anterior, de acuerdo a las cifras entregadas por el Primer Informe Bienal de Actualización de Colombia.¹⁷

de los carbonatos en la producción de cemento (2A1), proceso que aporta 45% de las emisiones totales de IPPU.

Las industrias de los metales (2C) se encuentra en segundo lugar de aporte en esta categoría, siendo las emisiones generadas por la producción de acero (2C1) y la producción de ferroníquel (2C2), las que realizan aporte un importante aporte del 22% y 10%

17 IDEAM, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Primer Informe Bienal de Actualización de Colombia ante la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático, 2015

respectivamente en 2010 y 21% y 8% en 2012, respecto al total de emisiones de IPPU.

Las emisiones de la industria química (2B) y por uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (2F), se encuentran en tercer y cuarto lugar respecto al total de emisiones de esta categoría.

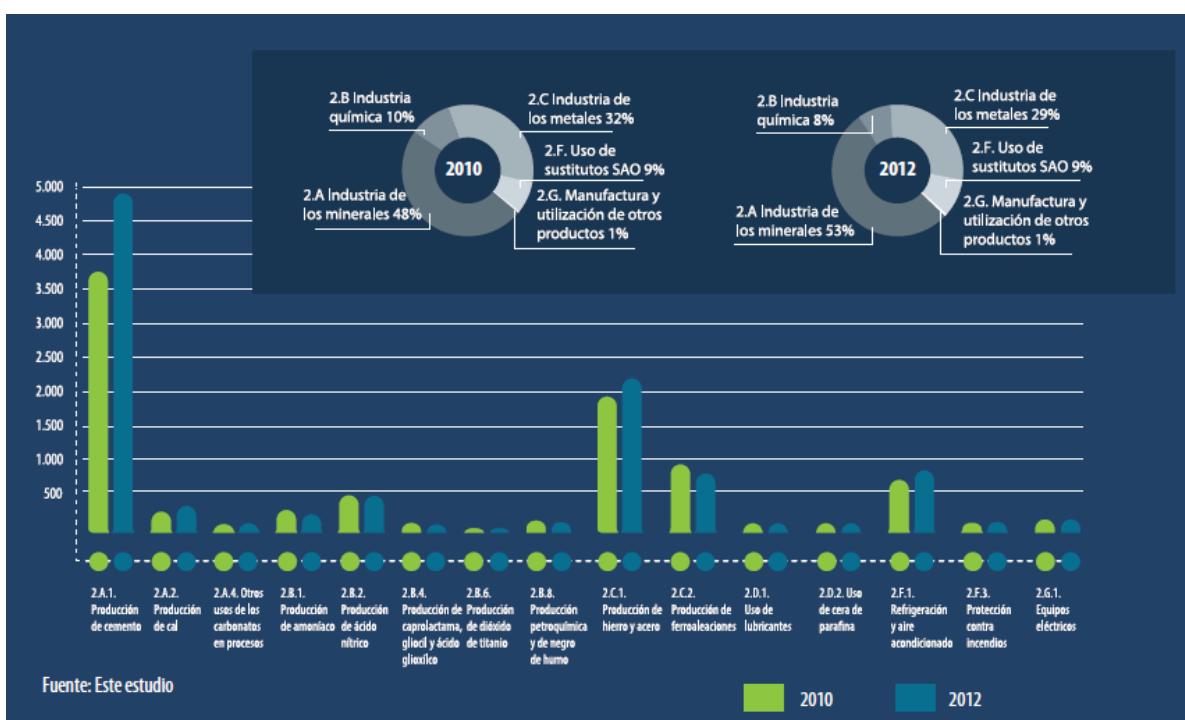
La producción de ácido nítrico (2B2) es la principal fuente dentro de la industria química y representa un 5% del total de IPPU para el 2010 y 4% para el 2012. Los sustitutos SAO para refrigeración y aire acondicionado (2F1), representan un aporte del 8% en 2010 y del 9% en 2012.

Comparativamente, entre el 2010 y 2012 se presenta un incremento de las emisiones de 1.294 Gg de CO₂ eq, el cual está dado por el incremento en la producción de la

industria de los minerales (2A), industria de los metales (2C) y en el uso de sustitutos SAO (2F). Por otra parte, la industria química (2B) tuvo un descenso en la producción de 27% en la producción de amoniaco, 44% en la producción de caprolactama y un 28% en la producción de negro de humo (DANE, 2012), lo que conllevó a un descenso de 120 Gg de CO₂ en las emisiones de esta industria (2B). Como resultado, para IPPU entre 2010 y 2012 se presenta un incremento neto de las emisiones de 1.173 Gg de CO₂ eq.

Figura 23. Emisiones netas de GEI en Gg de CO₂ eq para la categoría IPPU - años 2010 y 2012

Fuente. Primer Informe Bienal de Actualización de Colombia ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, 2015.



4.3

Políticas Climáticas

El Banco de Desarrollo de América Latina (CAF) publicó en junio de 2018 “Guía de buenas prácticas para la adaptación de las carreteras al clima CAF 2018”,¹⁸ el cual señala:

“La adaptación de las carreteras a la variabilidad y cambio climáticos tiene como objetivo prever los efectos adversos del clima y tomar las medidas adecuadas para evitar o minimizar los daños que puedan causar, con el fin de reducir costos futuros y maximizar la rentabilidad de las inversiones. Estas medidas de adaptación deben enfocarse tanto a corto como a medio y largo plazo, y complementarse con herramientas de gestión ambiental, de planificación y de gestión de riesgo de desastres.”

Además, en este documento se muestran los distintos niveles de avance en el establecimiento de políticas climáticas en América Latina y El Caribe. En la Tabla 5 se puede apreciar que Colombia cuenta con Legislación, la cual corresponde a la Ley de Cambio Climático (Ley No. 1931 del 27 de julio de 2018); Estrategia y/o Política, la cual corresponde al NDC y a la Política Nacional de Cambio Climático; Plan de Acción, el cual corresponde al Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático – PNACC; y Acciones de adaptación de carreteras, las cuales se consolidan en el Plan Vías-CC: vías compatibles con el clima, un Plan de Adaptación de la Red Vial Primaria de Colombia.

¹⁸ Banco de Desarrollo de América Latina, CAF, “Guía de buenas prácticas para la adaptación de las carreteras al clima CAF”, 2018.

Tabla 5. Instrumentos de gestión de cambio climático en países de América Latina y El Caribe

Fuente. Guía de buenas prácticas para la adaptación de las carreteras al clima CAF - 2018

Instrumentos de gestión cambio climático	Legislación	Estrategia y/o Política	Plan de Acción	Acciones de adaptación de carreteras
ARGENTINA		Sí		
BARBADOS		Sí		
BOLIVIA	Sí	Sí	Sí	
BRASIL	Sí	Sí	Sí	Sí
COLOMBIA	Sí	Sí	Sí	Sí
COSTA RICA		Sí	Sí	
CHILE		Sí	Sí	Sí
ECUADOR	Sí	Sí	Sí	
EL SALVADOR		Sí	Sí	Sí
GUATEMALA	Sí	Sí	Sí	Sí
HONDURAS	Sí	Sí		
JAMAICA		Sí		Sí
MÉXICO	Sí	Sí	Sí	Sí
NICARAGUA		Sí		Sí
PANAMÁ	Sí	Sí		
PARAGUAY		Sí	Sí	Sí
PERÚ	Proyecto Ley	Sí	Sí	Sí
REPÚBLICA DOMINICANA		Sí	Sí	
TRINIDAD Y TOBAGO		Sí		
URUGUAY		Sí	Sí	
VENEZUELA		Sí		

Fuente: "Guía de buenas prácticas para la adaptación de las carreteras al clima" CAF. Junio de 2018.

NDC Colombia (2020)

La Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés) de Colombia fue publicada en 2015 y actualizada con una mayor ambición en el año 2020. El actual NDC tiene las siguientes características, abarca el conjunto de la economía nacional, comprende todos los sectores emisores reconocidos por el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC), incluye los seis gases reconocidos por el protocolo de Kioto: CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆ y comprende el 100% de las emisiones. Dentro de sus principales contribuciones en materia de mitigación, se señala:

- Emitir como máximo 169.44 millones de t CO₂ eq en 2030 (equivalente a una reducción del 51% de las emisiones respecto a la proyección de emisiones en 2030 en el escenario de referencia), iniciando un decrecimiento en las emisiones entre 2027 y 2030

tendiente hacia la carbono-neutralidad a mediados de siglo.

- Establecer presupuestos de carbono para el periodo 2020-2030 a más tardar en 2023.
- Reducir las emisiones de carbono negro del 40% respecto al nivel de 2014.

Además, seis sectores prioritarios de la economía, tales como transporte, energía, agricultura, vivienda, salud, comercio, turismo e industria incluirán consideraciones de cambio climático en sus instrumentos de planificación, y estarán implementando acciones de adaptación.

En específico, para el sector cemento se ha fijado incrementar a un 15% el coprocesamiento, tal como lo

refleja la Medida 17. La autoridad se basó en los antecedentes que forman parte de esta Hoja de Ruta para establecer esta meta.

"Medida: 17) Procesos de producción sostenible en el sector cemento: Gestión en eficiencia energética e incremento del coprocesamiento para reducir el indicador de intensidad de emisiones por unidad productiva mediante la optimización de procesos

relacionados con energía térmica, el aprovechamiento de materiales con valorización energética, el reuso de algunos componentes en la fabricación del Clinker, y el uso de la capacidad instalada de la planta para elevar el nivel de coprocesamiento. **Meta:** Incremento del coprocesamiento (con residuos, materiales y subproductos) que permite la sustitución de demanda de energéticos fósiles en un 15% del valor total de consumo de las plantas."

Tabla 6. NDC por países

Fuente. Elaboración propia en base a INDC y NDC por países

INDC o NDC País	Reducción Voluntaria (%)	Reducción Condicionada (%)	Total Reducciones (%)
Argentina (1)	18	19	37
Chile (2)	30,0	5 a 15	35 a 45
Colombia	51	NP	51
Costa Rica	44	NP	44
Guatemala	11,2	11,4	22,6
Honduras	NP	15,0	15
Panamá	NP	NP	NP
Perú	20	10	30
República Dominicana (3)	NP	25	25

NP: No presenta esta reducción.

1.- Argentina utiliza como unidad rebajas de MtCO2e

2.- Chile utiliza factor relacionado al PIB

3.- República Dominicana utiliza intensidad per cápita comparada con año base.

Ley de Cambio Climático (Ley No. 1931 del año 2018)

La Ley de Cambio Climático de Colombia¹⁹, expedida el 27 de julio de 2018, establece y desarrolla principios, aspectos institucionales, instrumentos de planificación, sistemas de información, así como instrumentos económicos y financieros para la gestión del cambio climático.

En el plano institucional, la ley crea el Consejo Nacional de Cambio Climático como órgano permanente de consulta de la Comisión Intersectorial de Cambio Climático (CICC), el cual brinda asesoraría, recomendaciones y sugerencias para la toma de decisiones, y, adicionalmente, facilita la articulación y

coordinación en la gestión del cambio climático a través de la participación del sector privado, organizaciones sociales, academia, organizaciones internacionales y el Congreso.

Adicionalmente, la Ley crea el Sistema Nacional de Información sobre Cambio Climático (SNICC) como parte del Sistema de Información Ambiental para Colombia (SIAC), el cual proveerá datos y centralizará información para la toma de decisiones. Igualmente, el SNICC incluirá el Registro Nacional de Reducción de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (RENARE), el cual forma

¹⁹ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, Ley de cambio climático 1931/2018, 2018

parte del Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) de las acciones de mitigación a nivel nacional.

Por otra parte, la Ley señala que las entidades territoriales deberán incorporar la gestión del cambio climático dentro de sus Planes de Desarrollo y en otros instrumentos de planeación. Particularmente, se destaca la orden al Gobierno Nacional de reglamentar la Ley No. 388 (1997), especialmente el artículo 10, con el fin de incluir la gestión del cambio climático como una de las determinantes de los Planes de Ordenamiento Territorial (POT).

Dentro de los instrumentos de planeación y gestión a nivel nacional, se destacan los Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático Sectoriales (PIGCCS), a través de los cuales cada Ministerio identifica, evalúa y orienta la incorporación tanto de medidas de mitigación de gases efecto invernadero, como de adaptación al cambio climático en las políticas y regulaciones del respectivo sector.

A nivel territorial, la Ley No. 1931 definió los Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático Territoriales (PIGCCT) como instrumentos mediante los cuales las gobernaciones y autoridades ambientales regionales podrán identificar, evaluar, priorizar, y definir medidas o

acciones de adaptación y de mitigación de emisiones de gases efecto invernadero, para ser implementados en su área de jurisdicción. Por su parte, los distritos y municipios deben formular los Planes Territoriales de Cambio Climático, y realizar su implementación y seguimiento. Dichos planes deberán formularse en armonía con el respectivo PIGCCT y de acuerdo con los demás lineamientos de la CICC.

En cuanto a los instrumentos económicos y financieros para la gestión del cambio climático, la Ley creó el Programa Nacional de Cupos Transables de Emisión (PNCTE) de GEI. Los Cupos Transables de Emisión fueron definidos como derechos negociables que autorizan a su titular para respaldar la emisión de una tonelada de CO₂ u otro GEI a la atmósfera. Para este programa se definirá la meta de reducción, la forma adjudicación (subasta y asignación gratuita), agentes regulados, así como la verificación y certificación de reducciones de emisiones o remociones de GEI y su registro en el RENARE.

Entre otros instrumentos para la gestión del cambio climático, la Ley establece las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés) y la Política Nacional de Cambio Climático (PNCC).

Política Nacional de Cambio Climático (PNCC)

En junio de 2017 el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia presentó la Política Nacional de Cambio Climático²⁰. Su objetivo es “*es incorporar la gestión del cambio climático en las decisiones públicas y privadas para avanzar en una senda de desarrollo resiliente al clima y bajo en carbono, que reduzca los riesgos del cambio climático y permita aprovechar las oportunidades que este genera*”.

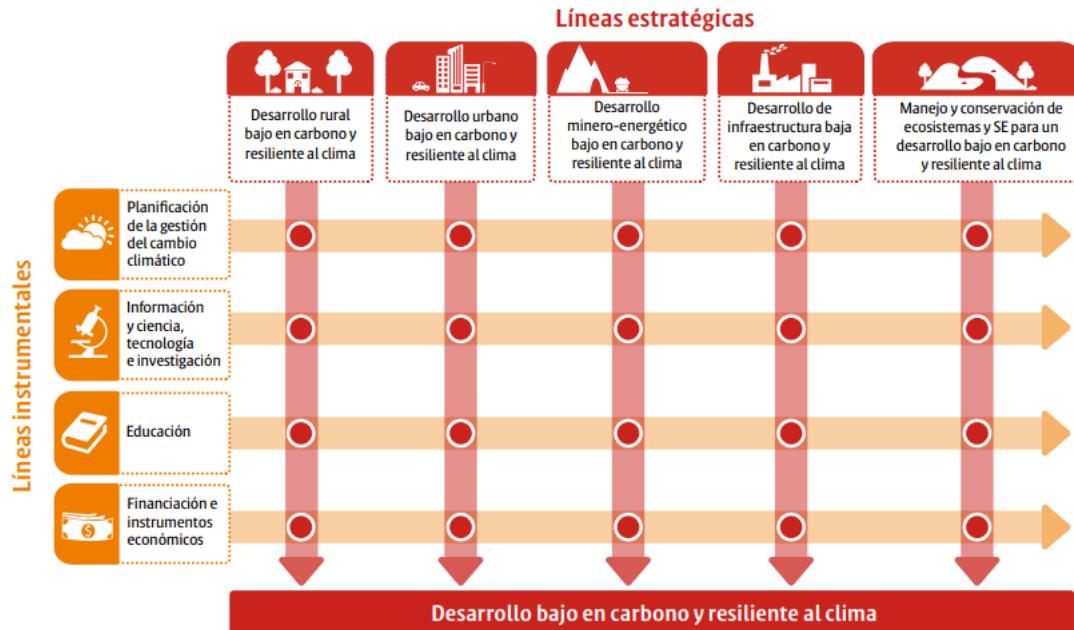
La PNCC propone tres estrategias territoriales generales y dos sectoriales para la adaptación y la mitigación al cambio climático. Las estrategias territoriales que se proponen son: Desarrollo urbano resiliente al clima y bajo en carbono; Desarrollo rural resiliente al clima y bajo en carbono, y Manejo y conservación de ecosistemas y sus servicios ecosistémicos para el desarrollo bajo en carbono y resiliente al clima. En cuanto a las estrategias sectoriales, la PNCC señala: el

²⁰ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Política Nacional de Cambio Climático, 2017

Desarrollo minero-energético bajo en carbono y resiliente al clima; y Desarrollo de infraestructura estratégica resiliente al clima y baja en carbono.

Para implementar estas cinco estrategias se definen cuatro estrategias instrumentales: (i) información,

ciencia, tecnología e innovación; (ii) educación, formación y sensibilización a públicos, (iii) planificación de la gestión del cambio climático y (iv) financiación e instrumentos económicos.



En cuanto a la estrategia territorial: Desarrollo urbano resiliente al clima y bajo en carbono, la PNCC señala ocho líneas de acción:

- Dotar a las ciudades con infraestructura urbana (sistemas de acueducto y alcantarillado, sistema transporte urbano, entre otros) resiliente a las inundaciones o al aumento del nivel del mar.
- Reducir el riesgo climático por desabastecimiento hídrico de la ciudad mediante incentivos al uso eficiente del agua y la reducción de pérdidas y agua no contabilizada.
- Brindar alternativas de transporte público eficientes e integrados bajos en carbono y resilientes al clima, e incentivos para vehículos de bajas emisiones, y la implementación de modos no motorizados.
- Incentivar la reducción constante de la generación de residuos sólidos y líquidos urbanos, así como el re-uso, el reciclaje y el aprovechamiento de residuos, incluyendo la valorización energética de los residuos antes de que lleguen a su disposición final en rellenos y el

aprovechamiento energético de las emisiones generadas en los rellenos sanitarios y en los sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales.

- Incentivar la eficiencia energética residencial y no residencial, y la construcción sostenible, baja en carbono y resiliente al clima.
- Disminuir la exposición a inundaciones y las emisiones por transporte mediante la expansión controlada de ciudades de forma más compacta e interconectada, aludiendo, además, a modelos de desarrollo urbano compacto.
- Promover la conservación de la estructura ecológica principal y el manejo del paisaje, a través de la construcción y mantenimiento de espacios públicos urbanos verdes.
- Generar conocimiento científico que permita cuantificar la captación de CO₂ por parte de las zonas marinas y costeras, y diseñar acciones a ser implementadas como respuesta.

Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC)

El Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático²¹ nace del Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 “Prosperidad para todos”²², y se encuentra articulado a través de la Estrategia Institucional para la Articulación de Políticas y Acciones en Materia de Cambio Climático planteada (CONPES 3700).

El PNACC está integrado por cuatro fases: Una primera fase conceptual y metodológica donde se desarrollan los insumos para orientar los Planes Sectoriales y Territoriales de Adaptación; una segunda etapa de acompañamiento a la formulación de estos planes; una tercera etapa donde se buscará orientar la implementación de medidas de adaptación, y finalmente, una cuarta fase de monitoreo, reporte y verificación.

El PNACC busca incidir en los procesos de planificación ambiental, territorial y sectorial, de tal manera que

autoridades público-privadas tomen decisiones de manera informada, teniendo en cuenta los determinantes y proyecciones climáticos, reduciendo así la vulnerabilidad tanto en poblaciones, ecosistemas y sectores productivos, y aumentando la capacidad social, económica y ecosistémica para responder ante eventos y desastres climáticos.

En este sentido, el principal objetivo de la adaptación en Colombia es lograr la reducción del riesgo y los impactos socioeconómicos asociados a la variabilidad y al cambio climático. De esta manera, el PNACC permite establecer líneas estratégicas para cumplir con el objetivo anterior, y en específico da herramientas para priorizar las acciones de adaptación y para orientar las intervenciones de los sectores y los territorios con miras a reducir el riesgo climático.

²¹ Departamento Nacional de Planeación, DNP, Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, 2012

²² Departamento Nacional de Planeación, DNP, Plan Nacional de Desarrollo, 2010-2014

Plan Vías-CC: vías compatibles con el clima

El Plan de Adaptación de la Red Vial Primaria de Colombia (Plan Vías-CC), lanzado el 2014, es el resultado de un trabajo interinstitucional liderado por el Ministerio de Transporte de Colombia, la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI), el Instituto Nacional de Vías (INVIA). También contó con la participación del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), el Departamento Nacional de Planeación (DNP), la Unidad Nacional para la Gestión de Riesgo de Desastres (UNGRD) y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). En el marco del proyecto, estas entidades han conformado un Comité Interinstitucional de Cambio Climático para el Sector Transporte. En cuanto a su financiamiento, contó con el apoyo del Climate & Development Knowledge Network (CDKN).

El Plan Vías C-C, enmarcado en el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC), constituye el principal instrumento de adaptación al cambio climático en el sector transporte. En este sentido, presenta medidas concretas que deben emprender las diversas entidades que integran el sector para integrar las variables climáticas desde la planificación hasta la operación de la red vial, las cuales deben ser revisadas y actualizadas cada cinco años.

En cuanto a las características de la infraestructura vial de Colombia, el Plan señala:

- La longitud aproximada de la infraestructura vial de Colombia es de 203.392 Km, de los cuales el 8% (17.342Km) corresponden a la red vial primaria, 22% (44.399 Km) a la red vial secundaria, y el 70% (141.955 Km) a la red vial terciaria.
- Debido a la configuración geográfica de Colombia, su sistema de carreteras se ha consolidado parcialmente a través de las vías troncales que recorren el país en el eje norte-sur, haciendo que exista una alta concentración de infraestructura vial a lo largo de la región andina y la región caribe. Eso contrasta con un amplio margen del territorio nacional que se encuentra aislado sin participación del desarrollo vial del país.
- Las condiciones de estado, capacidad y nivel de servicio que ofrecen las vías no son uniformes a lo

largo de estos corredores: el 51% de la red pavimentada se encuentra en buen estado, el 27% en regular y 22% en malo; en la red en afirmado, sólo el 11% se encuentra en buen estado, un 33% en regular y el 56% entre malo y muy malo.

En cuanto a la vulnerabilidad a la variabilidad y el cambio climático de la red vial primaria, el Plan señala:

- La red vial primaria se encuentra expuesta a varios tipos de riesgos asociados a la variabilidad climática. Por ejemplo, los eventos de precipitaciones fuertes resultan en inundaciones y derrumbes. El aumento del nivel del mar además de causar inundaciones induce procesos erosivos en carreteras costeras. De igual forma, los cambios bruscos en las temperaturas ocasionan cambios en la vegetación circundante a las carreteras, disminuyendo o modificando los ciclos de la vegetación que se usa para control de erosión y/o aumentando la presencia de especies acuáticas que inciden negativamente en el comportamiento de los pavimentos.
- Existe una relación entre la ocurrencia mensual del número de procesos de remoción en masa y la distribución mensual de la precipitación. De igual forma, existe una relación entre el número de eventos de deslizamientos reportados y los fenómenos El Niño y La Niña (Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático).
- Durante la inundación de 2010-2011 ocasionada por el fenómeno de La Niña se afectaron más de 1.600 kilómetros de infraestructura vial, equivalentes al 9,7% de la red primaria, y al 0,9% de la red concesionada; también se vieron impactados 92 puentes de la red nacional, y se requirió la rehabilitación de más de 53 tramos viales nacionales.

La adecuada fijación de estrategias de desarrollo, en armonía con las estrategias nacionales, para enfrentar el cambio climático, es clave para la industria cementera colombiana.

La importancia equilibrada que ha otorgado Colombia a las medidas de mitigación y adaptación implica establecer el discurso y las prioridades coincidentes con estas estrategias, como sería, por ejemplo, trabajar en temas tales como: Implementación y profundización de los ejes de reducción de emisiones, como también la inversión en I+D para tales fines, además de abordar temas como: Pavimentos Resilientes, Vivienda Social e Infraestructura en general, dadas las características y ventajas del cemento como uno de los materiales de construcciones más resilientes al cambio climático.

5

Elaboración Hoja de Ruta Colombia - FICEM

En este capítulo se presentan los resultados de la realización de los Pasos 1 al 5 para la elaboración HR Colombia, de acuerdo con lo descrito en el Capítulo 3.

El Taller Fase 0 para la Industria del Cemento en Colombia se realizó en Medellín el 2017, mientras que el Taller de Potencial de Reducción se realizó de manera virtual entre el 8 de julio de 2020 y el 31 de julio del mismo año. En estos talleres participaron representantes de las principales empresas productoras de cemento de Colombia con proceso integral (incluyendo fabricación de Clinker): Cementos San Marcos, Cementos Tequendama, Cemex Colombia, Cementos Argos, Holcim Colombia y Cementos Alión, junto con FICEM.

El proceso contó con diálogos con parte de las autoridades locales (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo y Ministerio de Ambiente), lo que permitió una mejor adecuación de esta Hoja de Ruta a la realidad local, tanto desde la perspectiva de la producción, como del uso del cemento en Colombia, con especial énfasis en la obtención de los números correctos para elaborar las acciones y políticas futuras, mediante un mecanismo de medición, reporte y verificación de las emisiones de CO₂ asociadas.

De acuerdo con los criterios de la Hoja de Ruta FICEM, se seleccionó como año base el 2015, teniendo como

referencia otras Hojas de Ruta de la industria y la data utilizada en la elaboración de los papers de la ECRA. Los reportes generados se ejecutaron de acuerdo con el Protocolo sMRV FICEM y la empresa a cargo de la verificación independiente es PwC.

Con la información generada por sMRV y la aplicación de la Calculadora FICEM, se determinaron los potenciales teóricos de reducción de CO₂, además de los análisis comparativos internacionales, información relevante para definir las acciones futuras de la industria, tanto en Adaptación como Mitigación a los efectos del cambio climático.

Es importante destacar la participación de la industria local en el Taller de Potencial de Reducción, en el cual se logró determinar con mayor precisión las brechas y oportunidades para alcanzar los potenciales de reducción identificados en los pasos 1 al 4 de este proceso.

Además, resaltamos la importancia que Colombia y sus autoridades le otorgan a la necesidad de adaptación del país a los efectos del cambio climático, en el cual el cemento cumple un rol estratégico, dada su alta resiliencia como material de construcción y sus potenciales de reducción de CO₂ en forma directa e indirecta.

5.1

Adaptación al Cambio Climático y la Industria del Cemento

Tal como se analizó en los Talleres Fase 0 y Potencial de Reducción, Colombia es vulnerable a eventos climáticos tales como: el fenómeno El Niño y el fenómeno La Niña; la disminución en las coberturas de los glaciares; procesos de pérdida y degradación de bosques; entre otros, los cuales han sido responsables de grandes pérdidas humanas y materiales. En esta línea, los esfuerzos de Colombia se materializan en sus políticas climáticas que se dirigen hacia la mitigación y adaptación para hacer frente a estos eventos climáticos. Lo anterior se refleja, en particular con relación a la adaptación al cambio climático, en su actualización del NDC 2020, señalando: *"Colombia ha optado por desarrollar una serie de herramientas y lineamientos que ofrezcan flexibilidad a sectores y territorios para ajustar sus acciones en adaptación a sus condiciones frente al cambio climático... Para Colombia, como país en desarrollo, la Comunicación en Adaptación tiene un enfoque prospectivo y que no debe generar una carga adicional, por lo que se centra en proveer información acerca de las prioridades y las necesidades de implementación y apoyo en esta área... Colombia ha priorizado los siguientes elementos, donde los ejes principales son los puntos 3 y 4.*

1. Circunstancias nacionales
2. Riesgos y vulnerabilidad
3. Prioridades de adaptación en el marco de la NDC (metas)
4. Necesidades de apoyo requerido (desarrollo y transferencia de tecnología, financiamiento y creación/fortalecimiento de capacidades del país)."}

En relación con el sector transporte, el Plan Vías-CC, enmarcado en el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC), constituye el principal instrumento de adaptación al cambio climático en el sector transporte. Este plan presenta medidas concretas que

deben emprender las diversas entidades que integran el sector para integrar las variables climáticas desde la planificación hasta la operación de la red vial, las cuales deben ser revisadas y actualizadas cada cinco años.

De acuerdo con las necesidades de adaptación, el cemento ha demostrado su resistencia, durabilidad y disponibilidad como material de construcción que cuenta con las características adecuadas para los nuevos requerimientos.

Tal como plantea la CAF en su informe, revisado en el Capítulo 4, plantea que en el tema de carreteras se deben evaluar condiciones tales como lluvias intensas, islas calóricas, taludes y fortificaciones inadecuadas, que obligan a planificar las carreteras basadas en series estadísticas climáticas de hasta 70 años y no solo de 20 o 30 años como se ha hecho hasta ahora, por lo que los materiales con resistencia y durabilidad son centrales para estas nuevas tendencias en la planificación, siendo el cemento el material con las mejores ventajas comparativas para estos fines.

Los esfuerzos en adaptación también deben dirigirse hacia la vivienda, que en el caso de Colombia ha tenido importantes avances, pero aún mantiene déficits. Estas viviendas deberán ser diseñadas y construidas con nuevas características de resistencia para enfrentar fenómenos climáticos con gran poder de destrucción. Las viviendas construidas en cemento han demostrado un alto nivel de resiliencia para enfrentar estos nuevos requerimientos, dado que su materialidad asegura una mayor resistencia a lluvias y vientos de alta intensidad, temperaturas extremas y otros eventos naturales como terremotos, reduciendo significativamente el riesgo de pérdida, posicionándose como la solución más costo eficiente.

Las sequías e inundaciones son unos de los fenómenos para los cuales Colombia deberá adecuar su infraestructura. Se deberán considerar períodos de retorno mayores a los actuales para este tipo de eventos. Infraestructura tales como represas, canales, ductos, alcantarillados, plantas de tratamiento, puentes, entre otros, son indispensables para enfrentar estos eventos climáticos y para asegurar el uso sostenible del recurso hídrico. Además de su resistencia y durabilidad, el cemento cuenta con características de impermeabilidad y conducción, requisitos necesarios para este tipo de infraestructura. Nuevas necesidades asociadas a lluvias intensas han demostrado la versatilidad de la construcción en cemento, con la aparición de los pavimentos permeables, los que no solo aseguran una rápida evacuación de aguas lluvias, sino que además generan recargas hídricas en acuíferos subterráneos.

En conclusión, la industria cementera de Colombia deberá posicionar en todas las instancias nacionales el aporte del cemento a la adaptación al cambio climático, especialmente en materias de vivienda, pavimentos e infraestructura en general.

Para lo anterior, la industria contará con los papers que FICEM está elaborando: Vivienda Sostenible en concreto y Pavimentos Resilientes. Lo anterior implica elaborar planes que contengan acciones en los ámbitos de comunicaciones, investigación y desarrollo, como en el relacionamiento con las autoridades técnicas del país, para mejorar y fortalecer los códigos, normas o buenas prácticas en materia de construcción.



5.2

Mitigación de GEI y la Industria del Cemento

En materia de mitigación, tal como ya señalamos, las políticas climáticas de Colombia han definido en su NDC como meta la siguiente: “Emitir como máximo 169.44 millones de t CO₂ eq en 2030 (equivalente a una reducción del 51% de las emisiones respecto a la proyección de emisiones en 2030 en el escenario de referencia), iniciando un decrecimiento en las emisiones entre 2027 y 2030 tendiente hacia la carbono-neutralidad a mediados de siglo.”

En esta materia, los aportes de la industria de cemento no debieran limitarse a la contribución en la mitigación directa de gases GEI, sino que también debieran considerar el aporte en disminuciones de emisiones GEI por el uso del cemento en sectores tales como transporte, vivienda y residuos. En este último sector no sólo se aporta a la mitigación, sino también al aprovechamiento seguro y definitivo de residuos

mediante su valorización como combustibles y materias primas alternativas.

Particular interés tiene para Colombia mejorar su infraestructura en transporte terrestre, desde una perspectiva de adaptación, pero también como acción de mitigación. Lo anterior, puesto que implementar carreteras y caminos con estándares de alto desempeño ayudarán a disminuir la congestión vial y reducir sus emisiones de GEI asociadas, mejorando la calidad de vida de sus habitantes.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la ejecución de los pasos 3, 4 y 5, dentro de los que se destacan la línea base emisiones, reducciones alcanzadas y potencial de reducción al 2030, ejes de reducciones y tecnologías asociadas. Los antecedentes utilizados para realizar este ejercicio son los resultados obtenidos en el Reporte 2015, validado por PwC (Anexo 1), y la información disponible en la Calculadora FICEM.

5.2.1

Producción de cemento y emisiones de CO₂

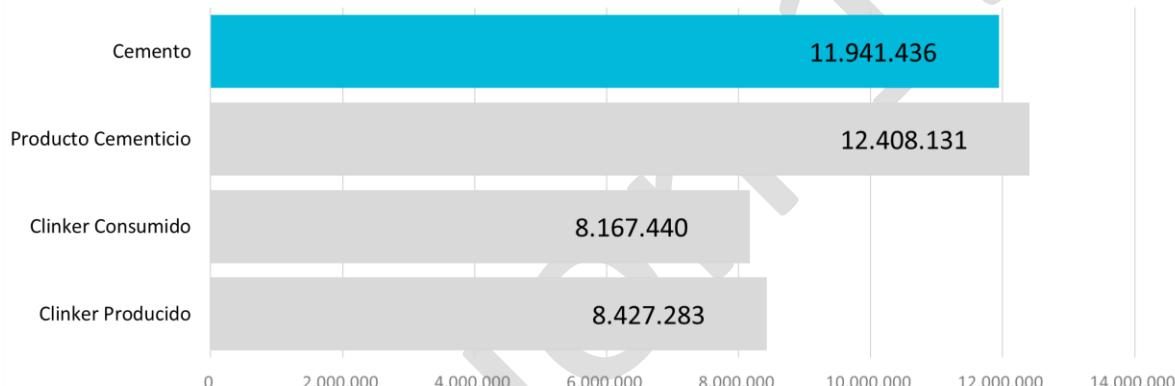
Producción de Cemento

De acuerdo con los sMRV, la producción de cemento de las empresas participantes en esta Hoja de Ruta, para el año 2015 fue de 11.941.436 toneladas, esto representa el 91% del total del cemento producido en el país (13 millones de toneladas aproximadamente, de acuerdo con la información de Cement Review). En este sentido, este Reporte cuenta con un alto porcentaje de

representatividad, el cual es superior, por ejemplo, a la representatividad alcanzada en GNR para la producción de cemento equivalente en Latinoamérica (72% en 2017).

La siguiente gráfica muestra los principales indicadores de producción para el año 2015.

Figura 24. Principales Indicadores de producción 2015 en toneladas por año



Se puede apreciar que existe mayor clínker producido que consumido (259.843 toneladas de clínker de diferencia). Esto puede ser producto de inventarios y/o ventas de clínker a empresas que no participaron en este Reporte (dentro o fuera de Colombia).

También podemos apreciar que existen 3.773.996 toneladas de cemento producidas por sobre el clínker consumido. Esto se produce por las adiciones agregadas al cemento.

5.2.2

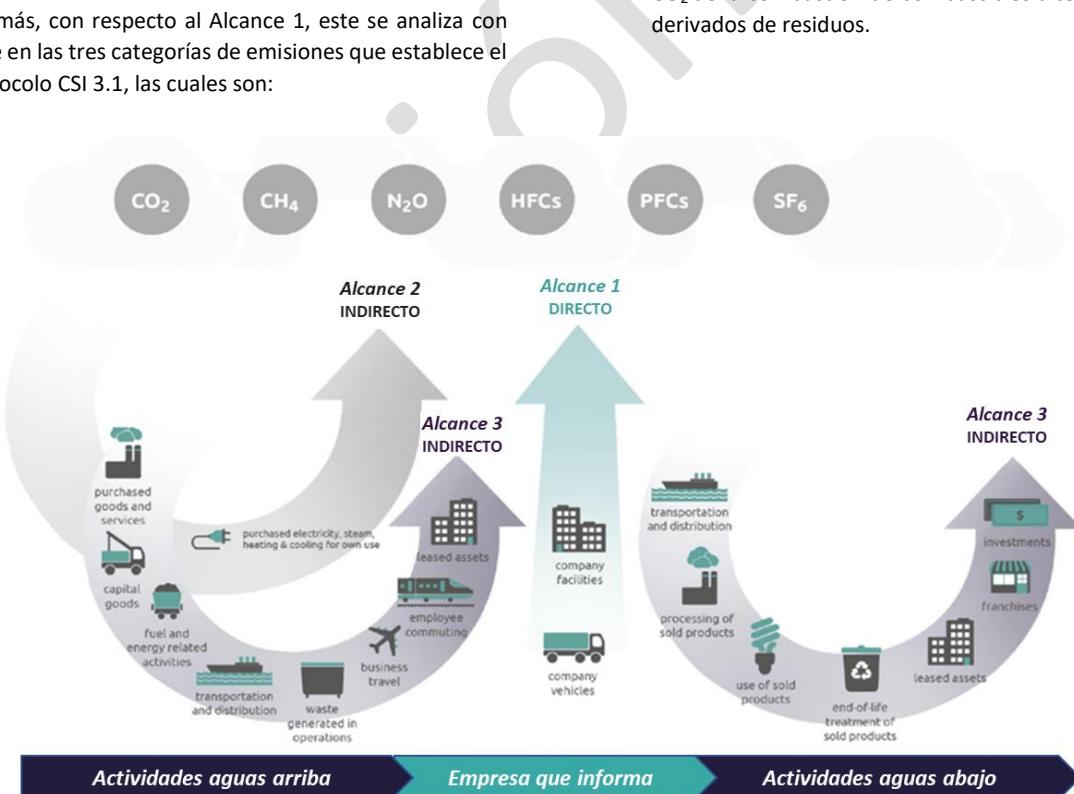
Emisiones de CO₂: Producto cementicio, Clínker y Cemento

Conocer las emisiones de CO₂ en sus distintos alcances y orígenes es fundamental para determinar las trayectorias pasadas y futuras de estas emisiones. Contar con la información desagregada facilita analizar las tecnologías disponibles, costos e inversiones, para definir de mejor manera los potenciales de reducción existentes.

A continuación, se analizan las emisiones para la producción de producto cementicio, clínker y cemento, considerando el Alcance 1 (emisiones directas) y Alcance 2 (generación eléctrica externa), tal como lo define el WBCSD.

Además, con respecto al Alcance 1, este se analiza con base en las tres categorías de emisiones que establece el Protocolo CSI 3.1, las cuales son:

- **Emisiones Directas:** son las emisiones provenientes de fuentes propias o controladas por la compañía. Las emisiones directas de CO₂ de la combustión de biomasa no se incluirán en el alcance 1, pero se reportarán separadamente, por ejemplo como una nota²³.
- **Emisiones Brutas:** son el total de emisiones directas de CO₂ de una planta o compañía, incluyendo el CO₂ de la parte fósil de los residuos usados como combustible, pero excluyendo biomasa y la emisión por generación eléctrica on-site.
- **Emisiones Netas:** Emisiones brutas menos todo el CO₂ de la combustión de combustibles alternativos derivados de residuos.



²³ WBSCD, CO₂ and Energy Accounting and Reporting Standard for the Cement Industry, Version 3.0, 2011

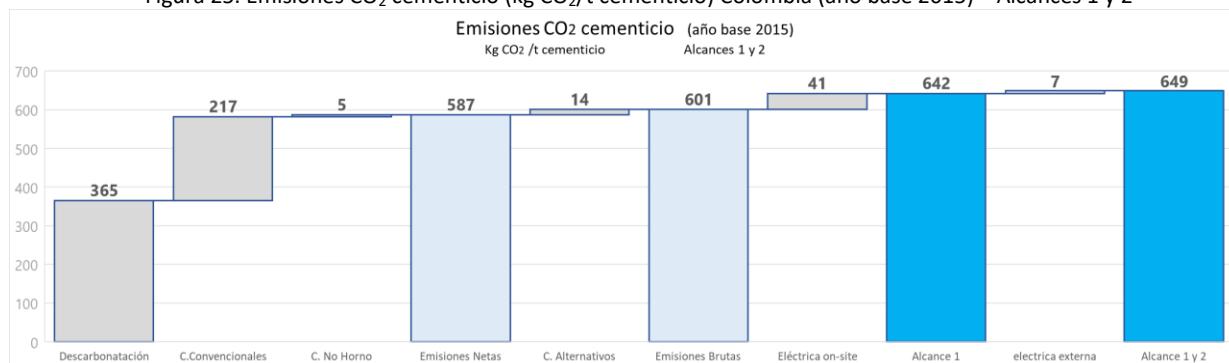
CO₂ en la producción de producto cementicio

El producto cementicio corresponde a la producción total de clínker, más la producción de los componentes minerales del cemento producido y sustitutos del cemento. De acuerdo con el Reporte, la producción de Producto cementicio en Colombia para el año 2015 fue de 12.408.131 toneladas.

En la siguiente figura se observan las intensidades de emisión de CO₂ desagregadas para la producción de producto cementicio.

Cabe destacar que el indicador de emisiones de CO₂ cementicio son una de las principales referencias de las trayectorias definidas en Roadmap CSI 2018 y los Papers ECRA 2017.

Figura 25. Emisiones CO₂ cementicio (kg CO₂/t cementicio) Colombia (año base 2015) – Alcances 1 y 2



Nota: Las emisiones derivadas de biomasa alcanzaron a los 3 kg CO₂/t cementicio y no se incluyen en la figura 25

Al comparar el aporte de emisiones en los Alcances 1 (642 kg CO₂/t cementicio) y Alcance 2 (7 kg CO₂/t cementicio), el 98.9% de las emisiones se concentran en el Alcance 1, porcentaje superior en relación con las referencias internacionales.

El aporte del Alcance 2 (generación eléctrica externa) representa tan solo el 1% de las emisiones, valor bajo en comparación al 5 al 8% de las estadísticas comparadas. Esto se debe principalmente a dos razones: (1) la alta autogeneración de energía eléctrica para las plantas de cemento en Colombia, lo que se puede ver reflejado en las emisiones de CO₂ para la energía eléctrica on-site (41

kg CO₂/t cementicio); y, (2) a la baja carga de CO₂ de la matriz eléctrica de Colombia (181 kg CO₂/MWh).

La descarbonatación es el proceso con mayor participación en las emisiones de ambos alcances: 57% de las emisiones Alcance 1 y el 56% de las emisiones Alcance 1 y 2.

Los combustibles convencionales y no horno representan el 34% de las emisiones Alcance 1, mientras que los combustibles alternativos representan tan solo el 2% de este mismo Alcance. Esto explica la baja diferencia entre Emisiones Netas y Brutas.

Tabla 7. Emisiones de CO₂ Cementicio Alcances 1, 2 y Biomasa (no contabilizada)

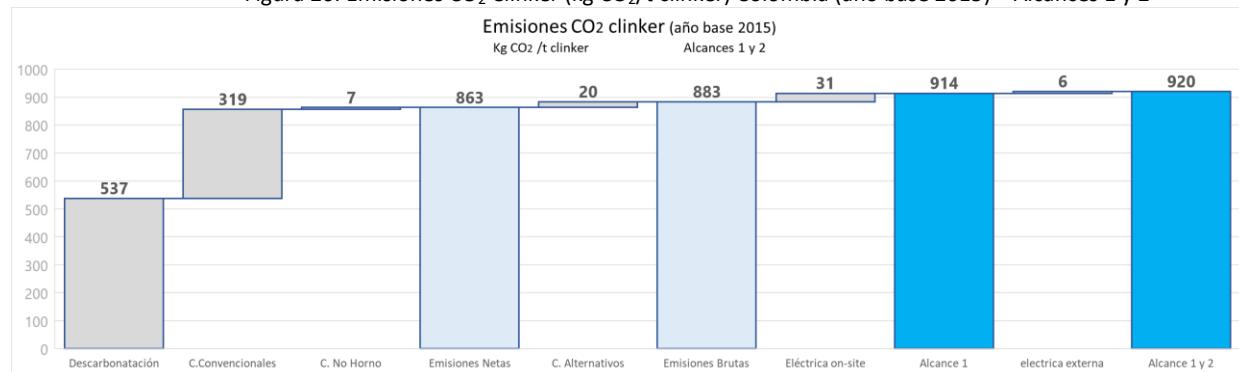
	kg CO ₂ /t cementicio	Toneladas	Participación
Alcance 1	642	7.962.298	99 %
Alcance 2	7	86.856	1 %
Biomasa	3	37.224	0,46 %

CO₂ en la Producción de Clínker

En la siguiente figura se observan las emisiones desagregadas de la producción de clínker. El clínker corresponde a la producción total de clínker en hornos propios, independiente del uso o destino.

De acuerdo con el Reporte, la producción de clínker para el año 2015 fue de 8.427.283 toneladas.

Figura 26. Emisiones CO₂ Clínker (kg CO₂/t clínker) Colombia (año base 2015) – Alcances 1 y 2



La intensidad de emisiones brutas es de 883 kg CO₂/t clínker, valor levemente superior al establecido por CSI como valor por defecto (865 kg CO₂/ ton clínker).

El Alcance 1 (914 kg CO₂/t clínker) representa el 99.4% del total de emisiones, mientras que el Alcance 2 (6 kg CO₂/t clínker) representa el 0.6%. Al igual que en el caso

de la producción de producto cementicio, esto se encuentra influenciado por las emisiones de la autogeneración de energía eléctrica on-site.

La mayor proporción de emisiones se concentra en el proceso de descarbonatación, alcanzando el 58% del Alcance 1 y también para ambos Alcances.

Tabla 8. Emisiones de CO₂ en toneladas Alcances 1, 2 y Biomasa (no contabilizada)

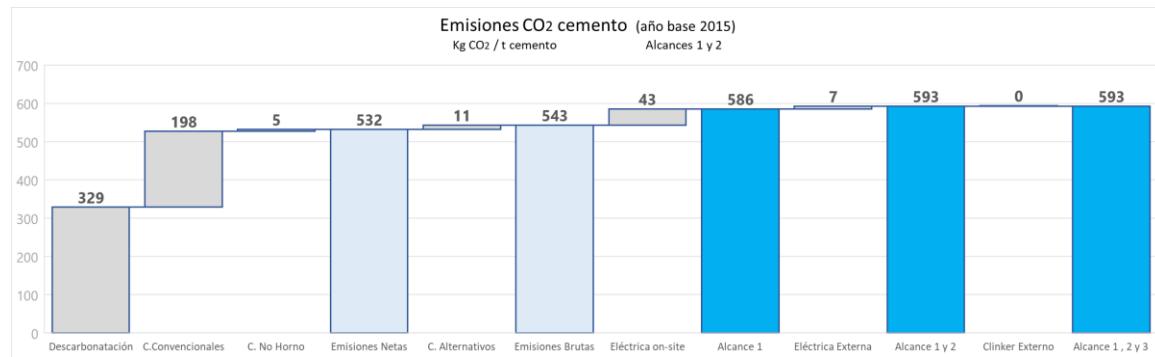
	kg CO ₂ /t clinker	Toneladas	Participación
Alcance 1	914	7.701.694	99 %
Alcance 2	6	51.406	1 %
Biomasa	4	33.709	0,43 %

CO₂ en la Producción del Cemento

Este indicador fue desarrollado por el sMRV FICEM y busca representar la huella de CO₂ del producto. En su Alcance 3, este indicador considera el aporte adicional de las emisiones de CO₂ del clínker externo, en la medida en que el clínker consumido sea mayor que el clínker producido, situación que no se registra en Colombia por lo que su valor es 0.

En la siguiente figura se muestran las distintas categorías de intensidad de emisiones de CO₂ en la producción de cemento, agrupadas por tipos (netas, brutas y directas) y por alcances 1, 2 y 3 de acuerdo con el sMRV FICEM.

Figura 27. Emisiones CO₂ cemento (kg CO₂/t cemento) Colombia (año base 2015) – Alcances 1, 2 y 3



Al comparar el aporte de emisiones en los Alcance 1 (586 kg CO₂/t cemento), Alcance 2 (7 kg CO₂/t cemento) y Alcance 3 (0 kg CO₂/t cemento), el 99% de las emisiones se concentra en el Alcance 1, lo que se explica además de la baja incidencia de la energía eléctrica, por el nulo aporte del Alcance 3.

Al igual que en los casos anteriores, el Alcance 2 tiene una baja participación (1%).

Es importante destacar que en el Alcance 3 existen otras emisiones no consideradas, por ejemplo, las emisiones "aguas arriba" (emisiones de la actividad minera, transporte de clínker y otras materias primas, preparación de combustibles, entre otras), y las emisiones "aguas abajo" (la distribución y el uso del cemento, principalmente).

Tabla 9. Emisiones de CO₂ en Toneladas Alcances 1, 2 y Biomasa (no contabilizada)

	kg CO ₂ /t cemento	Toneladas	Participación
Alcance 1	586	6.997.680	99 %
Alcance 2	7	83.590	1 %
Biomasa	3	35.824	0,51 %

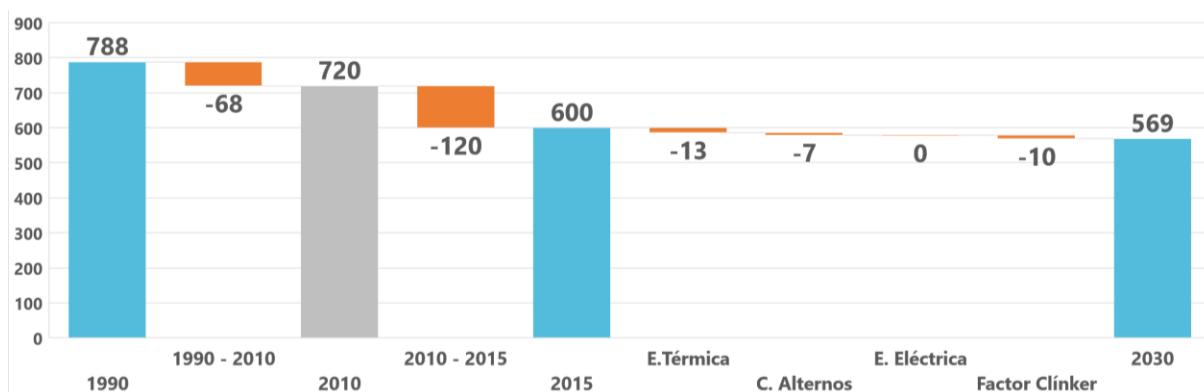
5.2.3

Reducción de emisiones y Potencial de Reducción por ejes

Como resultado del Taller de Potencial de Reducción en Colombia y la aplicación de la herramienta Calculadora FICEM (el módulo de los papers de la ECRA 2017 específicamente), se estimaron las reducciones de emisiones de CO₂ ya efectuadas por la industria del cemento colombiana hasta el año base 2015 y el Potencial de Reducción al año 2030.

Para este análisis se utilizó como indicador base las emisiones brutas de CO₂ año 2015 para la producción de producto cementicio Alcance 1. El valor del indicador local de intensidad de emisión bruta es de 600 kg CO₂/t cementicio.

Figura 28. Reducciones al 2010 y 2015 y Potencial de Reducción al 2030 (kg CO₂/t cementicio)



De acuerdo con la figura anterior, se puede apreciar que al 2015 la producción de cemento en Colombia ha logrado un 24% de reducciones con respecto a 1990, en un escenario sin implementación de los papers de la ECRA 2017.

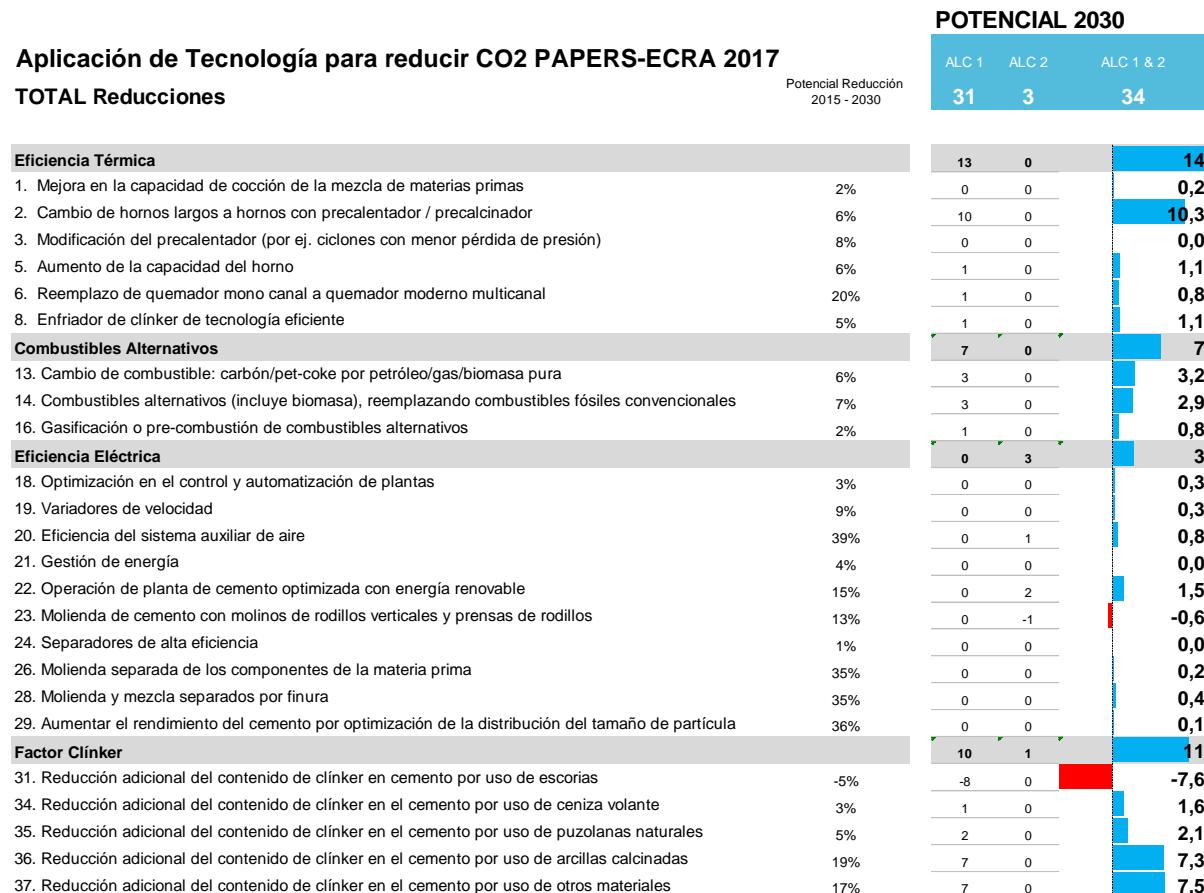
Considerando las tecnologías de reducción de emisiones implementadas al 2015, y evaluando la factibilidad técnica y económica de la implementación de nuevas tecnologías, se determinó un potencial de reducción al 2030 de 31 kg CO₂/t cementicio, lo que representa un 5% de reducción, con relación al 2015, adicional al 24% alcanzado al 2015.

Los aportes al potencial de reducción por eje al año 2030 son: Eficiencia Térmica con una contribución del 43%,

seguido del eje Factor Clíker con una contribución del 33%, y el Coprocesamiento (C. Alternos) con una contribución del 23%.

Respecto a los papers ECRA que contribuyen a las reducciones indicadas: (1) en el eje Eficiencia Térmica destaca el cambio de hornos largos a hornos con precalentador/precalcinado, (2) en el eje Coprocesamiento destaca el uso de combustibles alternativos (biomasa), petróleo o gas en reemplazo de combustibles fósiles convencionales, y (3) en el eje Factor Clíker destaca la participación de adiciones como las arcillas calcinadas y otras materias primas.

Figura 29. Potencial de reducción obtenida por cada paper aplicado desde el año base 2015 hasta el año 2030



Reducciones alcanzadas al 2015 por ejes para emisiones brutas

Considerando los criterios indicados, se modelaron las reducciones alcanzadas al año base 2015 en los siguientes ejes: Eficiencia Térmica, Eficiencia Eléctrica y Factor Clínker. En el siguiente gráfico se muestran las reducciones alcanzadas para cada uno de estos ejes y su aporte al indicador emisiones brutas, por lo cual no se

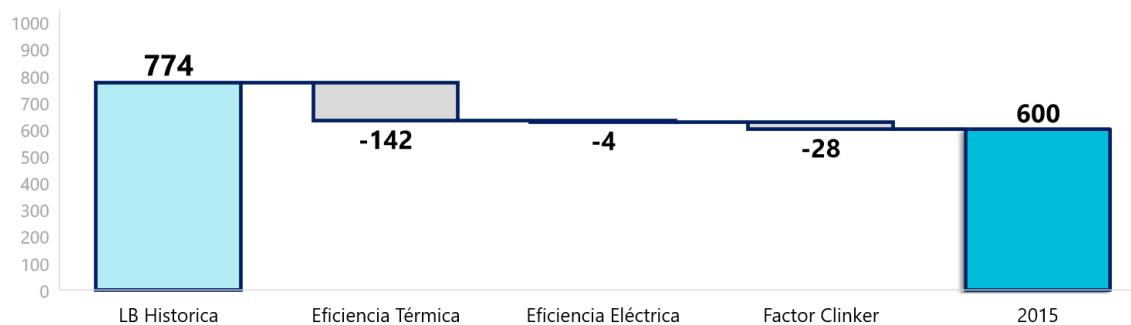
contabiliza la reducción de emisiones aportadas por el uso de combustibles alternativos fósiles.

Es importante reconocer el aporte que ha representado cada eje de reducción, lo que permite además focalizar los esfuerzos en materia de reducción de emisiones.

Figura 30. Reducciones alcanzadas al 2015 por eje (kg CO₂/t cementicio) – Emisiones Brutas

Reducciones alcanzadas al 2015 por eje

Kg CO₂ / Ton Cementitious. Emisiones Brutas



La Figura 30 indica las reducciones de emisiones Brutas para la producción de producto cementicio por eje. De acuerdo con ésta, el 82% de las reducciones se concentran en el eje Eficiencia Térmica, el 16% corresponde al Factor Clínker/cemento, un 2% corresponde al eje Eficiencia Eléctrica.

De acuerdo con la aplicación de la Calculadora FICEM, las principales tecnologías que contribuyen a esta reducción son resultado de: el cambio de hornos largos a hornos con precalentador/precalcinado, el enfriador de clínker con tecnología eficiente, la optimización en el control y automatización de plantas, y la participación de adiciones como las escorias granuladas de alto horno y otras materias primas.

Figura 31. Potencial de reducción obtenida por cada paper aplicado hasta el año 2015

ALCANZADAS 2015				
	Reducciones 1990 -2015	ALC 1	ALC 2	ALC 1 & 2
TOTAL Reducciones		179	2	181
Eficiencia Térmica				
1. Mejora en la capacidad de cocción de la mezcla de materias primas	1%	142,7	-0,8	142
2. Cambio de hornos largos a hornos con precalentador / precalcinador	66%	0,1	0,0	0,1
3. Modificación del precalentador (por ej. ciclones con menor pérdida de presión)	26%	109,5	0,8	110,3
4. Etapas de ciclones con precalentadores adicionales	2%	0,0	0,1	0,1
5. Aumento de la capacidad del horno	55%	0,1	0,0	0,1
6. Reemplazo de quemador mono canal a quemador moderno multicanal	81%	8,6	0,8	9,4
7. Enfriador de clínker de tecnología eficiente	87%	3,5	0,0	3,5
8. Enfriador de clínker de tecnología eficiente	87%	20,9	-2,6	18,3
Combustibles Alternativos				
13. Cambio de combustible: carbón/pet-coke por petróleo/gas/biomasa pura	3%	1,7	0,0	1,7
14. Combustibles alternativos (incluye biomasa), reemplazando combustibles fósiles convencionales	16%	6,5	-0,2	6,2
15. Pretratamiento de combustibles alternativos (molienda y secado)	13%	0,9	-0,1	0,8
Eficiencia Eléctrica				
18. Optimización en el control y automatización de plantas	38%	4,0	-0,2	3,8
19. Variadores de velocidad	74%	0,0	2,2	2,2
20. Eficiencia del sistema auxiliar de aire	10%	0,0	0,2	0,2
21. Gestión de energía	13%	0,0	0,0	0,0
22. Operación de planta de cemento optimizada con energía renovable	33%	0,0	3,3	3,3
23. Molienda de cemento con molinos de rodillos verticales y prensas de rodillos	44%	0,0	-2,1	-2,1
24. Separadores de alta eficiencia	98%	0,0	1,7	1,7
25. Optimización de los parámetros de funcionamiento de los molinos de bolas	83%	0,0	0,9	0,9
30. Uso optimizado de los aditivos para molienda	98%	0,0	0,7	0,7
Factor Clínker				
31. Reducción adicional del contenido de clínker en cemento por uso de escorias	10%	15,7	-0,3	15,5
32. Cementos y concretos de alto desempeño que reducen el CO ₂	4%	0,0	0,0	0,0
33. Impacto del factor de saturación de cal muy alto/muy bajo	50%	4,8	-4,3	0,5
34. Reducción adicional del contenido de clínker en el cemento mediante el uso de ceniza volante	1%	0,6	0,1	0,7
35. Reducción adicional del contenido de clínker en el cemento mediante el uso de puzolanas naturales	1%	0,4	0,0	0,4
36. Reducción adicional del contenido de clínker en el cemento mediante el uso de arcillas calcinadas	1%	0,4	0,0	0,4
37. Reducción adicional del contenido de clínker en el cemento mediante el uso de otros materiales	24%	10,6	0,3	10,9

5.3

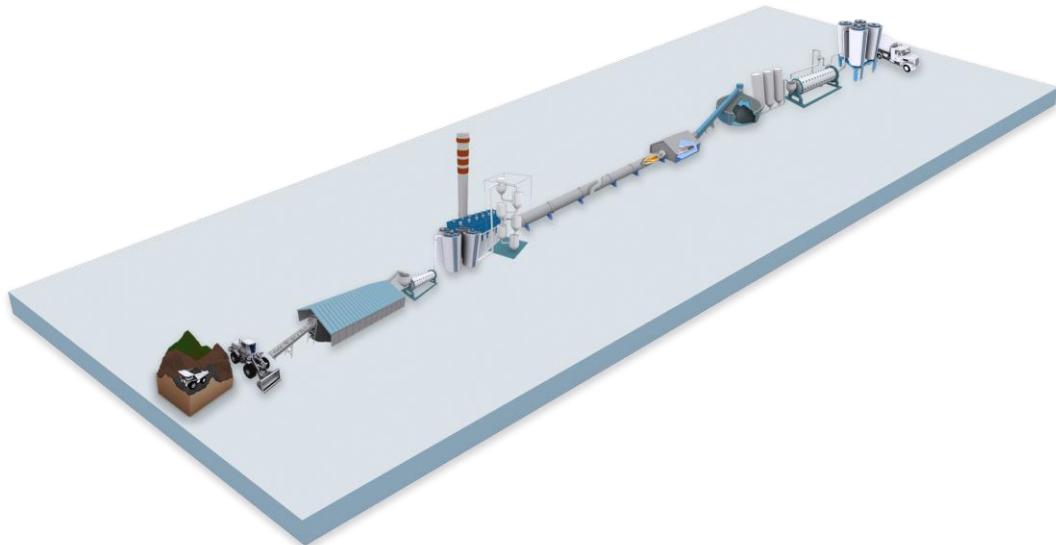
Análisis comparativo de los principales ejes HR

De acuerdo con lo establecido en la Hoja de Ruta FICEM, los principales indicadores que se utilizaron para determinar la trayectoria de las emisiones de CO₂ en la producción de cemento son: la intensidad de emisión de CO₂ en la producción de producto cementicio, el Factor Clínker, los Combustibles Alternativos, la Eficiencia Térmica y la Eficiencia Eléctrica. Estos indicadores son adicionales a los de producción de clínker, producto

cementicio y cemento, ya revisados previamente. Los ejes de captura y uso de CO₂ (CCU y CCS), no se consideraron en este documento por no existir estadísticas a nivel industrial en la región.

A continuación, se realizan los análisis comparativos a partir de la información disponible en GNR y del Roadmap CSI 2018.

Figura 32. Diagrama esquemático del proceso de fabricación de cemento



Comparativo Emisiones Brutas por unidad de producto cementicio Colombia versus GNR

Este indicador es considerado el más importante para comparar los factores de emisión de CO₂ para una planta de cemento, en él se representan las principales emisiones directas, en el cual no se consideran las emisiones derivadas de la generación eléctrica on-site ni de las emisiones de biomasa proveniente de los combustibles alternativos.

Pais / Región	Kg CO ₂ /t p. cementicio
Argentina	530
India	549
Austria	558
Alemania	564
Brasil	581
Chile	581
Latinoamérica	597
Colombia	600
República Dominicana	609
Macrozona FICEM	612
Francia	613
Polonia	625
Mundo	640
Central America	645
Reino Unido	652
China/Korea/Japan	657
Asia (n.e.c.)/Oceanía	663
Middle East	710
Tailandia	711
España	721
CIS	722
Egipto	742
Estados Unidos	753

Este indicador se representa en kilogramos de CO₂ emitidos versus las toneladas de producto cementicio producido. En el caso de Colombia, este indicador alcanza los 600 kg CO₂/t cementicio.

La siguiente figura muestra la comparación de las emisiones brutas por unidad de producto cementicio con otros países y/o regiones reportados en GNR.

De acuerdo con la figura, podemos mencionar que:

Colombia se encuentra en una situación intermedia con sus 600 kg /CO₂ t cementicio.

Este indicador es un 13% mayor que el país de más baja emisión (Argentina) y un 20% menor que el país de máxima emisión (Estados Unidos).

El promedio mundial reportado en GNR alcanzó los 640 kg/CO₂ t cementicio, y Colombia se encuentra un 5% bajo este promedio.

Si bien Colombia se encuentra en una buena posición en relación con las emisiones globales, el Roadmap CSI 2018 establece que la producción de cemento mundial deberá tener un promedio de 520 kg/CO₂ t cementicio al 2030, y de 370 kg/CO₂ t cementicio al 2050, constituyendo un gran desafío de mediano y largo plazo para la industria colombiana. Por ejemplo, alcanzar los 520 kg/CO₂ t cementicio al 2030 implica una reducción de un 13% con respecto a los valores 2019.

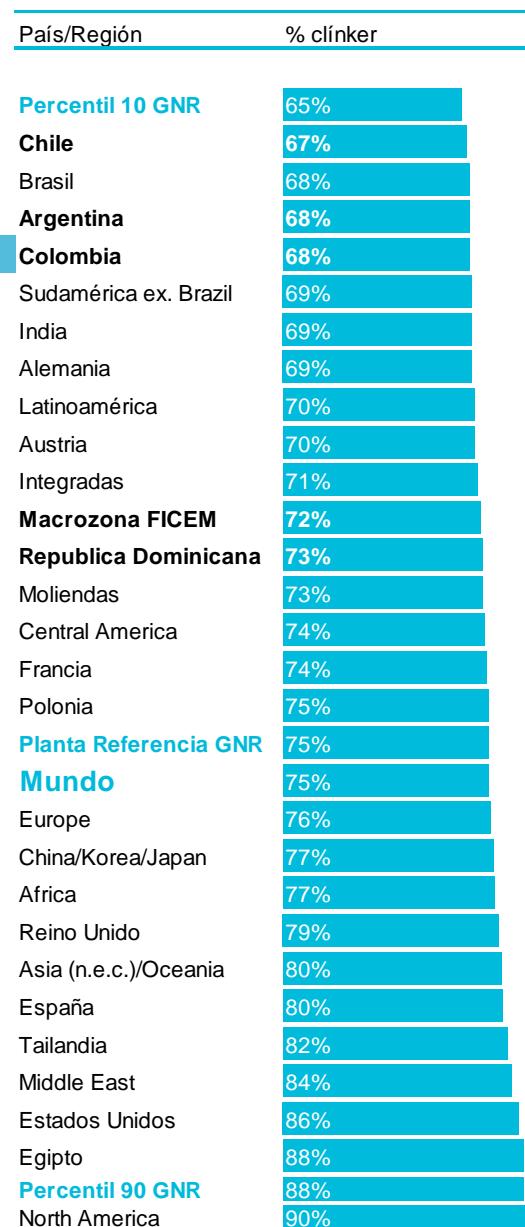
Nota: Estadística GNR año 2019

Los 600 Kg/CO₂ t cementicio de Emisiones Brutas por unidad de producto cementicio de Colombia se encuentran por debajo de la media mundial reportada en GNR (640 Kg/CO₂ t cementicio).

Al 2030, este indicador está 80 Kg/CO₂ t cementicio por sobre las metas del Technology Roadmap CSI (520 Kg/CO₂ t cementicio de intensidad de emisión) En esta línea, es importante seguir investigando nuevas tecnologías para la mitigación de emisiones.

Comparativo Factor Clínker/Cemento Colombia versus GNR

El Factor Clínker/Cemento se define como la razón entre la cantidad total de clínker consumido al año para producir cemento, independiente del origen del clínker, y la cantidad total de cemento producido al año.



Nota: Estadística GNR año 2015

De acuerdo con el Reporte, el Factor Clínker de Colombia es de un 68% promedio.

En la siguiente figura se compara el Factor Clínker de Colombia con países y regiones reportados en GNR.

De acuerdo con la figura podemos mencionar que:

El promedio de Colombia (68%) demuestra un mejor desempeño que la media reportada en GNR (75%), y se acerca a los países con mejor desempeño para este indicador.

En relación con las mejores plantas reportadas en GNR (percentil 10) de este indicador, Colombia está a solo 3 puntos porcentuales, lo que demuestra los esfuerzos realizados por Colombia en este eje de reducción.

Además, es importante destacar que este eje es responsable de casi el 37% de las reducciones totales proyectadas por CSI al año 2050, en donde cada punto de reducción equivale, aproximadamente, a una tonelada evitada de CO₂.

Este indicador no solo debe ser considerado en la producción de cemento, sino que también es relevante un análisis “aguas abajo” del uso del producto. Por ejemplo, si comparamos este indicador para Colombia con Estados Unidos, se observa un evidente mejor desempeño. Sin embargo, al analizar este último mercado, el alto porcentaje de clínker en el cemento se relaciona a la fabricación del cemento Portland, y la posterior dosificación de adiciones en la producción de concreto, por lo cual el efecto de reducción de CO₂ se alcanza en otro punto del ciclo de vida del cemento. Es importante considerar esta experiencia dado que, a futuro, y debido a la demanda de cemento de alto desempeño, este tipo de condición también podría replicarse en Colombia.

Tal como se ha documentado en las Hojas de Ruta de CSI, Brasil e India, es importante tener en consideración que reducir este indicador implica estrategias complejas para la industria. Las principales barreras son: mantener la calidad del producto, la disponibilidad de materias primas alternativas, los marcos regulatorios y la aceptación del mercado de estas mejoras tecnológicas.

En resumen, el 68% alcanzado en Colombia ha significado importantes disminuciones de CO₂. Las metas fijadas por la industria global del cemento al año

2030 y 2050 (64% y 60% respectivamente), plantean un desafío aún mayor en materias de tecnología e innovación para la industria colombiana. Sin embargo, en Colombia existe un déficit de infraestructura y requerimientos de construcción resiliente, lo que complejiza aún más estas proyecciones.

Estos antecedentes fueron considerados para la aplicación de los papers en el Taller de Potencial de Reducción.

El Factor Clíker de Colombia es del 68%, porcentaje que se encuentra por debajo de la Planta de Referencia de GNR (75%).

De acuerdo con la estimación de Potencial de Reducción al año 2030, la industria de Colombia deberá seguir aumentando el nivel de adiciones en el cemento. Lo anterior se transforma en el mayor desafío para mejorar este indicador, y se relaciona con los futuros requerimientos de calidad para el cemento.

En este sentido, se torna necesario evaluar las tecnologías determinadas por ECRA, las cuales pueden enfrentar las nuevas demandas de calidad sin incrementar significativamente la participación de clíker, por ejemplo, por medio de moliendas separadas de los componentes, o la producción de arcilla calcinada como adición al cemento.

Comparativo Coprocesamiento Colombia versus GNR

El Coprocesamiento se define como la razón entre la cantidad total de energía térmica asociada a combustibles alternativos y biomasa utilizada al año, y la cantidad total de energía térmica utilizada al año considerando solo las plantas integradas.



Nota: Estadística GNR año 2015

En Colombia, el Factor de Coprocesamiento es de un 7,5%.

En la siguiente figura se compara el porcentaje de coprocesamiento de Colombia con países y regiones reportados en GNR.

De acuerdo con la figura, podemos mencionar que:

El promedio de Colombia (7,5%) se encuentra muy por debajo de la media mundial reportada por GNR (16%).

Colombia se encuentra en el grupo de países o regiones con bajo promedio de coprocesamiento. Por ejemplo, Medio Oriente e India no superan el 4%, y Sudamérica tiene un porcentaje de Coprocesamiento de 8%. Los países de mejor desempeño superan ampliamente el 40%, destacándose Austria y Alemania con indicadores de 76% y 66% respectivamente.

Considerando que el 7,5% de Coprocesamiento se encuentra muy por debajo de la media mundial de GNR, y por debajo de las proyecciones de CSI 2030 y 2050 (17,5 y 30% respectivamente), existe un importante potencial de reducción para Colombia en este eje de reducción. Además, este eje no sólo aporta a la reducción de CO₂, sino que también es una alternativa segura a la eliminación final de residuos mediante su valorización energética. Por ello, todas las Hojas de Ruta de la Industria del Cemento consideran este eje como prioritario dado su doble beneficio ambiental.

Se debe considerar que lograr estos niveles de coprocesamiento no solo depende de la industria. La experiencia internacional ha demostrado que la disponibilidad presente y futura de los residuos, los marcos regulatorios y los costos logísticos asociados, influyen en los distintos alcances que pueda tener el nivel de coprocesamiento.

En resumen, el eje de Coprocesamiento, dado el bajo porcentaje de Colombia, representa una gran oportunidad. De acuerdo con los modelos desarrollados en la calculadora FICEM, solo incorporando el 10% de residuos sólidos urbanos que se encuentran a una distancia máxima de 100 Km de las plantas para

América Latina y El Caribe, el coprocesamiento alcanzaría un 21% y para el caso de las llantas fuera de uso, si se incorporara solo la mitad de estas llantas a nivel nacional el coprocesamiento alcanzaría un 7%. Este potencial de coprocesamiento de un 28% (RSU a 100 Km y 50% de Llantas fuera de uso) podría ser aún mayor si se incorpora un porcentaje superior al 50% de llantas o se aumenta la distancia de recolección a más de 100 Km.

El porcentaje de Coprocesamiento de Colombia (7,5%) es bajo comparado con la media mundial reportada en GNR. La brecha es aún mayor al compararlo con las metas del Technology Roadmap CSI 2030 y 2050 (17,5% y 30% respectivamente).

Es importante destacar los logros alcanzados por Alemania y Austria, que, de acuerdo con estudios realizados por FICEM, están relacionados con políticas públicas que han incentivado la valorización de residuos y desestimulado los rellenos sanitarios.

La importancia de este eje no solo radica en el alto potencial de reducción de CO₂ disponible, sino que también en la eliminación segura de residuos.

Pese a estos logros, la industria del cemento debe seguir promoviendo la aprobación de marcos normativos que apoyen el coprocesamiento como un mecanismo esencial para impulsar la economía circular, además de evaluar la disponibilidad futura de residuos y la consideración de los costos logísticos asociados.

Comparativo Consumo Térmico Macrozona versus GNR

El Consumo Térmico se define como la razón entre el consumo térmico total en horno de todas las plantas integradas de un país o Macrozona, y la cantidad total de clínker producido. El Consumo Térmico promedio

de Colombia es de 3885 MJ/t Clínker, indicador aplicable sólo a las Plantas Integradas.

En la siguiente figura se compara el consumo térmico de Colombia con países y regiones reportados en GNR.



Nota: Estadística GNR año 2015

De acuerdo con la figura, podemos mencionar que:

Colombia tiene un Consumo Térmico superior (3885 MJ/t Clínker) al promedio global de las plantas GNR (3510 MJ/t). En el caso del promedio de Latinoamérica GNR (3626 MJ/t), Colombia se encuentra por encima.

De acuerdo con el Reporte Colombia, existe una gran heterogeneidad en el desempeño de las plantas. Por un lado, la planta con mejor desempeño alcanza los 3.082 MJ/t clínker, valor muy cercano al percentil 10 de GNR, lo que indica un excelente indicador de eficiencia energética. Y, por otro lado, la planta con peor desempeño alcanza los 8.612 MJ/t clínker, valor por debajo del percentil 90 de GNR.

Con respecto a las tecnologías de referencia para este eje, los papers de la ECRA establece que procesos secos, precalcinator, precalentador de ciclones de múltiples etapas y quemadores multicanal, aseguran los mejores niveles de rendimiento energético disponibles (3.0-3.4 GJ/t clínker). Además, estos papers indican que estas modernizaciones ocurren por condiciones de mercado y/u obsolescencia de equipos, tal como lo señala también la Hoja de Ruta de CSI.

En relación con lo anterior, se puede proyectar que al 2030 existirá un mejoramiento de este indicador debido al proceso de modernización de las plantas de cemento en Colombia.

Se debe tener en cuenta que la implementación de otros ejes de reducción, como coprocesamiento, pueden aumentar el consumo de energía térmica. Por ejemplo, un mayor uso de combustibles alternativos (del 6% al 30% a nivel mundial para 2050 en el 2DS), con un contenido calórico generalmente más bajo, resulta en un aumento de la demanda de energía térmica específica de

Clínker (un adicional de 0.11 GJ / t a nivel mundial para el 2050).

Las inversiones asociadas no se justifican exclusivamente para reducir CO₂, debido al alto nivel de inversiones y al bajo impacto en la disminución de emisiones de CO₂.

El Consumo Térmico de Colombia (3885 MJ/t Clíker) se encuentra por encima de la Planta de Referencia de GNR. Cabe destacar que el Percentil 10 de GNR es de 3000 MJ/t.

Este nivel de consumo térmico se encuentra por sobre las metas del Technology Roadmap CSI 2030 y 2050 (3300 y 3100 MJ/t clinker, respectivamente).

Este eje es clave en los potenciales al año 2030, como resultado de la modernización de hornos y el uso de materias primas descarbonatadas.

Comparativo Consumo Eléctrico Colombia versus GNR

El Consumo Eléctrico se define como la suma del consumo eléctrico de la producción de la parte de clínker que se utiliza para producir cemento, y el consumo eléctrico en usos no clínker, todo dividido por la producción de cemento de la planta.



Nota: Estadística GNR año 2015

El Consumo Eléctrico de Colombia para plantas integradas es de 99 kWh/t cemento.

En la siguiente figura se compara el consumo eléctrico de Colombia con países y regiones reportados en GNR.

De acuerdo con la figura, podemos mencionar que:

Colombia tiene un Consumo Eléctrico que se encuentra bajo el promedio de la planta de referencia de GNR Latinoamérica (104 kWh/t cemento).

CSI estima que las reducciones de emisiones de CO₂ en el eje Consumo Eléctrico pueden ser del orden del 3%. En esta línea, Colombia, al contar con un indicador similar al de la Planta de Referencia GNR, debiese contar con una potencial reducción de CO₂ en este orden de magnitud. La incidencia de este eje es marginal en comparación con el Coprocesamiento y el Factor Clínker.

Se debe tener presente que la implementación de otros ejes de reducción puede aumentar el consumo de energía eléctrica en el futuro. La captura de CO₂, por ejemplo, de las plantas de cemento en el 2DS a nivel mundial da como resultado 15 - 19 kWh /t de cemento adicionales.

Con respecto al suministro de energía eléctrica, el caso de Colombia es atípico en comparación con las referencias internacionales, ya que existe un alto porcentaje de autogeneración, por lo cual existe mayor control de la matriz eléctrica.

Lo anterior podría ser una ventaja para transformar esta matriz a una compuesta principalmente por energías renovables, tradicionales y no convencionales. Como lo señala el Roadmap de CSI 2018, se recomienda impulsar

el uso de energía eléctrica generada por fuentes renovables en la Plantas, especialmente, en las unidades de molienda que son las más adecuadas para usar energía renovable, debido a la flexibilidad en las horas de operación durante el día.

En resumen, los 99 KWh/t cemento alcanzados en Colombia y el bajo factor de emisión de CO₂ del promedio de energía consumida (181 kg CO₂/MWh), proyectan un menor potencial de reducción de CO₂ en este eje.

Colombia posee un Consumo Eléctrico (99 KWh/t cemento) que se encuentra bajo la planta de referencia de GNR (104 kWh/t cemento), y bajo el promedio de Latinoamérica (104 kWh/t cemento).

De acuerdo CSI, este eje no tiene aportes relevantes a las reducciones de CO₂ al año 2030. No obstante, es importante impulsar el consumo de energía eléctrica proveniente de fuentes de bajo nivel de emisiones de CO₂.

En resumen, con relación a los principales puntos analizados en el presente capítulo, podemos indicar que:

La industria del cemento deberá seguir posicionando al cemento como el material de construcción con mayor resiliencia para la necesaria adaptación a los efectos del cambio climático que se requiere en Colombia, dado que la Adaptación ha sido considerada como prioritaria en todas las políticas climáticas de este país

Ejemplo de lo anterior son las necesidades de vivienda e infraestructura vial de Colombia, desafíos en los cuales la Industria del Cemento puede contribuir con su experiencia y conocimiento en los códigos y diseños de construcción sostenible.

Destacamos la significativa reducción alcanzada en la intensidad de emisiones de CO₂ en la producción de cemento en Colombia al año 2015, que es del orden del 24% con relación al año 1990. Lo anterior, fue logrado, principalmente, por las acciones efectuadas en los ejes Eficiencia Térmica y Factor Clínker.

El Potencial de Reducción al año 2030 se proyecta en un 5% respecto al año 2015. Este Potencial se encuentra enfocado principalmente en los ejes Eficiencia Térmica, Factor Clínker y Combustibles Alternativos.

La industria del cemento deberá seguir impulsando el Coprocesamiento y el uso de biomasa, por ser uno de sus principales ejes disponibles para seguir reduciendo emisiones de CO².

Además, el Coprocesamiento genera el doble beneficio ambiental de la reducción de CO₂ y

el aprovechamiento seguro de residuos. Por ello, la industria del cemento debe seguir apoyando la aprobación de marcos normativos que fomenten el coprocesamiento como un mecanismo esencial para el desarrollo de la economía circular.

Otra de las ventajas de la construcción en cemento es el aporte a las reducciones de GEI indirectas debido a la durabilidad (por ejemplo: carreteras) y eficiencia térmica (por ejemplo: viviendas), que, además, contribuyen a mejorar la calidad de vida.

Se debe considerar la interacción entre los ejes en la reducción de emisiones de CO₂, en donde no siempre existe adicionalidad. Por ejemplo, (1) incrementar la actividad del coprocesamiento puede significar pérdidas en la eficiencia térmica; e (2) aumentar el uso de adicionales tales como escoria pueden implicar un mayor consumo eléctrico.

Todos estos análisis se basan en la aplicación del sMRV y Calculadora FICEM que aportan a la confiabilidad y representatividad de la información.

Es importante destacar que en el proceso de la elaboración de esta Hoja de Ruta ha existido un diálogo permanente con las autoridades con competencia ambiental, lo que ha contribuido a que el sector cemento sea evaluado de acuerdo con sus reales potenciales de mitigación de GEI.

6

Acciones y Compromisos Hoja de Ruta

Acciones y Compromisos Hoja de Ruta Colombia - FICEM - PROCEMCO

1. Hacer seguimiento permanente a los indicadores locales que permitan determinar con mayor precisión las brechas y oportunidades para alcanzar los potenciales de reducción en la industria nacional, manteniendo el nivel de cobertura de la industria con las plantas en funcionamiento en el país.
2. Mantener el sistema de monitoreo, reporte y verificación del sector del cemento (MRV) utilizado en este ejercicio, de acuerdo al estándar IPCC-2006 o sus actualizaciones, para garantizar la consistencia de la información. De acuerdo a lo planteado internamente en el comité de sostenibilidad de PROCEMCO, se harán actualizaciones anuales de la información.
3. Impulsar, en conjunto con las partes interesadas, la colaboración nacional e internacional para el despliegue de las mejores tecnologías disponibles para la mitigación de CO₂ en la industria cementera.
4. Actualizar, a nivel de plantas de cemento, las evaluaciones de las tecnologías bajas en carbono, como el desarrollo de planes de acción para aumentar la velocidad y escala de su implementación.
5. Apoyar el desarrollo de una política de residuos que reconozca y recompense los beneficios del coprocesamiento y su aporte al despliegue de la Economía Circular en Colombia. Para lo anterior la industria se compromete a alcanzar los niveles de coprocesamiento acordados con el Gobierno Nacional del 15% al año 2030, siempre y cuando cuente con el apoyo del mismo en actualizar las políticas de gestión de residuos y las normas habilitantes que deben ser actualizadas.
6. Seguir promoviendo la sustitución parcial del clínker por adiciones como la puzolana, escorias de alto horno, cenizas volantes, entre otros, para disminuir la emisión de CO₂ por toneladas de cemento.
7. Fomentar el establecimiento de regulaciones y estándares que permitan el uso permanente de adiciones en el cemento, por ejemplo, mediante el apoyo de las Autoridades al uso benéfico de las cenizas volantes en el cemento y en el concreto..
8. Desarrollar investigaciones que permitan a la industria de Colombia determinar las acciones para alcanzar la meta de emisión directa de 569 kCO₂/t cemento para el año 2030, establecida en la hoja de ruta del país, con un mercado total estimado por el Gobierno para ese año cercano a los 22 millones de toneladas de cemento
9. La industria del cemento deberá seguir posicionando al cemento como el material de construcción de mayor resiliencia para la necesaria adaptación a los efectos del cambio climático que se requiere en Colombia, desafíos en los cuales la Industria del Cemento puede contribuir con su experiencia y conocimiento en los códigos y diseños de construcción sostenible.

- 10.** Por último, la industria del cemento de Colombia por intermedio de PROCEMCO, deberá seguir trabajando para que el conocimiento técnico del sector en relación a los avances de sostenibilidad sean divulgados y sigan siendo tenidos en cuenta dentro de los compromisos y las posibilidades que el país tiene para la reducción de emisiones tanto al año 2030 como en las metas de largo plazo al año 2050.

7

Referencias Bibliográficas

Referencias Bibliográficas

- *Actualización de la Contribución Determinada a Nivel Nacional de Colombia*, Comisión Intersectorial de Cambio Climático, CICC, 2020.
- *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*, CMNUCC, Acuerdo de París, 2015
- *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*, CMNUCC, 1992
- *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*, CMNUCC, Manual, 2006
- *CO₂ and Energy Accounting and Reporting Standard for the Cement Industry*, 2011, World Business Council for Sustainable Development, WBCSD, 2011.
- *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero del 2006*, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, IPCC, 2006
- *FICEM Hoja de Ruta CO₂*, 2017: *Hacia una Economía baja en Carbono*, Federación Interamericana del Cemento, 2017.
- *Getting the Numbers Right*, The Cement Sustainability Initiative, CSI, Cement Industry Energy and CO₂ Performance: ver [GNR Project www.gccassociation.org](http://www.gccassociation.org), 2020
- *Guía de buenas prácticas para la adaptación de las carreteras al clima CAF*, Banco de Desarrollo de América Latina, CAF, 2018
- *Ley de cambio climático 1931/2018*, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, 2018
- *"Low Carbon Technology Partnerships initiative - Cement"*, Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible, WBCSD, 2015
<http://docs.wbcsd.org/2015/11/LCTPi-Cement-Report.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia,
<https://www.minambiente.gov.co/>
- *MRV 101: Understanding Measurement, Reporting, and Verification of Climate Change Mitigation*, World Resources Institute, WRI, 2016

- *Papers Tecnológicos*, Academia Europea para Investigación del Cemento, ECRA 2017
- *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático*, Departamento Nacional de Planeación, DNP, 2012
- *Plan Nacional de Desarrollo, 2010-2014*, Departamento Nacional de Planeación, DNP, 2011
- *Política Nacional de Cambio Climático*, 2017, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017
- *Primer Informe Bienal de Actualización de Colombia ante la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático*, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, 2015.
- *Protocolo de Gases Efecto Invernadero*, World Business Council for Sustainable Development, WBCSD / World Resources Institute, WRI, 2001
- *Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, IPCC, 2013
- *Technology Roadmap de CSI: Transición a una Industria del cemento baja en carbono*, Iniciativa para la Sustentabilidad del Cemento, CSI, 2018

Anexos

Anexo 1

Informe Colombia Validado



INFORME DE REVISIÓN DE LOS PROFESIONALES INDEPENDIENTES

Santiago, 3 de diciembre de 2020

Señora María José García Jaramillo
Directora Ejecutiva
Federación Interamericana del Cemento (FICEM)

Hemos revisado el "Reporte País Colombia 2015", adjunto, proporcionado por FICEM, por el año terminado al 31 de diciembre de 2015. La Administración de FICEM es responsable por la preparación y presentación del "Reporte País Colombia 2015", de acuerdo a los criterios establecidos en el "Protocolo de procesamiento, agregación y validación de datos FICEM" adjunto. Nuestra responsabilidad consiste en expresar una conclusión sobre el "Reporte País Colombia 2015" a base de nuestra revisión.

Nuestra revisión fue efectuada de acuerdo con Normas de Atestiguación emitidas por el Colegio de Contadores de Chile A.G. Tales normas requieren que planifiquemos y realicemos la revisión con el objeto de lograr una seguridad limitada respecto de si cualquier modificación significativa debiera realizarse al "Reporte País Colombia 2015" para que éste esté de acuerdo con los criterios establecidos en el "Protocolo de procesamiento, agregación y validación de datos FICEM". Una revisión tiene un alcance substancialmente menor al de un examen, cuyo objetivo es lograr un razonable grado de seguridad si el "Reporte País Colombia 2015" está de acuerdo con los criterios establecidos en el "Protocolo de procesamiento, agregación y validación de datos FICEM", en todos sus aspectos significativos, para así poder expresar una opinión. En consecuencia, no expresamos tal tipo de opinión. Consideramos que nuestra revisión nos proporciona una base razonable para nuestra conclusión.

Como parte de nuestra revisión realizamos, entre otros, los siguientes procedimientos:

- constatación que los datos utilizados en el "Reporte País Colombia 2015" son consistentes con la información reportada por:
 - Cemex: Plantas Bucaramanga, Clemencia, Ibagué, Santa Rosa y Cúcuta.
 - Argos: Plantas Yumbo, Tolviejo, Sagamoso, Río Claro, Nare, Cartagena y Cairo.
 - Holcim: Planta Nombsa.
 - Tenquedama: Planta Suesca.

A base de nuestra revisión, no tenemos conocimiento de cualquier modificación significativa que debiera realizarse al "Reporte País Colombia 2015", proporcionado por FICEM, por el año terminado al 31 de diciembre de 2015, para que éste esté de acuerdo con los criterios establecidos en el "Protocolo de procesamiento, agregación y validación de datos FICEM".

Colin Becker

PwC Chile, Av. Andrés Bello 2711 - piso 5, Las Condes – Santiago, Chile
RUT: 81.513.400-1 | Teléfono: (56 2) 2940 0000 | www.pwc.cl

Reporte País/Macrozona

País/Macrozona	Colombia
Año datos	2015
Reporte:	sMRV FICEM 006 CO 2015
Fecha reporte	jueves, 24 de septiembre de 2020

I. Producción

Cemento

1. Cemento Producido	11,941,436	ton cemento/año
2. Cementitious Producido	12,408,131	ton cementitious/año

Clinker

1. Producido	8,427,283	ton Clinker/año
2. Consumido	8,167,440	ton Clinker/año

II. Emisión Específica CO₂

Alcance 1

D I R E C T A S	B R U T A S	N E T A S	KgCO ₂ /ton clinker	Kg CO ₂ /ton cementitious	KgCO ₂ /ton cemento
		1. Descarbonatación	537	365	329
		2. Horno Combustibles Convencionales	319	217	198
		3. Otros Combustibles (secado, móviles)	6.9	4.7	4.9
		4. Horno Combustibles Alternativos	20	14	11
		5. Combustible Gen. Eléctrica on-site	31	41	43
		6. Combustible Biomasa (CO ₂ neutral)	4	3	3
		Netas	863	586	532
		Brutas	883	600	544
		Directas	914	641	586

Alcance 2 Electricidad Externa

6.1	7	7
-----	---	---

Alcance 3 Clinker Externo o Stock

NA	NA	0
----	----	---

Solo cuando Clinker consumido > Clinker producido, donde FE=865[KgCO₂/ton clinker]

Alcance 1 + Alcance 2 + Alcance 3

921	648	593
-----	-----	-----

Informe

sMRV FICEM | 006 | CO | 2015

Generado con

Calculadora CO₂ FICEM de acuerdo al "Protocolo de procesamiento, agregación y validación de datos FICEM" disponible en www.ficem.org



OMNISCIEN

Página 1 de 2

FICEM HojadeRutaCO₂

Reporte País/Macrozona

País/Macrozona	Colombia
Año datos	2015
Reporte:	sMRV FICEM 006 CO 2015
Fecha reporte	jueves, 24 de septiembre de 2020

III. Indicadores Técnicos

	Promedio ponderado	Mínimo	Máximo	
1. Factor Clinker	68%	57%	74%	%
2. Consumo Térmico Plantas Integradas	3,885	3,082	8,612	MJ/ton Clinker
3. Coprocesamiento	7.5%	0.0%	28.2%	%
Factor Emisión Promedio Combustibles	87	56	110	Kg CO ₂ /GJ
4. Consumo Eléctrico (todas las plantas)	103	43	207	
Plantas Integradas	108	79	207	KWh/ton cemento
Moliendas	51	43	56	
Factor Emisión Red Eléctrica	181	123	367	Kg CO ₂ /MWh

