

# Hoja de Ruta Net Zero 2050

**Cemento y  
Hormigón**

**Argentina**



UNITED NATIONS  
INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION

**NET ZERO**  
PARTNERSHIP



Global Cement and Concrete  
Association



FEDERACIÓN INTERAMERICANA DEL CEMENTO



Asociación de Fabricantes  
de Cemento Portland



# Índice

3

## CAPÍTULO 1.

INDUSTRIA DEL CEMENTO Y  
HORMIGÓN ARGENTINA

8

## CAPÍTULO 2.

MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN  
AL CAMBIO CLIMÁTICO

11

## CAPÍTULO 3.

TRAYECTORIA 2030

14

## CAPÍTULO 4.

TRAYECTORIA 2050

- TRAYECTORIA NET ZERO 2050 ARGENTINA
- ESCENARIO EMISIONES CO<sub>2</sub>E 2050
- EJE 01 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN
- EJE 02 EFICIENCIA PRODUCCIÓN HORMIGÓN
- EJE 03 CEMENTO Y ADICIONES
- EJE 04 EFICIENCIA TÉRMICA
- EJE 05 COMBUSTIBLES FÓSILES TRADICIONALES
- EJE 06 COPROCESAMIENTO DE COMBUSTIBLES DERIVADOS DE RESIDUOS FÓSILES
- EJE 07 COPROCESAMIENTO DE BIOMASAS Y METANO EVITADO
- EJE 08 HIDRÓGENO (H<sub>2</sub>)
- EJE 09 CAPTURAS TECNOLÓGICAS (CCUS) Y DE LA NATURALEZA (SBN)
- EJE 10 CONSUMO ELÉCTRICO BAJO EN CARBONO
- EJE 11 RECARBONATACIÓN NATURAL

43

## CAPÍTULO 5

IDEAS FUERZA / CONCLUSIONES  
ACCIONES / COMPROMISOS

47

GLOSARIO Y REFERENCIAS

51

ANEXOS





## Industria del Cemento y Hormigón

# ARGENTINA



## PRESENTE Y FUTURO DE LA INDUSTRIA DEL CEMENTO Y HORMIGÓN

El cemento y el hormigón han cumplido un rol fundamental en el desarrollo de nuestra civilización, siendo materiales clave en el progreso a lo largo de la historia hasta su uso masivo en la actualidad, transformándose en el segundo recurso más consumido después del agua, aportando a construcciones duraderas, seguras y sostenibles que han transformado la vida humana.

Actualmente el consumo global de cemento supera los 4.000 millones de toneladas anuales. Edificios, viviendas asequibles, carreteras, puentes, embalses y otras infraestructuras esenciales son la muestra del aporte del cemento y hormigón, al desarrollo y mejoramiento de la calidad de vida de la sociedad moderna.

En este contexto global, la industria argentina del cemento se ha posicionado como un actor clave, destacándose por su compromiso con la calidad, la sostenibilidad y el desarrollo económico y social del país.

La industria argentina del cemento no solo es un pilar esencial para el desarrollo de infraestructuras, sino que también ha logrado avances tecnológicos y en materia de sostenibilidad comparables a los de los países más desarrollados del mundo.

Año tras año, el sector renueva sus esfuerzos para ofrecer un producto de alta calidad, incorporando mejoras continuas en la cadena de producción que garantizan la excelencia del cemento y hormigón, de acuerdo con los más altos estándares internacionales.

Actualmente, la producción total de cemento en Argentina supera las 12 millones de toneladas anuales, siendo su capacidad instalada de producción de cemento superior a las 18 millones de toneladas, distribuidas en 16 plantas industriales correspondientes a 4 empresas. Actualmente, el despacho de cemento en bolsas es el principal canal de distribución, representando aproximadamente un 53% del total. En cuanto al consumo per cápita de cemento, en el año 2023 alcanzó 268 kg/habitante.

Con respecto a las emisiones de CO<sub>2</sub> de la industria del cemento, éstas superaron las 6 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, considerando las emisiones directas asociadas a la producción de clínker y cemento, y las emisiones indirectas, asociadas al consumo de energía eléctrica, representando menos del 2% del total de emisiones de GEI de acuerdo al Informe BUR 2021 para Argentina.

Otro indicador relevante corresponde a la emisión específica de CO<sub>2</sub> por tonelada de cemento, la que alcanzó los 507 kgCO<sub>2</sub>/tcm netas en 2023, cifra significativamente inferior a la media global (598 kgCO<sub>2</sub>/tcm) y al promedio de América Latina y el Caribe (580 kgCO<sub>2</sub>/tcm).

Esto fue logrado gracias a la implementación de acciones concretas por parte de la industria, tales como: reducción del contenido de clínker en el cemento, uso de combustibles bajos en emisiones de carbono, uso de energías renovables, valorización energética de residuos y mejoras tecnológicas, entre otras medidas.

En el segundo informe de su Contribución Nacionalmente Determinada (NDC), del año 2020, la República Argentina se comprometió a una meta no condicionada, aplicable a todos los sectores de la economía, de no exceder las 349 MtCO<sub>2</sub>e en el año 2030. Según el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del año 2024, el sector Procesos industriales y uso de productos, aporta con un 6% de las emisiones totales nacionales.

Para seguir avanzando en la descarbonización del país, se ha desarrollado esta Hoja de Ruta Net Zero al 2050, siendo un esfuerzo colaborativo entre las compañías productoras de cemento en Argentina (Cementos Avellaneda, Holcim Argentina, Loma Negra, PCR); la Asociación de Fabricantes de Cemento Portland (AFCP); la Federación Interamericana de Cemento (FICEM); la Asociación Global del Cemento y Concreto (GCCA) y la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI).

Esta Hoja de Ruta se alinea con los objetivos climáticos del Acuerdo de París y representa el aporte a nivel local para evitar que la temperatura de la Tierra aumente por sobre los 2°C, y con los mayores esfuerzos posibles, limitarlo a 1.5°C, en referencia al promedio de la era preindustrial.

La visión utilizada para elaborar esta Hoja de Ruta se basa en la metodología aplicada por FICEM para la elaboración de su Hoja de Ruta 2050 hacia la Carbono Neutralidad y el Net Zero Accelerator Program, liderado por GCCA.

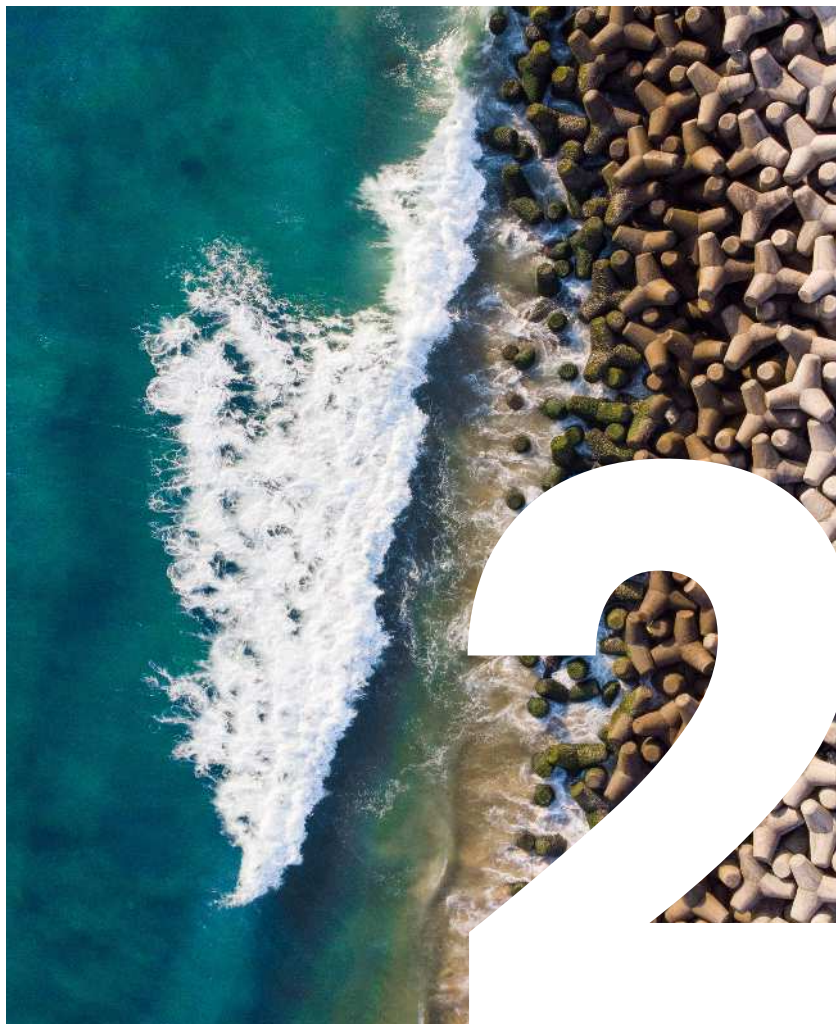
Las acciones realizadas para alcanzar la trayectoria planteada en este documento, consideraron recolección y análisis de estadística de alta integridad, talleres presenciales con los actores más relevantes de la industria, participación de la academia, especialistas internacionales y expertos de ONUDI, entre otras.





Esta Hoja de Ruta se alinea con los objetivos establecidos en el Acuerdo de París y representa el aporte de nuestra industria a la agenda climática local y global.





UNITED NATIONS  
INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION

NET ZERO  
PARTNERSHIP



# Mitigación y Adaptación

Al Cambio Climático



## MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático aumenta la frecuencia e intensidad de eventos extremos como inundaciones, sequías, olas de calor, incendios, nevadas y cambios en lluvias. Estos fenómenos afectan gravemente a comunidades, ecosistemas y economías, comprometiendo la seguridad alimentaria, la salud, la infraestructura y el desarrollo económico sostenible a nivel global y local.

Según un informe del clima en Argentina, del año 2024, la temperatura media del país superó el promedio de 1991-2020 por 0,54°C. Esto posiciona al 2024 como el segundo año más cálido desde 1961, compartiendo puesto con 2017 y 2020. El centro-oeste argentino fue la zona más afectada por la sequía, con condiciones que se agravaron en septiembre por la falta de precipitaciones y altas temperaturas. Esto favoreció la ocurrencia de incendios en varias provincias.

Durante el 2024, las provincias patagónicas fueron protagonistas de intensas nevadas, con una notable cobertura de la región sur entre mayo y julio, que alcanzó más del 60%.

Con respecto a mitigación, la NDC de Argentina fija como compromiso que las emisiones netas no superen los 349

MtCO<sub>2</sub>eq en 2030, frente a los 366 MtCO<sub>2</sub> registrados en 2018 según el BUR 2021. Este objetivo absoluto e incondicional se aplica a todo el territorio nacional y a todos los sectores económicos. Las principales fuentes de emisiones son Energía (51%), AFOLU (39%), Procesos Industriales (6%) y Residuos (4%), reflejando los principales desafíos de mitigación del país.

Esta Hoja de Ruta considera medidas para reducir emisiones, tanto en el sector de Procesos Industriales, como en el sector Energía, y además, el aporte a evitar y/o remover emisiones en los sectores de Residuos y AFOLU.

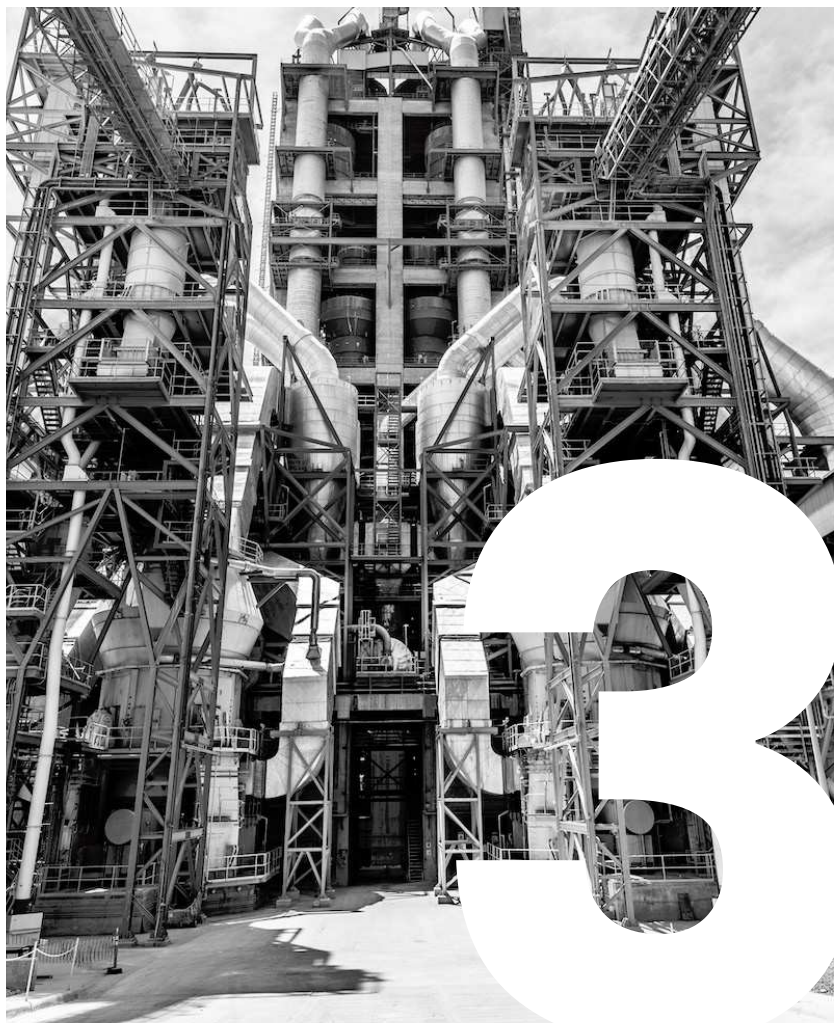


Con respecto a la adaptación al cambio climático, esto implica anticipar sus impactos para minimizar sus efectos negativos sobre los sectores más vulnerables, como la agricultura, la salud, el agua y las infraestructuras, al mismo tiempo que se fortalecen las capacidades de respuesta del país mediante la implementación de políticas, medidas y acciones.

Esta Hoja de Ruta considera la importancia de generar códigos de construcción que aseguren la adaptación de la infraestructura que incluyan los eventos extremos producto del cambio climático en Argentina.

Para enfrentar esta problemática, se trabaja en marcos regulatorios, tales como la Ley 27.520, que establece presupuestos mínimos para la adaptación y mitigación al cambio climático, y el Plan Nacional de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático al 2030, que sintetiza las políticas del país en esta materia.





# Trayectoria 2030



# Metas 2030 Cemento



Estar bajo los 500 kilogramos de CO<sub>2</sub> Net por tonelada de cemento se establece como la meta para las emisiones directas al año 2030, en línea con los objetivos planteados en los Roadmap Net Zero de GCCA y FICEM al 2050.

Alcanzar esta meta, o superarla, está condicionada a contar con marcos regulatorios habilitantes para tecnologías y productos bajos en carbono, además de apoyo en financiamiento internacional para las inversiones requeridas.

## Contexto

Actualmente, las emisiones netas alcanzan los 507 kgCO<sub>2</sub>/tcm (AFCP - 2023) en contraste, con los 612 kgCO<sub>2</sub>/tcm del año 1990 (Estadística GNR, en ausencia data AFCP), lo que corresponde a un 18% de reducción, siendo una de las emisiones específicas más bajas a nivel regional y global.

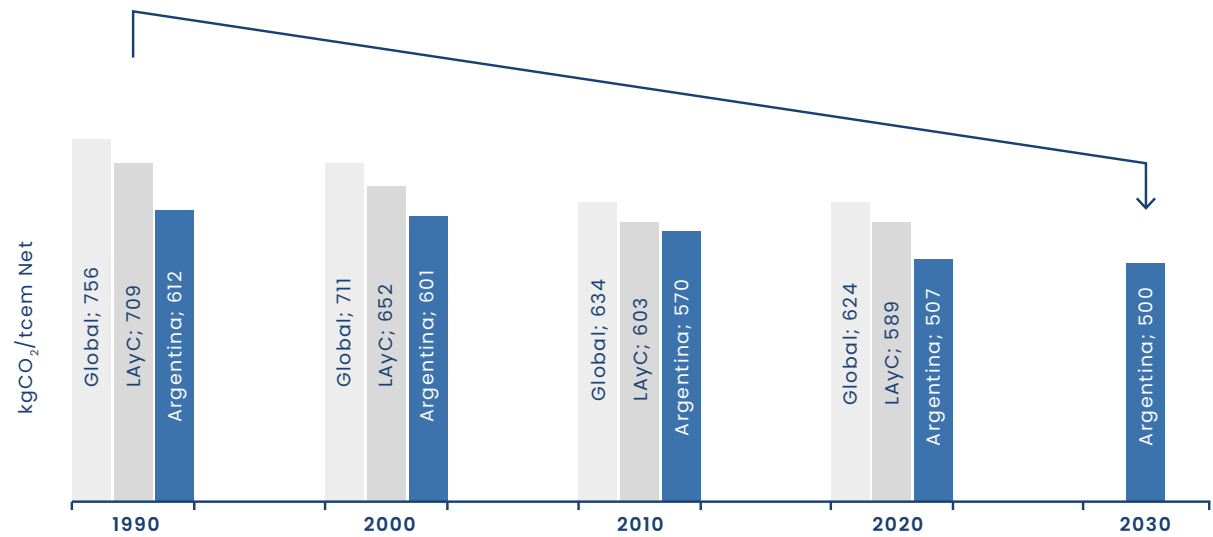
En este contexto, para alcanzar la meta propuesta, se debe seguir reduciendo el contenido de clínker en el cemento, seguir priorizando el uso de combustibles fósiles tradicionales bajos en carbono y aumentar la participación energética del coprocesamiento en la matriz de combustibles.

## Desafíos

- Reconocimiento de esta meta y sus condiciones de cumplimiento por las distintas partes interesadas.
- Alcanzar un 10%, o más, de coprocesamiento de residuos en hornos cementeros al año 2030.
- Reducir al 67,5% el factor clínker en Argentina, considerando que actualmente este indicador alcanza un 68%.
- Implementar sistemas de medición, reporte y verificación de datos de alta integridad para el seguimiento de los indicadores establecidos en esta Hoja de Ruta.

# OPORTUNIDADES

- Liderar dentro del sector industrial las agendas de mitigación de GEI y de economía circular a nivel nacional.
- Contribuir con el coprocesamiento a una solución segura e integral para el manejo de los residuos.
- Seguir modernizando las plantas con tecnologías más avanzadas y eficientes, permite reducir el consumo de energía; mejorar la productividad, reducir costos operativos, entre otros.
- Aportar con productos bajos en carbono para el sector construcción.



El gráfico muestra las emisiones netas del cemento en distintos años, según reporte en GNR y estadística local y HR FICEM. Se puede observar que en Argentina no sólo se ha ido reduciendo las emisiones; las emisiones reportadas el año 1990 ya eran menores en comparación al nivel global y regional. En este sentido, se observa que para el año Línea de Base, Argentina ya presenta niveles cercanos a los 500 kgCO<sub>2</sub>/tcem, correspondiente a las metas 2030

# MEDIDAS HABILITANTES

- Normas que permitan el aumento de adiciones en los distintos tipos de cemento, sin comprometer la calidad final.
- Regulación de gestión de residuos que reconozca e incentive el coprocesamiento.
- Normas de compras públicas que incentiven el uso de cemento bajo en carbono.
- Códigos de construcción que aseguren diseños, materiales y prácticas para la resiliencia climática.



# Trayectoria 2050





# ELABORACIÓN DE TRAYECTORIA NET ZERO ARGENTINA 2050

La AFCP, en conjunto con FICEM y con el apoyo de ONUDI, desarrolló esta trayectoria 2050 con la participación de las 4 Compañías productoras en Argentina (Cementos Avellaneda, Holcim, Loma Negra, y PCR).

A continuación, se destacan las principales actividades realizadas para la elaboración de esta trayectoria.

## **Modelo para la trayectoria Net Zero:**

Para asegurar un análisis sistémico y que incluyera el ciclo de vida completo del cemento y el hormigón, con relación a sus emisiones de CO<sub>2</sub>e se utilizó como base la metodología GCCA Roadmap Template ECRA y su adecuación a la realidad regional y local, implementada en la Hoja de Ruta FICEM.

## **Referencias internacionales:**

La trayectoria se basó en documentos publicados por organizaciones tales como: el panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), la Agencia Internacional de Energía(AIE), GCCA (Global Cement and Concrete Association), Mission Possible Partnership(MPP) y Getting the Numbers Right (GNR).

## **Estadísticas:**

La trayectoria consideró las estadísticas disponibles en la base de datos global GNR, data proporcionada por las Compañías y otras fuentes de información relevantes.

## **Investigación académica y tecnológica:**

este trabajo se basó en investigaciones y asesorías de expertos en materias y tecnologías clave para la descarbonización en la producción de cemento, como valorización de residuos y economía circular, metano evitado en rellenos, soluciones basadas en la naturaleza, recarbonatación, entre otras.



Emisiones 2050

• Diseño, Construcción y Hormigón

• Factor Clinker y Coprocesamiento

• Electricidad Carbono Neutral

• Recarbonatación

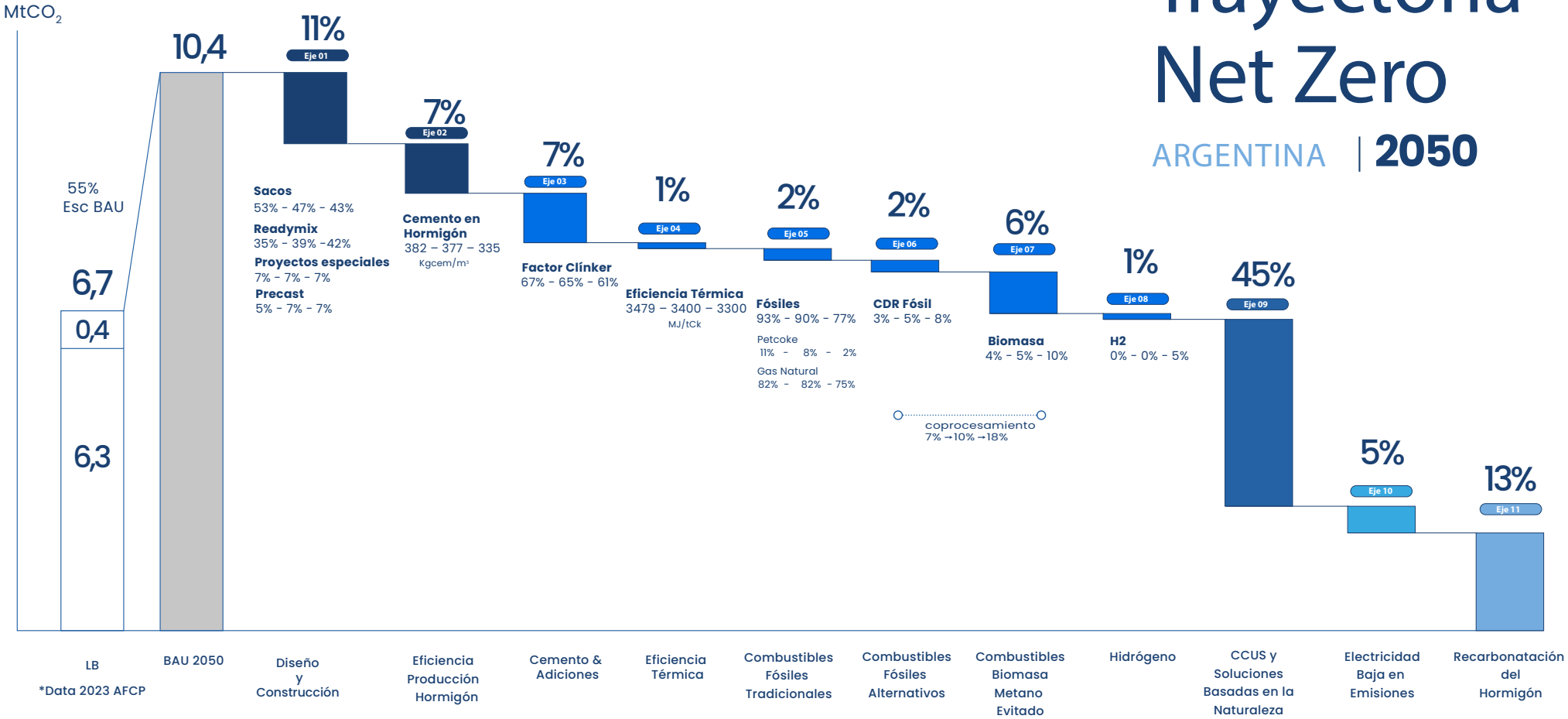
# Línea Base CO<sub>2</sub> 11 Ejes de Descarbonización

Esta **Trayectoria Carbono Neutral 2050** se elaboró basada en el Accelerator Program del Roadmap GCCA Net Zero Cement & Concrete 2050, usando los antecedentes de la Hoja de Ruta CN FICEM 2024, Hoja de Ruta Argentina al 2030 y estadísticas a nivel regional y local.



# Trayectoria Net Zero

ARGENTINA | 2050



# ESCENARIO EMISIONES CO<sub>2</sub>e 2050



Las emisiones proyectadas al año 2050 se calculan a partir de la línea base de emisiones al año 2020 (año 2023 de Referencia\*, en adelante LB), y el incremento de producción de cemento al 2050 sin eficiencias (55%), según escenario BAU (Business as Usual), que significa producir y utilizar bajo las mismas condiciones actuales en el 2050.

Las emisiones LB fueron 6,7 MtCO<sub>2</sub>, considerando emisiones directas (6,3 MtCO<sub>2</sub>) e indirectas del uso de energía eléctrica (0,4 MtCO<sub>2</sub>). Al año 2050, se consideró un aumento del 55% del consumo de cemento, llegando a 19,5 Mt de cemento, lo que significaría 10,4 MtCO<sub>2</sub> de emisiones totales BAU.

## Contexto

Argentina registró 6,7 millones de toneladas de emisiones de CO<sub>2</sub> (LB) provenientes de la industria cementera, considerando emisiones de clínker y energía eléctrica. Ese mismo año, la producción nacional alcanzó 12,6 Mt, mientras que el consumo per cápita fue de 268 kg, cifra que se ubica muy por debajo de la media global de 540 kg cem/hab. Según AFCP (2023), las emisiones de Argentina llegaron a 507 kgCO<sub>2</sub>e/tcem, marcando una posición favorable frente al promedio global del sector, que alcanzó 598 kgCO<sub>2</sub>e/tcem.

### \* Nota

El año de comparación establecido por la industria, y otros sectores, es el año 2020, pero por ser un año particular, producto de la pandemia del COVID, los datos corresponden al año 2023, según datos aportados por las Compañías a AFCP.

## Desafíos

- Reconocer en las políticas públicas, especialmente en las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDCs), los avances ya alcanzados por la industria del cemento y hormigón en Argentina en la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>e, y asegurar que estos logros sean incluidos y valorados en los marcos regulatorios.
- Compatibilizar el proceso de descarbonización del sector con el crecimiento esperado de la demanda de cemento en el país, producto del déficit de construcción existente y de la necesidad de infraestructura básica y resilientes.
- Desarrollar un MRV de alta integridad para cuantificar las emisiones de CO<sub>2</sub>e en el ciclo de vida del cemento.

Escenario Emisiones Co2e 2050

Oportunidades

- Fortalecer los inventarios nacionales de GEI mediante MRV del cemento y hormigón, apoyando políticas climáticas.
- Evaluar con mayor precisión la fuga de carbono causada por importaciones, resguardando empleo y la competitividad de la industria local.
- Impulsar marcos regulatorios habilitantes para la descarbonización, favoreciendo la circularidad y la transición justa frente el escenario actual.

ESCENARIO EMISIONES		LB
Emisiones Calcinación	[kgCO <sub>2</sub> /tc]	525
Emisiones TOC	[kgCO <sub>2</sub> /tc]	11
Emisiones Comb. Fosiles	[kgCO <sub>2</sub> /tc]	201
Emisiones CDR Fósil (Neutral)	[kgCO <sub>2</sub> /tc]	8
Emisiones Biomasa (Neutral)	[kgCO <sub>2</sub> /tc]	14
FE Clínter BAU	[kgCO <sub>2</sub> /tc]	737
Clínter BAU	[Mt]	8,5
Cemento BAU	[Mt]	12,6
Emisiones CO <sub>2</sub> Línea de Base	[Mt]	6,3

\*Tabla 1: Emisiones Cemento Argentina

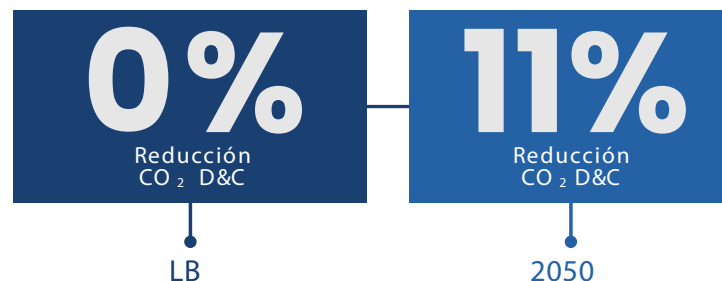
MEDIDAS HABILITANTES

- Reconocer a la industria del cemento en las políticas públicas climáticas de Argentina como un sector difícil de descarbonizar e intensivo en CO<sub>2</sub> (hard to abate sector), siendo éste un sector estratégico para el desarrollo del país.
- Lo anterior, acorde con las experiencias internacionales de referencia, de acuerdo al tratamiento de los sectores EITE (Sectores de altas emisiones y expuestos al comercio) que busca evitar la fuga de carbono Contar con un MRV específico para el sector, reconocido por la autoridad y que cumpla con los estándares internacionales que refleje las emisiones reales del sector.



# EJE 01

## DISEÑO & CONSTRUCCIÓN



La construcción continúa enfrentando un uso ineficiente del hormigón debido a diseños conservadores, normativas restrictivas, falta de optimización en proyectos, escasez de mano de obra especializada, prácticas constructivas ineficientes (incluidas las artesanales) y factores sociales, culturales y económicos, que limitan el aprovechamiento de las prestaciones del material.

Para revertir esta situación, resulta esencial mejorar la especificación y gestión de proyectos, adoptar prácticas constructivas más eficientes, seleccionar hormigones según criterios de desempeño ambiental, y emplear sistemas estructurales adecuados, incluidos los industrializados. Asimismo, la reducción y reutilización de residuos de construcción, junto con la extensión de la vida útil de las estructuras, contribuyen a disminuir el CO<sub>2</sub> embebido. El uso del cemento en soluciones industrializadas es un eje estratégico para optimizar recursos y avanzar hacia la reducción global de emisiones en el sector al 2050.

### Contexto

El diseño, proyecto y construcción aún no internalizan de forma sistemática criterios de reducción de CO<sub>2</sub>e embebido por m<sup>2</sup> construido, debido a la falta de una práctica afianzada, incentivos efectivos y recursos técnicos ampliamente difundidos.

Las normas técnicas, códigos y reglamentos son mayormente prescriptivos, se actualizan con baja frecuencia y restringen la innovación. La informalidad y las técnicas constructivas artesanales limitan la eficiencia en el uso de materiales y suelen generar más residuos. La fragmentación de la cadena de valor y de la toma de decisiones exige una colaboración amplia entre proyectistas, diseñadores, especificadores, inspectores y contratistas para lograr optimizaciones en diseño y proyecto.

### Desafíos

- Impulsar la construcción industrializada en hormigón, fortaleciendo el uso de herramientas como Lean Design, BIM e IA aplicada.
- Superar barreras normativas y regulatorias que limitan el uso de materiales y soluciones de baja huella de carbono.
- Ampliar la difusión y uso en tecnologías innovadoras y prácticas de refuncionalización y extensión de la vida útil de estructuras existentes.
- Promover decisiones de clientes, proyectistas y especificadores basadas en reducción de CO<sub>2</sub>e, incluida una mayor coordinación en toda la cadena de valor y toma de decisiones informadas.

Grupo A

18%

Eje 01 Diseño y Construcción

Oportunidades

- Mejorar la productividad y la calidad del empleo en la construcción mediante nuevas tecnologías, industrialización y mayor profesionalización.
- Incrementar eficiencia operativa en proyectos de construcción.
- Disminuir uso de recursos no renovables mediante reciclaje y valorización de escombros de construcción, favoreciendo la economía circular.
- Reducir costos de construcción en viviendas e infraestructura a través de una mayor eficiencia, permitiendo ampliar el acceso y cerrando brechas de desarrollo.

Medida para la eficiencia D&C	Potencial	Factibilidad
Diseño para larga vida en servicio y extensión de vida útil	Alto	Baja
Uso de Lean Design, BIM e IA en diseño, proyecto y gestión	Alto	Media
Especificar resistencia del hormigón a 56 o 90 días	Medio	Media
Prefabricación y otras soluciones de industrialización	Medio	Baja
Prescripción diferenciada del hormigón según función estructural	Medio	Media
Análisis de Ciclo de Vida para las construcciones	Medio	Media
Especificación precisa del volumen de hormigón, sin desperdicio	Medio	Alta
Reducción y reúso de residuos de construcción y demolición	Medio	Alta
Criterios de diseño basados en desempeño	Medio	Baja
Mejores prácticas de construcción (recubrimientos, compactación, curado)	Bajo	Media
Estructuras postensadas para grandes luces	Bajo	Baja

Tabla 2: Medidas del eje de Diseño y Construcción

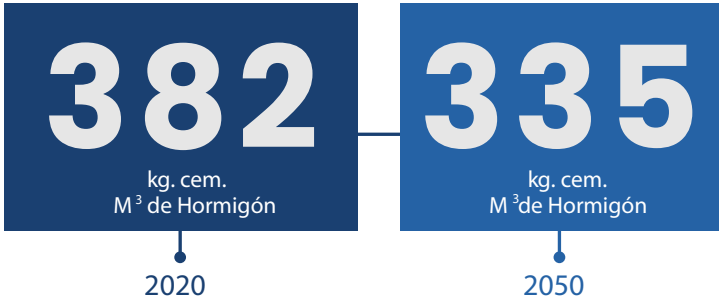
MEDIDAS HABILITANTES

- Ampliar el uso de herramientas para modelar, cuantificar y reportar la huella de carbono en todo el ciclo de vida de las construcciones, y asistir el diseño estructural identificando mejoras en CO<sub>2</sub> embebido.
- Crear un benchmark nacional de CO<sub>2</sub> embebido y consensuar metas de reducción progresiva.
- Impulsar certificaciones verdes accesibles y de baja complejidad técnica.
- Facilitar incentivos fiscales y financieros para proyectos con atributos sostenibles.
- Desarrollar guías y formación profesional para diseño optimizado, resiliente y extensión de vida útil, articulando gobierno, academia, sector y proveedores.
- Actualizar periódicamente normas técnicas, reglamentos CIRSOC, pliegos y códigos de edificación, como habilitadores de nuevas soluciones para la descarbonización.
- Establecer marcos regulatorios efectivos para recuperar, gestionar y reciclar residuos de construcción y demolición.
- Actualizar normas técnicas para productos prefabricados y promover la estandarización de procesos y productos en la construcción.

\*Detalles de medidas D&C Ver Anexos 1 y 2

# Eje 02

## EFICIENCIA PRODUCCION HORMIGÓN



El cemento es el conglomerante esencial de los hormigones empleados en Arquitectura e Ingeniería. En mezclas convencionales, su contenido explica entre el 70 y 95% de la huella de carbono del material, lo que lo convierte en un factor crítico para la descarbonización.

Para avanzar, se requiere fomentar un uso más eficiente del cemento en hormigones, morteros y pastas, junto con mejoras en los procesos de producción industrial y en obra.

La profesionalización del sector, la adopción de mejores prácticas, el reemplazo de mezclas preparadas en volumen a pie de obra por suministro especializado, y la reducción de la informalidad permitirán optimizar recursos. El contenido unitario de cemento en el hormigón se establece como indicador de seguimiento de este eje.

### Contexto

En Argentina, el contenido unitario de cemento por m3 de hormigón es de 382 kg. Esta cifra considera todas las aplicaciones, desde mezclas elaboradas a pie de obra hasta la producción industrializada en plantas elaboradoras de hormigón, mezclas predosificadas y prefabricados.

El indicador evidencia la necesidad de optimizar el diseño de mezclas para reducir la intensidad de cemento sin comprometer la resistencia estructural, contribuyendo así a la descarbonización del sector, la eficiencia en el uso de los recursos y la economía circular.

### Desafíos

- Impulsar la profesionalización en la producción de hormigón para garantizar calidad, seguridad y eficiencia.
- Sustituir la elaboración manual de mezclas por provisión industrializada de hormigón fresco y prefabricados, optimizando recursos y reduciendo emisiones.
- Implementar contabilidad y reporte de CO<sub>2</sub> en productos de hormigón, promoviendo decisiones informadas y basadas en estándares internacionales.

**7%**  
Eje 02

es el aporte del aumento en la Eficiencia de Producción del Hormigón en la reducción total hacia la Carbono Neutralidad 2050.

**Grupo A** **18%**

Eje 02 Eficiencia Produccion Hormigón

Oportunidades

- Impulsar productividad y competitividad en el hormigón premezclado, prefabricados y construcciones asociadas.
- Favorecer eficiencia y uso responsable de recursos en la construcción, reduciendo su huella ambiental.
- Elevar la calidad del empleo y profesionalizar la fuerza laboral del sector.
- Optimizar uso de cemento en mezclas y mejorar la calidad constructiva.

Medida Eficiencia Producción Hormigón	Potencial	Factibilidad
Mayor uso de aditivos químicos que optimizan el desempeño y uso eficiente del cemento en el hormigón	Alto	Alto
Contabilidad y gestión de la huella de CO2 en el hormigón elaborado	Alto	Alto
Mejora en la calidad de agregados y curvas granulométricas	Alto	Media
Diseño optimizado de mezclas para minimizar CO2	Alto	Medio
Sustitución de mezclas preparadas en obra por hormigón elaborado, morteros predosificados y prefabricados	Alto	Medio
Mejor control de producción y calidad de hormigón entregado	Medio	Alta
Menores desperdicios en la producción de hormigón	Medio	Alta
IoT e IA para logística eficiente de materias primas y producto	Medio	Medio
Optimizar el factor clinker en cementos para prefabricados	Bajo	Medio

Tabla 3: Medidas del eje Eficiencia en la Producción de Hormigón

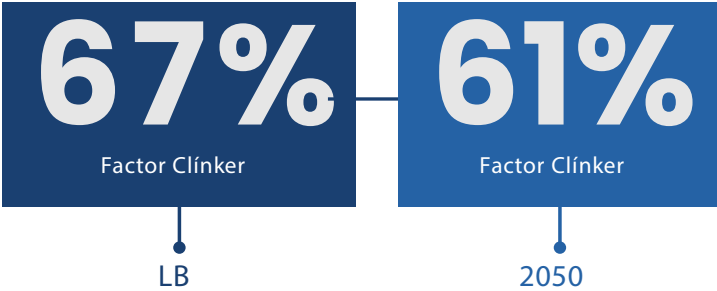
MEDIDAS HABILITANTES

- Expandir herramientas de contabilidad de CO2 en plantas de hormigón, basadas en estándares internacionales, accesibles y de baja complejidad.
- Impulsar marcos regulatorios que exijan abastecimiento desde plantas bajo MODO 1 (CIRSOC 201/200:2024) y conformes con la norma IRAM 1666.
- Actualizar normas técnicas de productos premoldeados de hormigón.
- Fomentar la publicación y uso de declaraciones ambientales de producto para hormigón elaborado, prefabricados y mezclas predosificadas.
- Establecer líneas base de CO2 embebido en productos de hormigón y definir un plan de seguimiento.
- Promover la formalización de la producción de agregados, con abastecimiento responsable y calidad certificada según requisitos de las IRAM 1512 y 1531.
- Fortalecer la formación y certificación de competencias laborales en trabajadores de la industria del hormigón y servicios de control de calidad.
- Impulsar la sustitución de morteros y hormigones dosificados en obra, por morteros predosificados (sacos o granel) y de hormigón elaborado



# EJE 03

## CEMENTOS Y ADICIONES



El cemento es un conglomerante hidráulico compuesto por clíinker, yeso y otras adiciones. El indicador fundamental para determinar su huella de carbono es el porcentaje de clíinker (factor clíinker), que representa la mayor parte de las emisiones asociadas al proceso.

Para producir hormigón con diferentes requerimientos técnicos, es posible establecer distintos factores clíinker según el desempeño esperado.

La incorporación de aditivos mejoradores de desempeño y molienda, así como el uso de tecnologías avanzadas de molienda y dosificación de cementos son esenciales para reducir el contenido de clíinker en el cemento. Actualmente y a nivel global (GNR 2023), el contenido promedio de clíinker en el cemento alcanza el 75%.

### Contexto

En Argentina, el contenido promedio de clíinker en el cemento es de 67 %, valor inferior en 8 puntos porcentuales a la media global. Esta reducción responde al uso de adiciones minerales como puzolanas, escoria y caliza, que permiten disminuir el factor clíinker y, en consecuencia, las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a su producción.

La composición promedio del cemento local es clíinker (67,5%), yeso (5%), caliza (17%), puzolana (5%), escoria granulada de alto horno (5%) y arcillas calcinadas (1%).

### Desafíos

- Asegurar la disponibilidad en cantidad y calidad de adiciones minerales para cumplir las metas de reducción del factor clíinker.
- Promover entre clientes el uso de cementos de moderado y alto contenido de adiciones, a través de medidas de difusión técnica, incentivo y concientización.
- Impulsar la actualización normativa para incorporar nuevas adiciones minerales y eliminar barreras a cementos con alto contenido de adiciones, incluyendo nuevas adiciones como el filler dolomítico, fillers no carbonáticos, finos de hormigón reciclado y vidrio reciclado.

7 %  
Eje 03

es el aporte del reemplazo del clíinker en el cemento en la reducción total hacia la Carbono Neutralidad 2050.

Grupo B

19%

Eje 03 Cementos Y Adiciones

Oportunidades

- Desarrollar cementos de bajas emisiones para edificaciones sostenibles, resilientes y alineadas con los compromisos climáticos locales.
- Fomentar el uso de adiciones minerales y residuos valorizados, fortaleciendo la economía circular y actuando como palanca de economía circular para el sector construcción.
- Optimizar las prestaciones del hormigón y otros tipos de mezclas mediante innovación y reducción de impactos ambientales en toda la cadena de valor.

COMPOSICION CONCRETO	LB	2030	2040	2050
Clínker [%]	67%	65%	63%	61%
Yeso [%]	5%	5%	5%	5%
Caliza [%]	17%	15%	18%	20%
Escoria Alto Horno [%]	5%	4%	5%	5%
Cenizas Volantes [%]	0%	2%	1%	0%
Puzolana Natural [%]	5%	5%	4%	3%
Arcillas Calcinadas [%]	1%	3%	5%	5%
Otras Adiciones [%]	0%	1%	1%	1%

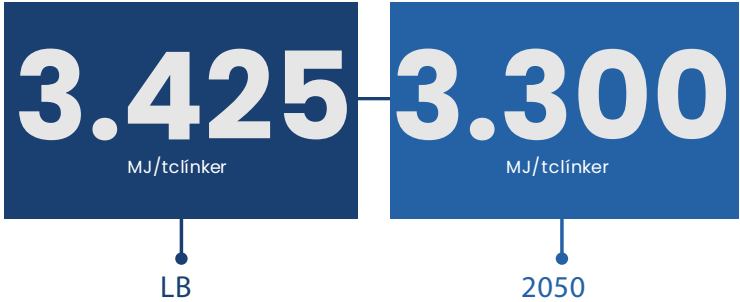
Tabla 4: Cementos & Adiciones – Reducción de factor clínker

MEDIDAS HABILITANTES

- Promover normas técnicas (con enfoque prescriptivo y/o por desempeño) que permitan el aumento del contenido de adiciones en los distintos tipos de cemento, sin comprometer la calidad final.
- Facilitar la reutilización productiva de los residuos mediante normas que permitan su desclasificación y/o la implementación de residuos-insumo como adiciones para el cemento.
- Actualizar periódicamente normas técnicas, reglamentos de construcción, pliegos de construcción y códigos de edificación, como habilitadores esenciales del uso de cementos de menor factor clínker.
- Incentivos fiscales a la compra y uso de cementos de bajo carbono, a través de compras públicas y otras regulaciones.
- Financiamiento para inversiones en nuevas tecnologías de molienda separada, sistemas de mezcla para cementos, separadores de alta eficiencia y silos dedicados para diversificación de tipos de cemento disponibles por planta.
- Capacitación a usuarios del cemento en relación con el uso de cementos de contenido medio y alto de adiciones.

# Eje 04

## EFICIENCIA TÉRMICA



La eficiencia térmica mide el consumo de energía por cada tonelada de clínker producido y constituye un factor central en la descarbonización de la industria cementera. Su mejora depende de múltiples variables: adecuada preparación de materias primas y combustibles, ampliación de la capacidad de los hornos, sustitución de hornos largos por sistemas modernos con seis etapas y precalcinador, y adopción de enfriadores de clínker de alta eficiencia.

De acuerdo con GNR 2023, el promedio global de la eficiencia térmica es de 3.504 MJ/t clínker.

### Contexto

En Argentina, la eficiencia térmica promedio de los hornos cementeros es de 3.425 MJ/tonelada de clínker, con un rango entre 3390 y 3556 MJ/tclínker, de acuerdo con datos de GNR 2022. Actualmente, el 53% de los hornos corresponde a procesos secos con precalentador y precalcinador, mientras que el 47% restante opera con precalentador pero sin precalcinador. Esta combinación tecnológica refleja un nivel intermedio de modernización, clave para reducir consumos energéticos y avanzar en la descarbonización planteada en la Hoja de Ruta FICEM.

### Desafíos

- Optimizar la eficiencia térmica de los hornos, considerando el incremento en el uso de combustibles alternativos (18% al 2050) de menor poder calorífico que el gas natural.
- Ampliar la matriz energética con la incorporación de nuevos combustibles bajos o neutros en carbono.
- Desarrollar e implementar nuevas tecnologías en la producción de clínker, teniendo como referencia los Paper ECRA 2022.

**1 %**  
**Eje 04**

es el aporte del aumento de la Eficiencia Térmica en la reducción total hacia la Carbono Neutralidad 2050.

**Grupo B**

**19%**

Eje 04 Eficiencia Térmica

Oportunidades

- La capacidad térmica de los hornos de clínker permite ampliar el uso de combustibles alternativos bajos en carbono.
- Estos combustibles ofrecen soluciones seguras para la gestión de residuos, alineadas con las demandas sociales.
- Su implementación reduce progresivamente la dependencia de combustibles fósiles, fortaleciendo la transición hacia una economía circular y baja en carbono.

EFICIENCIA TÉRMICA/COBUSTIBLES		LB	2030	2050
Eficiencia Térmica	[MJ/tCk]	3425	3400	3300
Matriz de combustibles				
Fósiles Tradicionales	%	93%	90%	77%
Coprocesamiento	%	7%	10%	18%
Hidrógeno	%	0%	0%	5%

Tabla 5: Matriz Combustibles y Eficiencia Térmica

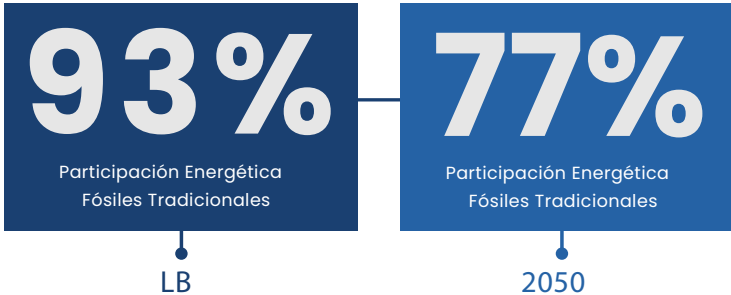
MEDIDAS HABILITANTES

- Normas de eficiencia energética que incentiven el uso de biomasa y combustibles derivados de residuos, hidrógeno y otras alternativas viables técnica y económicamente.
- Impulsar regímenes de promoción industrial que faciliten (menores tasas, impuestos y gravámenes; o líneas de crédito específicas) la adquisición de nuevas tecnologías para mejora de la eficiencia energética (cambio de quemadores, enriquecimiento con oxígeno, uso de mineralizantes, cogeneración, entre otros).
- Incentivar mediante regímenes de promoción industrial la adquisición de nuevas tecnologías para mejorar la eficiencia térmica.
- Acompañamiento para la certificación de sistemas de gestión de la energía (ISO 50000).



# Eje 05

## COMBUSTIBLES FÓSILES TRADICIONALES



En la industria cementera, los combustibles fósiles tradicionales aún representan la principal fuente energética de los hornos, destacando el carbón con un 49%, seguido del petcoke con un 33% y, en menor medida, el gas natural con un 10%. Estos combustibles, aunque efectivos en términos energéticos, constituyen la segunda fuente más significativa de emisiones de CO<sub>2</sub> del sector. La hoja de ruta global hacia la carbono neutralidad enfatiza la sustitución gradual de estos combustibles por alternativas bajas en carbono y/o derivados de la valorización de residuos. A nivel global (GNR 2023), la participación de combustibles fósiles tradicionales alcanza el 76%.

### Contexto

En Argentina, el 93% (82% gas natural y 11% petcoke) de la energía utilizada en los hornos de clínker proviene de los combustibles fósiles tradicionales. La alta participación del gas natural ha favorecido que la industria cementera nacional registre emisiones más bajas que la media global. Dada la alta disponibilidad proyectada de gas natural, se espera que esta ventaja competitiva se mantenga en el tiempo.

### Desafíos

- Mantener la alta participación del gas natural (75% al 2050) frente a posibles cambios regulatorios y fiscales que penalicen su uso.
- Garantizar la estabilidad del suministro y los costos en escenarios de volatilidad internacional de los mercados.
- Avanzar de manera sistemática en la eficiencia energética de los procesos, optimizando recursos y logrando la máxima reducción relativa de emisiones

2% es el aporte de reducir los Combustibles Fósiles Tradicionales en la reducción total hacia la Carbono Neutralidad 2050.

Eje 05

Grupo B 19%

Eje 05 Combustibles Fósiles Tradicionales

Oportunidades

- Consolidar la ventaja comparativa del gas natural como combustible de menor huella, en escenarios de transición energética.
- Posicionarse internacionalmente como una industria con una matriz de combustibles más limpia en la producción de clínker y hormigón.
- Aprovechar el gas natural como puente estratégico hacia combustibles bajos o neutros en carbono, incluyendo derivados de residuos, hidrógeno verde y biogás

Combustible	LB	2030	2040	2050
Total Fósiles Tradicionales	93%	90%	84%	77%
Gas Natural	82%	82%	79%	75%
Petcoke	11%	8%	5%	2%

En LB, el 100% de la matriz de combustibles se complementa con 3% de combustibles derivados de residuos y 4% de biomasa; al 2030, con un 5% de combustibles derivados de residuos y 5% de biomasa; al 2040, y al 2050, con un 8% de combustibles derivados de residuos, 10% de biomasa y 5% de hidrógeno bajo en carbono

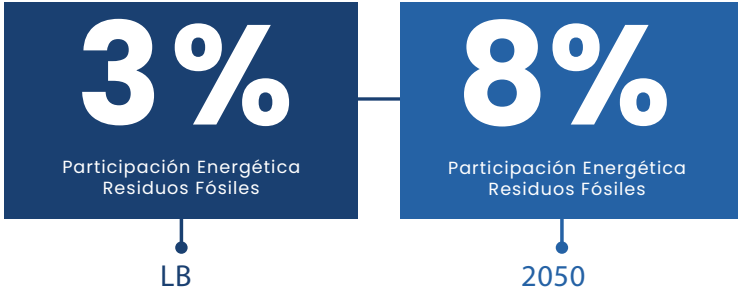
Tabla 6: Matriz de Combustibles y Fósiles Tradicionales  
\*Matriz de Combustible en Anexo 3.

MEDIDAS HABILITANTES

- Normas que reconozcan y promuevan el uso de los combustibles tradicionales bajo carbono en el marco de la transición energética.
- Impulsar una transición gradual y sostenible hacia los combustibles alternativos.

# Eje 06

## COPROCESAMIENTO DE COMBUSTIBLES DERIVADOS DE RESIDUOS FÓSILES



Corresponden al aporte energético, para la producción de clínker en los hornos, de los combustibles fósiles derivados de residuos.

Los combustibles derivados de residuos fósiles (como neumáticos usados, plásticos y otros residuos industriales) aportan energía térmica aprovechable en los hornos de clínker, garantizando simultáneamente la valorización energética y la disposición segura de este tipo de residuos.

A nivel internacional esta práctica se reconoce como una solución para el despliegue de la economía circular de nuestros países, considerando, además, que las cenizas derivadas de estos residuos, se incorporan como minerales en la producción de clínker.

A nivel global, el coprocesamiento alcanza el 24% y los combustibles alternativos fósiles representa el 15% de la matriz global.

### Contexto

En Argentina, el coprocesamiento alcanza el 7% y el uso de combustibles derivados de residuos fósiles representa el 3% del total de la energía utilizada por los hornos, debido principalmente, a la alta participación del gas natural. De acuerdo a esta Hoja de Ruta, el gas natural seguirá siendo una fuente relevante de energía, dado sus atributos en costos y bajas emisiones.

De lo anterior, aumentar significativamente la participación de combustibles derivados de residuos fósiles, requerirá marcos regulatorios que garanticen condiciones de competitividad económica y disponibilidad de los volúmenes energéticos necesarios para desplazar los combustibles fósiles tradicionales.

### Desafíos

- Desarrollar y fortalecer infraestructura para recolección, tratamiento y logística de residuos, garantizando su valorización como combustibles alternativos en hornos de cemento.
- Promover medidas que mejoren la competitividad frente al gas natural, asegurando estabilidad de precio y confiabilidad en el suministro.
- Impulsar marcos regulatorios que favorezcan el coprocesamiento y el manejo interjurisdiccional de los combustibles derivados de residuos fósiles.

**2%**  
**Eje 06**

es el aporte al aumentar los Combustibles Derivados de Residuos Fósiles en la reducción total hacia la Carbono Neutralidad 2050.

**Grupo B** **19%**

Eje 06 Coprocesamiento De Combustibles  
Derivados De Residuos Fósiles

Oportunidades

- Promover la economía circular conforme a la jerarquía integral de residuos, priorizando reducción, reutilización, reciclaje y valorización energética.
- Acceder a incentivos regulatorios y mecanismos de financiamiento climático vinculados a la gestión de residuos como fuente energética.
- Dar una disposición segura a residuos de alta complejidad tales como aceites y solventes usados entre otros.

Combustible	LB	2030	2040	2050
Derivados de Residuos	3%	5%	7%	8%
Residuos Sólidos (RSU/RIS)	1%	2%	3%	4%
Neumáticos fuera de Uso	1%	2%	3%	2%
Otros Residuos	1%	1%	2%	2%

En LB, el 100% de la matriz de combustibles se complementa con 93% de combustibles fósiles tradicionales y 4% de biomasa; al 2030, con un 90% de combustibles fósiles tradicionales y 5% de biomasa; al 2040 y al 2050, con un 77% de combustibles fósiles tradicionales, 10% de biomasa y 5% de hidrógeno bajo en carbono

Tabla 7: Matriz de Combustibles y Derivados de Residuos Fósiles.  
\*La Matriz de Combustibles se muestra en Anexo 3

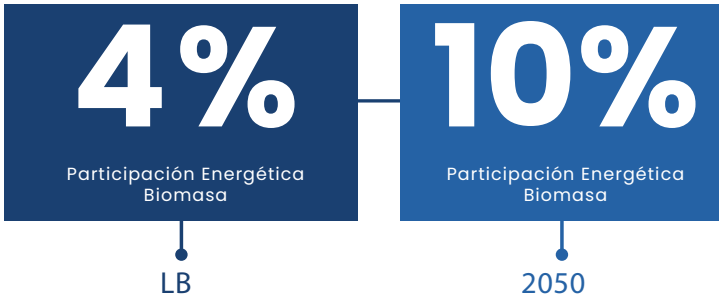
MEDIDAS HABILITANTES

- Normas de gestión de residuos que reconozcan e incentiven la economía circular e incluyan al coprocesamiento en el marco de la jerarquía de residuos.
- Normas REP con metas de valorización para residuos prioritarios, fomentando el despliegue de combustibles alternativos como neumáticos fuera de uso (NFU), aceites usados, plásticos, envases y embalajes, y no reciclables, entre otros.
- Impulsar el reconocimiento de la carbono neutralidad de los combustibles derivados de residuos fósiles en el marco del coprocesamiento.
- Desincentivar el envío de residuos valorizables a rellenos sanitarios.
- Robustecer el control ambiental para evitar y penalizar acciones ambientalmente inadecuadas, como la quema al aire libre de plásticos y otros residuos potencialmente valorizables.
- Fomentar clústers de economía circular para permitir y potenciar intercambios residuos-insumo y Combustibles Derivados de Residuos (CDR) entre industrias.



# Eje 07

## COPROCESAMIENTO DE BIOMASA Y METANO EVITADO



El coprocesamiento de biomasa corresponde al aporte energético de la fracción de biomasa proveniente de los combustibles derivados de residuos para la producción de clínker.

El metano evitado corresponde al porcentaje de reducción indirecta de emisiones en rellenos sanitarios por el coprocesamiento de las biomasa disponibles en los residuos sólidos urbanos.

Las emisiones de metano tienen un alto poder de calentamiento global: 28 tCO<sub>2</sub>e/tCH<sub>4</sub> en el largo plazo; pero 85 en un periodo de 20 años, por lo que reducir dichas emisiones es crítico para viabilizar la trayectoria de descarbonización del Acuerdo de París.

Actualmente, la biomasa en el total de energía utilizada en los hornos alcanza, a nivel global, un 9% (GNR-2022). En específico, los residuos agrícolas aportan un 3%, los residuos de maderas un 2%, las harinas de origen animal 1%, los lodos un 1% y el 2% restante, corresponde a otras biomasa.

### Contexto

En Argentina, el coprocesamiento alcanza el 7% y el uso de biomasa representa el 4% del total de la energía utilizada por los hornos, escenario similar al uso de combustibles alternativos fósiles.

De lo anterior, aumentar significativamente la participación de combustibles derivados de biomasa, requerirá marcos regulatorios habilitantes y el reconocimiento legal del aporte del metano evitado en los rellenos sanitarios por el uso de estas biomasa.

### Desafíos

- Asegurar el reconocimiento oficial de la biomasa como combustible carbono neutral y contabilizar el metano evitado en rellenos sanitarios como aporte a la mitigación climática.
- Garantizar el acceso estable y creciente a combustibles derivados de biomasa que sustituyan fuentes fósiles.
- Promover la aceptación formal de la metodología FICEM para el metano evitado.
- Incrementar la participación de la biomasa generada a partir del tratamiento de la FORSU (Fracción Orgánica de los RSU) en la composición de los CDR

**6%**  
**Eje 07**

es el aporte de la biomasa más el Metano evitado en rellenos sanitarios

**Grupo B**

**19%**

Eje 07 Coprocesamiento De Biomosasas  
Y Metano Evitado

Oportunidades

- Aportar a la reducción de los gases de efecto invernadero en el sector residuos.
- Contribuir a la economía circular evitando el enterramiento de residuos sin ningún tipo de aprovechamiento energético y/o material.
- Aportar al sector agrícola al entregar una forma de disposición segura de sus biomosasas, evitando así quemas no controladas en las actividades agrícolas.
- Reducir la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos.

Combustible	LB	2030	2040	2050
Derivados de Biomasa	4%	5%	8%	10%
Residuos Agrícolas	3%	4%	5%	7%
Maderas	0%	0%	1%	1%
Otros Residuos Biomasa	1%	1%	2%	2%

En LB, el 100% de la matriz de combustibles se complementa con 93% de combustibles fósiles tradicionales y % de CDR; al 2030, con un 90% de combustibles fósiles tradicionales y 5% de CDR; al 2040 y al 2050, con un 77% de combustibles fósiles tradicionales, 8% de CDR y 5% de hidrógeno bajo en carbono

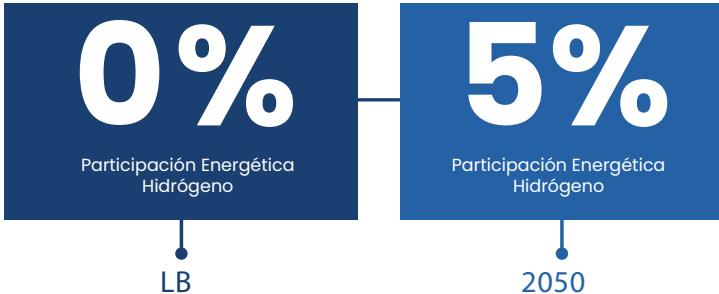
Tabla 8: Matriz Combustibles y Biomasa  
\*La Matriz de Combustibles se muestra en Anexo 3

MEDIDAS HABILITANTES

- Reconocer el coprocesamiento de biomasa en los marcos regulatorios como una solución segura y carbono neutral para estos residuos.
- Considerar la fracción de biomasa disponible en los neumáticos fuera de uso (NFU), como en otros residuos con contenido mixto.
- Lograr el reconocimiento de la metodología actualizada del metano evitado en rellenos sanitarios por el coprocesamiento de biomasa en hornos de cemento.
- Integrar cadenas productivas que generen residuos de biomasa, o gestionen desechos urbanos/sanitarios con la industria cementera
- Incentivar la simbiosis industrial y colaboraciones público-privadas, evitando mayores cargas impositivas y asignando responsabilidades a productores para una gestión eficiente y circular.
- Promover acuerdos privados o público-privados entre operadores de rellenos sanitarios y la industria cementera para viabilizar reducciones de metano y la generación de créditos correspondientes.
- Suscripción de acuerdos bajo el Artículo 6 del Acuerdo de París de Argentina con países que permitan acelerar la adopción de estas prácticas a nivel nacional.

# Eje 08

## HIDRÓGENO (H2)



Corresponde al aporte energético del uso de hidrógeno en el total de energía para la fabricación de clínker. El hidrógeno representa una de las alternativas emergentes para descarbonizar la fabricación de clínker mediante su aporte energético en la matriz térmica.

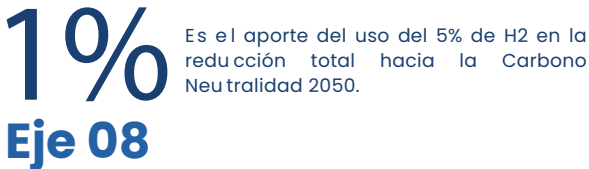
A nivel internacional, su utilización aún es incipiente y se limita principalmente a ensayos de sustitución parcial en hornos, con el propósito de optimizar la eficiencia y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>. Existen algunas pruebas industriales con altos niveles de reemplazo, siendo la más relevante, la realizada en Reino Unido, que empleó 40% de hidrogeno inyectado por el quemador principal en un corto período de tiempo.

### Contexto

En Argentina, este combustible aún no se utiliza en plantas de cemento y su despliegue regional es limitado por desafíos tecnológicos y elevados costos. Actualmente, el costo de producción oscila entre 4 y 8 USD/kg, cifra que restringe su adopción frente a otros combustibles convencionales. No obstante, se proyecta que este rango disminuya hacia 1,5–2 USD/kg, siempre condicionado a la disponibilidad y costos de energías renovables.

### Desafíos

- Determinar los requerimientos para la adecuación de hornos para la utilización del H2 a gran escala y sus costos asociados.
- Disponer de la energía eléctrica necesaria que sea baja o nula en emisiones de CO<sub>2</sub> e para la producción de Hidrógeno bajo en carbono.
- Desarrollar un modelos de costeo para el uso de H2 en reemplazo de combustibles tradicionales.



Eje 08 Hidrógeno (H2)

Oportunidades

- Incrementar el uso de combustibles alternativos de bajo poder calorífico, debido a las cualidades energéticas del H2.
- De acuerdo a los Papers ECRA, el uso de H2 tiene los siguientes beneficios operacionales: (i) radiación de la llama significativamente menor; (ii) velocidad de inyección permite regular temperatura y radiación; (iii) no afecta al consumo térmico; (iv) se reduce demanda de O2; (v) requiere menos aire para la combustión; (vi) no afecta la calidad del clínker.

COMBUSTIBLE		LB	2030	2030	2050
HIDRÓGENO	%	0%	0%	1%	5%
Energía Producción H2	[MWh/tH2]	44	44	44	44
Poder Calorífico	[MJ/kgH2]	120	120	120	120

Tabla 9: Matriz Combustibles e Hidrógeno bajo en Carbono  
\*La Matriz de Combustibles se muestra en Anexo 3

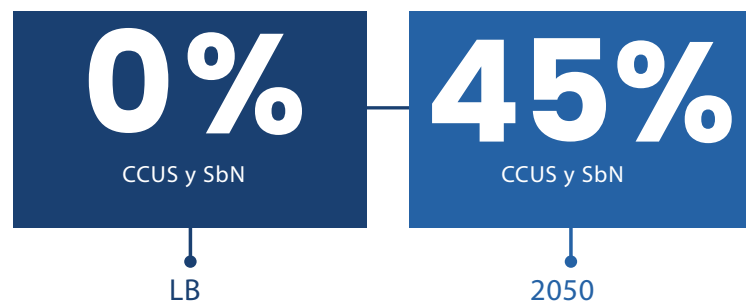
MEDIDAS HABILITANTES

- Fomentar el uso de Hidrógeno a través de normas y políticas nacionales.
- Regular las autorizaciones para el uso y funcionamiento de instalaciones de producción de Hidrógeno.
- Impulsar el financiamiento internacional para proyectos de hidrógeno.
- Incentivar los Hub industriales, o similares, para hacer más competitivo este combustible.



# Eje 09

## CAPTURAS TECNOLÓGICAS (CCUS) Y DE LA NATURALEZA (SbN)



La descarbonización en la industria del cemento y hormigón requiere integrar dos pilares complementarios: las capturas tecnológicas (CCUS) y las capturas naturales (SbN). Ambos enfoques constituyen una estrategia convergente para reducir las emisiones residuales del sector y alcanzar la neutralidad climática.

En el ámbito CCUS, ECRA identifica cuatro tecnologías principales aplicables a la producción de clínker: post-combustión, basada en absorción química con aminas y técnicas de adsorción física; oxcombustión, mediante reformado de gas con captura previa de CO<sub>2</sub>; pre-combustión, que captura CO<sub>2</sub> antes del proceso de combustión; y calcinación indirecta, como la tecnología LEILAC, que separa directamente el CO<sub>2</sub> durante la calcinación. Actualmente, existen 26 proyectos piloto, lo que refleja un proceso de aprendizaje global en marcha.

Las SbN actúan como soluciones de captura a gran escala a través de la gestión sostenible de ecosistemas. Sus tipologías más relevantes incluyen la reforestación y restauración (ARR), la gestión forestal mejorada (IFM) y el manejo regenerativo de tierras agrícolas (ALM), todas con potencial de generar sumideros permanentes de carbono y co-beneficios para la biodiversidad.

### Contexto

En Argentina aún no se registran proyectos de CCUS debido a la ausencia de incentivos financieros que permitan reducir sus costos de inversión y operación, que para soluciones probadas (TRL 9), superan los 110 USD/tCk – sin considerar adicionalmente costos de transporte y almacenamiento – Por ello, se estima que su adopción ocurrirá en el largo plazo.

En contraste, Argentina ofrece condiciones óptimas para el desarrollo de sumideros biológicos, tanto a nivel de costos, como de posibilidades de escalamiento. Además, estas soluciones permitirían revertir el escenario de deforestación del país, responsable principal de las emisiones del sector AFOLU que alcanzan el 39% de los GEI emitido.

### Desafíos

Para el caso de CCUS:

- Contar con los recursos y modelos de financiamiento necesarios para catalizar proyectos tipo CCUS.
- Lograr el nivel de maduración tecnológica (TRL) necesaria de los proyectos CCUS que serán incorporados a las plantas de cemento.
- Identificar los destinos del carbono capturado en las plantas de cemento.

Para el caso de SbN:

- Lograr la aceptación de las SbN dentro de las políticas climáticas de Argentina para la descarbonización de la industria del cemento.
- Realizar pilotos de implementación para sumideros permanentes por parte de la industria.
- Identificar modelos de financiamiento de largo plazo para el desarrollo de proyectos de SbN reconocidos internacionalmente y de alta integridad.

## Eje 09 Capturas Tecnológicas (CCUS) y de la Naturaleza (SbN)

### Oportunidades

#### Asociadas a uso del CO<sub>2</sub> capturado tecnológicamente:

- Producción de combustibles sintéticos: Power-to-Gas (PtG) – Producción de metano mediante la reacción de CO<sub>2</sub>e con hidrógeno; Power-to-Liquids (PtL) – Producción de combustibles líquidos como metanol o hidrocarburo.
- Producción de productos químicos: Síntesis de productos como urea, metanol, o polímeros mediante la reacción de CO<sub>2</sub>e con otros compuestos.
- Fotosíntesis artificial y microalgas: Uso de CO<sub>2</sub> en la fotosíntesis de microalgas para producir biomasa o biocombustibles.
- Recuperación mejorada de petróleo (EOR) y gas (EGR): inyección de CO<sub>2</sub> para aumentar la extracción de petróleo o gas y almacenarlo al mismo tiempo.

#### Asociadas a Soluciones Basadas en la Naturaleza:

- Compensaciones para cementos y hormigones bajos o nulo en carbono, para demanda de segmentos de mercado especializados.
- Posibilidad co-financiar los desarrollos, al acceder al mercado CORSIA u otros de alta integridad para las etapas tempranas de los proyectos.
- Co-Beneficios Sociales y Ambientales, tales como generación de empleos, mejoramiento de paisajes productivos, conservación de biodiversidad, regulación hidrológica y posibilidad de generar biocombustibles sin competencia con el sector alimentos.
- Doble dividendo en adaptación, al recuperar suelos degradados y mejorar la resiliencia climática de los territorios

## MEDIDAS HABILITANTES

### CCUS:

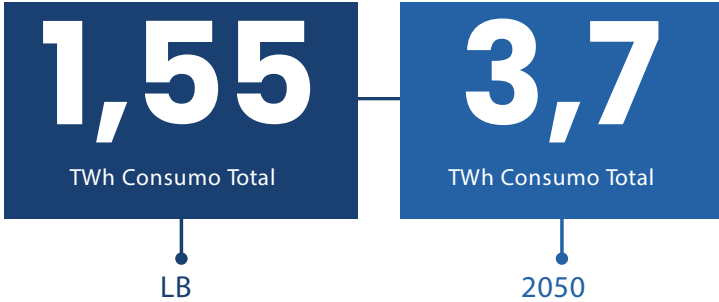
- Promoción de tecnologías CCUS adecuadas y viables económicamente (Capex y Opex)
- Desarrollo de infraestructura para transporte del CO<sub>2</sub> hasta sitios de uso o almacenamiento.
- Promoción de subsidios para el desarrollo de pilotos en el país.
- Marco legal para proyectos de almacenamiento en el subsuelo continental o marino.

### SbN:

- Reconocimiento del país a los proyectos SbN como mecanismo válido para el cumplimiento de las metas del sector cemento.
- Integrar las SbN en los planes nacionales de acción climática, de manera que no afecten los criterios de adicionalidad de los proyectos.
- Fomentar el despliegue de proyectos de CCUS y SbN en el marco del Artículo 6 del Acuerdo de París con países que necesiten reducciones externas para el cumplimiento de su propias NDCs.

# Eje 10

## CONSUMO ELÉCTRICO BAJO EN CARBONO



El consumo eléctrico en la industria del cemento y hormigón representa el total de energía eléctrica anual y se expresa en Tera watt hora (TWh). Otros indicadores relevantes son: la eficiencia eléctrica en la producción de cemento (KWh/tcem) y el factor de emisión de la red eléctrica (kgCO<sub>2</sub>/MWh), siendo este último, relevante para alcanzar la neutralidad en carbono al 2050, mediante el uso de energías renovables. Según el reporte GNR 2022, el consumo global promedio por tonelada de cemento alcanza 112 kWh y el factor de emisión promedio mundial de la red alcanza los 500 kgCO<sub>2</sub>/MWh.

### Contexto

En Argentina, el consumo específico por tonelada de cemento es de 120 kWh, estando por sobre la media global de 112 kWh/tcem, , pero esto se contrarresta totalmente, dado que el factor de emisión promedio de la red es de 272 kgCO<sub>2</sub>/MWh, casi la mitad de la media global, gracias a la alta proporción de energía hidroeléctrica y fuentes renovables incorporadas. El consumo total LB alcanzó 1,55 TWh de energía eléctrica anual, correspondiendo un 97% a la producción de cemento, y la diferencia, a la producción de hormigón.

### Desafíos

- Impulsar la transición hacia una matriz energética eléctrica 100% renovable para neutralizar la huella de CO<sub>2</sub>e.
- Anticipar y asegurar la energía adicional necesaria al año 2050 frente al incremento del consumo eléctrico.
- Integrar CCUS y H2 como consumos proyectados, para determinar su impacto en la demanda interna de las plantas.

Grupo D

5%

Es el aporte al reemplazar la matriz energética eléctrica actual por una red 100% carbono neutral en la reducción total hacia la Carbono Neutralidad 2050.

Eje 10 Consumo Eléctrico Bajo en Carbono

Oportunidades

- Promover el despliegue nacional de generación eléctrica carbono neutral a gran escala.
- Modernizar la infraestructura eléctrica y promover uso redes inteligentes.
- Generar proyectos propios de generación eléctrica renovable no convencional.

Emisiones CO <sub>2</sub> Electricidad		LB	2030	2050
Consumo Eléctrico Cemento	TWh	1.51	1.63	1.47
Consumo Eléctrico CCUS	TWh	0	0	2.11
Consumo Eléctrico Hormigón	TWh	0.04	0.05	0.13
TOTAL CONSUMO ELÉCTRICO	TWh	1.55	1.68	3.71
Factor Emisión Red Eléctrica	kgCO <sub>2</sub> /MWh	272	200	14
EMISIÓN ELÉCTRICA	MtCO <sub>2</sub>	0.42	0.34	0.05

Tabla 12: Consumo Eléctrico

MEDIDAS HABILITANTES

- Normas que faciliten la compra directa de energía eléctrica renovable de largo plazo, o en su defecto, de los atributos de renovabilidad de la energía eléctrica que va a la red (por ejemplo, IRECs).
- Facilitar los permisos para las plantas in situ de generación eléctrica renovable.
- Fomentar la conexión a matrices de generación eléctrica renovables.
- Mejoramiento de las redes de transmisión eléctrica e implementar tecnologías de redes inteligentes, que permitan la gestión eficiente del suministro de energía eléctrica.
- Promover incentivos para la generación de proyectos de energías renovables.

# Eje 11

## RECARBONATACIÓN NATURAL



La recarbonatación natural es una reacción química espontánea con el CO<sub>2</sub> del aire ambiental que penetra y se reabsorbe en sustratos expuestos de naturaleza cementicia, reaccionando con los productos de hidratación del cemento, formando carbonatos estables que se integran en la estructura del material, siendo común en estructuras de concreto a lo largo del tiempo.

Para esta hoja de ruta se asume que este fenómeno contribuye a absorber y secuestrar el equivalente al 20% del CO<sub>2</sub> emitido por descarbonación de la caliza durante la producción de clínker en hornos. Este criterio fue el adoptado por la Asociación Global del Cemento y el Hormigón (GCCA) en su Roadmap hacia el Net Zero 2050 para la industria del cemento y del hormigón, en base al modelo IVL Tier 1 (2018).

### Contexto

IPCC y Global Carbon Budget reconocen la recarbonatación como sumidero de CO<sub>2</sub>, con potencial de compensar hasta el 50% de las emisiones de calcinación. Sin embargo, aún no existe una metodología globalmente aceptada para cuantificarla en inventarios nacionales de GEI. La industria del cemento en Argentina y UNICEN impulsaron desde 2021 un proyecto para cuantificar y certificar la recarbonatación natural. Los primeros resultados estiman una compensación del 33% de las emisiones de calcinación y combustibles, superior al 20% considerado en estudios previos.

### Desafíos

- Reconocer el aporte de la recarbonatación natural en políticas climáticas e incorporarlo en el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Argentina.
- Evaluar tecnologías que potencien la recarbonatación de materiales de base cemento, mediante procesos forzados, criterios de diseño, uso y ajustes de composición.
- Maximizar la recarbonatación de materiales de base cemento sin comprometer la durabilidad ni las propiedades estructurales del acero de refuerzo en edificaciones portantes.
- Contribuir a establecer un método de cálculo normalizado para el ambiente construido en Argentina

Grupo D

13%

\* Este Eje no incluye la recarbonatación forzada (ref. THE ECRA TECHNOLOGY PAPERS 2022 #55), que se obtiene mediante condiciones controladas para maximizar la captura de CO<sub>2</sub> en materiales de base cemento.



Eje 11 Recarbonatación Natural

Oportunidades

- La integración del aporte de la recarbonatación natural permite diferenciar al sector frente a otras industrias de la construcción, en un mercado con creciente demanda de soluciones bajas en carbono.
- Impulsar la innovación con medidas de recarbonatación forzada (mineralización de CO<sub>2</sub>), generando además beneficios económicos y nuevas cadenas de valor.
- Incorporar la recarbonatación como sumidero en los inventarios nacionales de GEI para fortalecer el cumplimiento de metas climáticas país
- Recarbonatar residuos de la construcción y demolición, e impulsar su reúso.

PAÍS	CARBONATACIÓN	FUENTE
Corea del Sur	10 %	Yang et al (2014)
España	11 %	Andrade et al (2018)
Japón	14 %	Sawa et al (2024)
EEUU	14 %	AzariJafari et al (2023)
Suiza	15 %	Nygaard et al (2012)
Portugal	15 %	Sanjuán et al (2020)
Irlanda	16 %	Fitzpatrick et al (2015)
Noruega	16 %	Pade et al (2003)
Suecia	18 %	Pade et al (2003)
<b>Estudio IVL</b>	<b>20%</b>	<b>Cementa AB &amp; IVL (2018)</b>
Dinamarca	24 %	Pade et al (2003)
Islandia	28 %	Pade et al (2003)
Argentina	29 %	Irassar et al (2022)
Países Bajos	30 %	Vermeulen et al (2017)
Reino Unido	31 %	Capon et al (2023)
China	55%	Huang et al (2020)

Tabla 13: Aporte de la carbonatación como mecanismo de absorción y sumidero de CO<sub>2</sub> en el ciclo de vida completo del material (% de las emisiones calcinación en producción clínker absorbidas por la carbonatación).

MEDIDAS HABILITANTES

- Reconocimiento de la carbonatación natural como medida de captura y sumidero de CO<sub>2</sub>e a todo nivel, incluyendo los inventarios nacionales.
- Normas técnicas que incentiven la maximización de la recarbonatación en el concreto y su contabilidad a nivel de declaraciones ambientales de producto (DAPs/ EPDs)
- Promover una estrategia y sus medidas de acción para lograr que los residuos de construcción y demolición carbonatables tengan ese tratamiento, previo a su reutilización en la producción de nuevos concretos u otras cadenas productivas.
- Promover mayor conocimiento en la comunidad técnica de diseñadores, proyectistas y constructores sobre el fenómeno, y brindar herramientas para optimizar la carbonatación natural como estrategia contributiva a la reducción de la huella de carbono de las edificaciones base concreto/cemento.



Ideas Fuerza  
Conclusiones  
Acciones  
Compromisos

# IDEAS FUERZA

## Compromiso climático nacional y global

La Hoja de Ruta se alinea con el Acuerdo de París, aportando a las NDC y contribuyendo al objetivo de limitar el aumento de la temperatura a 1,5 °C.

## Ventaja comparativa de Argentina

La industria local ya exhibe una de las huellas de carbono más bajas del mundo (507 kgCO<sub>2</sub>/t<sub>cem</sub> en 2023) y un factor clinker reducido (67,5%), lo que otorga una base sólida para liderar en sostenibilidad.

## Gas natural como combustible de transición

El uso predominante de gas natural con menor huella que carbón o petcoke posiciona al país con una matriz energética más limpia y competitiva, sin frenar la transición a combustibles bajos en carbono.

## Innovación tecnológica y circularidad

El desarrollo de nuevas adiciones minerales y el despliegue del coprocesamiento, integrando la economía circular como eje estructural.

## Gobernanza sectorial y articulación

El trabajo conjunto entre empresas, AFCP, FICEM, ONUDI y GCCA garantiza legitimidad técnica y una visión compartida para la transformación del sector.

## Cadena de valor ampliada

La hoja de ruta no se limita a la producción, sino que integra diseño, construcción, normativas y políticas públicas como habilitadores de cambio estructural.

## Capturas de CO<sub>2</sub>

La reforestación, manejo forestal y regeneración de suelos complementan las capturas tecnológicas, aportando co-beneficios sociales, ambientales y económicos.

## Instrumento para políticas públicas

El documento constituye una base técnica robusta para normar, regular y financiar la descarbonización del sector, potenciando la competitividad de Argentina en mercados internacionales.

\*NOTA: Las *Ideas Fuerza* resumen los mensajes claves y principios rectores que orientan la estrategia, reflejando los conceptos esenciales que deben guiar la comunicación, las decisiones y las acciones del proyecto.

# CONCLUSIONES

- El escenario tendencial (BAU) llevaría a un aumento del 55% de emisiones al 2050, lo cual es incompatible con los compromisos nacionales e internacionales.
- Con una estrategia integral, la industria puede alcanzar la carbono neutralidad en 2050, combinando reducción de clínker, eficiencia energética, combustibles alternativos, electrificación, capturas tecnológicas y de la naturaleza para el CO<sub>2</sub> y recarbonatación.
- Las soluciones de captura (tecnológicas y basadas en la naturaleza) representan el 45% de la reducción total requerida, por lo que deben ser analizadas en una perspectiva de mediano y largo plazo.
- La eficiencia en diseño y uso del hormigón ofrece una oportunidad inmediata, con potencial de reducción del 18% al 2050 mediante industrialización, normas por desempeño y certificaciones accesibles, pero depende de toda la cadena de valor de la construcción.
- El reconocimiento del metano evitado en rellenos sanitarios y la biomasa como combustibles carbono-neutrales es crítico para acelerar la descarbonización y potenciar la economía circular.
- La industria ya demuestra resultados tangibles: reducción del 18% de emisiones desde 1990, adopción de coprocesamiento y menor factor clínker respecto a la media global y regional.
- Para consolidar estos avances, se requieren marcos regulatorios habilitantes, financiamiento climático y un MRV de alta integridad que respalde las contribuciones del sector en las NDC.

# ACCIONES / COMPROMISOS

## 2030

- Reducir el factor clínker al 65% mediante mayor incorporación de adiciones minerales (escoria, caliza, arcillas calcinadas), apoyado en normas actualizadas.
- Alcanzar al menos 10% de sustitución térmica mediante la tecnología del coprocesamiento (valorización de residuos en la producción de clínker), asegurando trazabilidad y seguridad ambiental.
- Implementar un sistema de MRV sectorial, alineado con el Protocolo GCCA y la calculadora 3C de FICEM, para reportar emisiones con alta integridad.
- Desarrollar marcos regulatorios que reconozcan el coprocesamiento y promuevan compras públicas de cementos bajos en carbono.
- Introducir criterios de diseño por desempeño en normativas de construcción para reducir la sobreutilización de cemento.
- Consolidar la ventaja competitiva del gas natural, asegurando su reconocimiento como combustible de transición en la agenda climática.

## 2050

- Lograr la carbono neutralidad del sector cemento y hormigón en todo su ciclo de vida, con un balance neto cero de emisiones.
- Superar el 18% de sustitución térmica con combustibles alternativos, priorizando biomasa residual y residuos no reciclables, y complementar con 5% de hidrógeno bajo en carbono.
- Reconocer oficialmente la recarbonatación natural como sumidero en los inventarios nacionales, aportando al menos un 11% de reducción.
- Desplegar proyectos de CCUS en plantas seleccionadas, integrando usos del CO<sub>2</sub> en productos químicos, combustibles sintéticos y materiales de construcción.
- Escalar soluciones basadas en la naturaleza con programas de reforestación, manejo de suelos degradados y créditos de carbono de alta integridad.
- Asegurar que todas las normas técnicas, pliegos y códigos de construcción incorporen criterios de eficiencia de hormigón, resiliencia climática y economía circular.



# Glosario y Referencias



# GLOSARIO

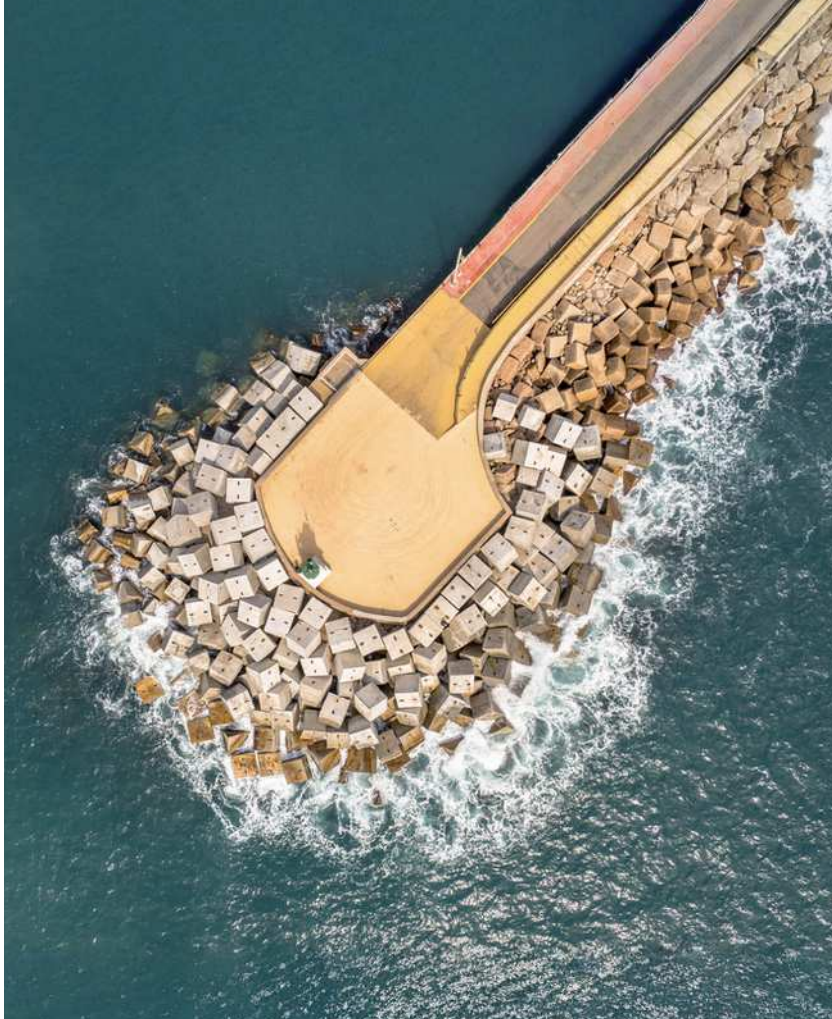
- **Biomasa:** Fuente de energía compuesta de materia que proviene de organismos previamente vivos, como residuos de madera, productos de papel o desechos domésticos orgánicos.
- **Calcinación:** Proceso mediante el cual, la piedra caliza aumenta su temperatura en el horno de cemento para producir cal, que luego se utiliza para fabricar clínker.
- **Captura, uso y almacenamiento de carbono (CCUS):** Proceso que captura las emisiones de dióxido de carbono y las reutiliza o almacena.
- **Carbonatación (recarbonatación o absorción de carbono):** Proceso natural que ocurre cuando el concreto reacciona con el CO<sub>2</sub>e en el aire. La cantidad real de absorción de carbono dependerá de una variedad de parámetros que incluyen la clase de resistencia, las condiciones de exposición y el espesor del elemento de concreto, escenario de reciclaje y uso secundario.
- **Cemento:** Conglomerante hidráulico que actúa como pegamento para fusionar los ingredientes del concreto permitiéndole fraguar, endurecer y fortalecer. Fabricado a partir de piedra caliza, arcilla, cenizas, puzolana, escorias, yeso, entre otros.
- **Carbono incorporado:** Dióxido de carbono emitido durante la fabricación y transporte de materiales de construcción junto con las emisiones al final de su vida útil.
- **Carbono neutralidad:** Término genérico, que corresponde a un equilibrio mundial entre las emisiones antropogénicas y absorción antropogénicas. Como tal, una organización, producto o servicio no puede ser carbono neutral por sí solo, pero puede contribuir a la neutralidad de carbono global.
- **Clínker:** Material producido en el horno de cemento durante la producción de cemento. El clínker es el ingrediente principal y activo del cemento cuando se mezcla con otros materiales.
- **Concreto (Hormigón):** Material de construcción más versátil y utilizado, en el mundo, fabricado a partir de agregado grueso como roca triturada y grava; agregados finos como arena; agua y cemento. El concreto es utilizado para construcción de edificios, viviendas, tuberías, tramos de túnel, puentes, carreteras, represas, entre muchos otros.
- **Economía circular:** Enfoque para retener y recuperar el mayor valor posible de los recursos mediante la reutilización, reparación, renovación, remanufactura, reutilización o reciclaje de productos y materiales.
- **Emisiones combustión:** Las emisiones liberadas por los combustibles utilizados en el proceso de calcinación en el horno de cemento.
- **Emisiones directas:** Emisiones que corresponden a actividades propias o bajo el control de una compañía, como las resultantes de la combustión en el horno de cemento.

# GLOSARIO

- **Emisiones indirectas:** Emisiones que corresponden a actividades fuera del control de una compañía, aquellas provenientes de la electricidad.
- **Emisiones Carbono Neutral:** Emisiones netas resultantes iguales a cero, luego de la suma de todas las emisiones de GEI relacionadas con productos y procesos, durante todo el ciclo de vida, incluida la eliminación de los productos y la consideración de remociones tecnológicas o naturales.
- **Emisiones proceso:** Emisiones provenientes de procesos industriales que involucran transformaciones químicas o físicas distintas a la combustión de combustibles.
- **Factor clínker:** Proporción entre clínker y cemento.
- **Hidrógeno bajo en Carbono (LCH):** Hidrógeno producido por electrólisis mediante energía proveniente de fuentes renovables y bajas en carbono.
- **Material cementicio:** Uno de los principales ingredientes que componen la mezcla de concreto. Hay dos tipos de materiales cementicios: cemento hidráulico y materiales cementicios suplementarios (SCM).
- **Materiales cementicios suplementarios (SCM):** Materiales que, cuando se usan junto con cemento, contribuyen a las propiedades del concreto endurecido a través de actividad hidráulica y/o puzolánica.
- **Petcoke (coque de petróleo):** Subproducto del refinado de petróleo que es utilizado como combustible en la fabricación de cemento.
- **Puzolana:** Material silíceo y aluminoso que, en presencia de humedad, reacciona químicamente con el hidróxido de calcio para formar compuestos que poseen propiedades cementicias. Incluyen arcillas calcinadas, cenizas volantes, cenizas volcánicas y humo de sílice.
- **Sobre diseño:** Aumento del cemento en el concreto en lugar de diseñar para las necesidades específicas del proyecto de construcción y, por lo tanto, reducir la sobreproducción y las emisiones innecesarias.
- **Net Zero:** Las emisiones residuales de gases de efecto invernadero GEI generadas se compensan con absorciones o remociones equivalentes, logrando así un balance neto igual a cero en el conjunto del sistema. Reducir las emisiones de carbono a una cantidad residual que la naturaleza pueda absorber y almacenar de forma duradera, de modo que el balance neto de emisiones sea cero.

# REFERENCIAS

1. GCCA Net Zero Roadmap, GCCA, 2021.
2. IPCC Sexto Informe Evaluación, IPCC, 2023.
3. FICEM Hoja de Ruta CO<sub>2</sub> Net Zero, R. Pareja, FICEM, 2024.
4. The ECRA Technology Papers 2022, European Cement Research Academy GmbH, 2022.
5. CO<sub>2</sub>e uptake in cement containing products, IVL, H. Stripple, Ch. Ljungkrantz, T. Gustafsson, R. Andersson, 2018.
6. Informe Marcos Regulatorios: Descarbonización Sector Cemento, FICEM, 2024.
7. Potencial de Valorización de Residuos en la Industria del Cemento en América Latina y el Caribe al año 2030, C. Pinilla, F. Mieres, M. Szantó, P. Flores, FICEM, 2021.
8. Eventos naturales extremos y desastres en América Latina y el Caribe 1990–2022, CEPAL, 2024.
9. Panorama Social de América Latina, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2022.
10. Infraestructura en el Desarrollo de América Latina (IDEAL), Banco de Desarrollo de América Latina (CAF), 2018.
11. Progreso en la gestión de los recursos hídricos y el saneamiento en América Latina, Banco Mundial, 2018.
12. Report: Making Net-Zero Concrete and Cement Possible, Mission Possible Partnership, 2023.
13. GCCA Roadmap Template, European Cement Research Academy GmbH (ECRA), 2022.
14. Technology Roadmap Low-Carbon Transition in the Cement Industry, International Energy Agency (EIA), 2018.



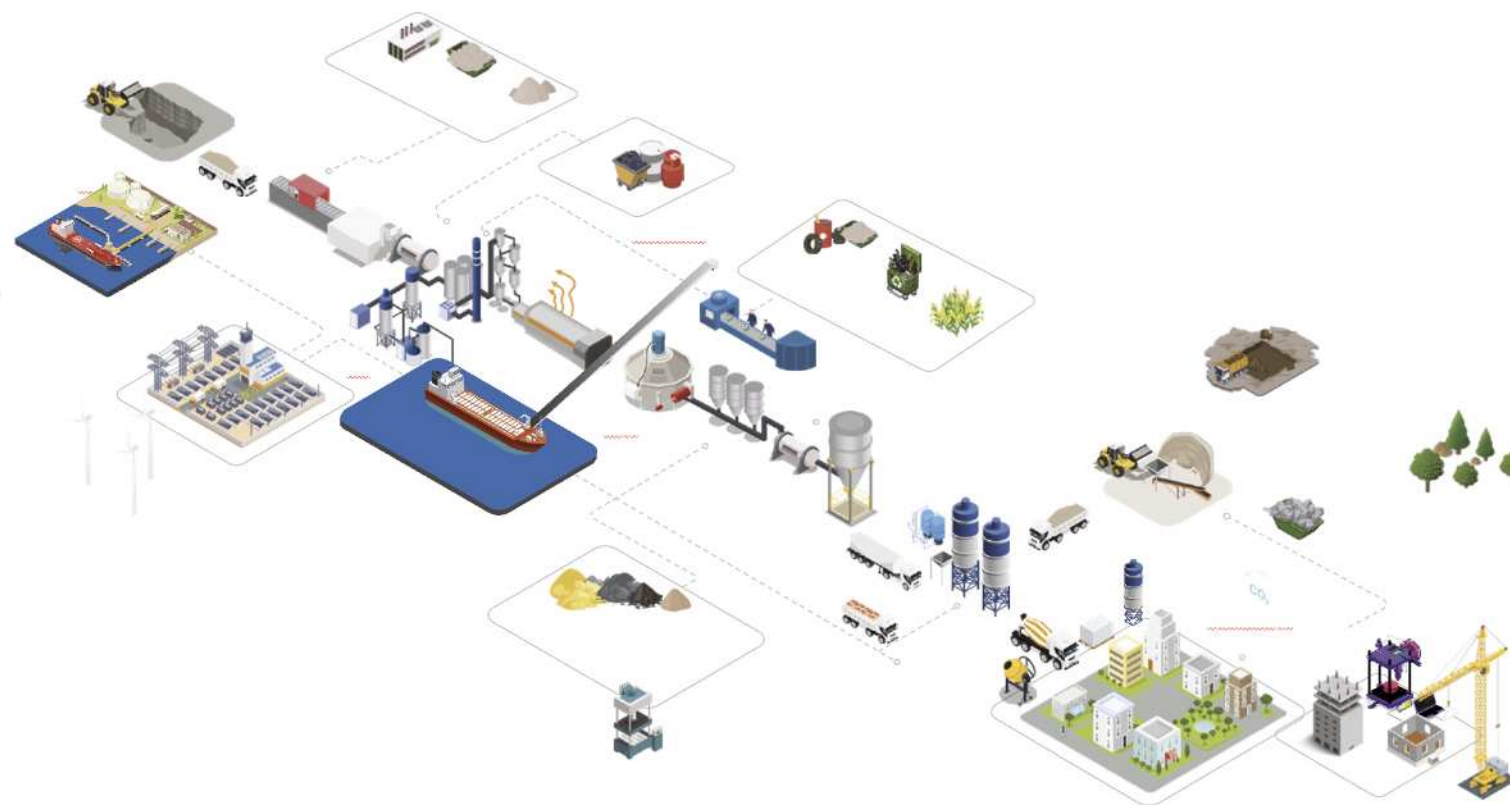
UNITED NATIONS  
INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION

NET ZERO  
PARTNERSHIP



# ANEXOS

# PROCESO PRODUCTIVO



# Anexo 1

Medidas de Eficiencia en  
Diseño & Construcción

MEDIDAS PARA EFICIENCIA EN DISEÑO & CONSTRUCCIÓN	POTENCIAL	FACTIBILIDAD
Diseño para larga vida en servicio y extender la vida útil de las estructuras existentes, incluida la refuncionalización y mantenimiento.	Alto	Baja
Ampliar el uso de lean design, BIM y herramientas de IA aplicadas para mejores decisiones en etapa de diseño, proyecto y gestion.	Alto	Media
Especificar resistencia del hormigón a 56 o 90 días en lugar de 28 días.	Medio	Media
Prefabricación y otras soluciones de industrialización, junto con sistemas mixtos (Prefabricados + In-situ).	Medio	Baja
Segmentar la especificación del hormigón según tipo de elemento estructural. Hormigón de mayor resistencia en elementos comprimidos.	Medio	Media
Evaluación del ciclo de vida completo de las construcciones, para optimizar el diseño estructural, la elección del constructivo y la reducción del carbono CO2 operacional.	Medio	Media
Reducir los desperdicios de hormigón por especificación exacta del volumen necesario, mejor especificación del cliente del hormigón requerido.	Medio	Alta
Recuperación de descartes de hormigón y reúso como agregado reciclado grueso y fino.	Medio	Alta
Utilizar especificaciones por desempeño en reemplazo de especificaciones prescriptivas.	Medio	Baja
Mejorar las prácticas en la construcción en hormigón: asegurar espesores de recubrimiento, curado efectivo, manejo y colocación del hormigón.	Bajo	Media
Mayor uso de estructuras postensadas en estructuras de grandes luces.	Bajo	Baja



# Anexo 2

Canales de distribución del Hormigón, Factor Clínter correspondiente y Uso del Hormigón

CANALES / FACTOR CLINKER / USO		LB	2030	2050
Hormigón Premezclado	%	35%	39%	42%
Factor clínter	%	77%	75%	69%
Infraestructura	%	50%	50%	50%
Construcción Estructural	%	50%	50%	50%
Construcción No Estructural	%	0%	0%	0%
Sacos	%	53%	47%	43%
Factor clínter	%	57%	55%	52%
Infraestructura	%	20%	20%	20%
Construcción Estructural	%	40%	40%	40%
Construcción No Estructura	%	40%	40%	40%
Silo en Obra	%	7%	7%	7%
Factor clínter	%	77%	72%	67%
Infraestructura	%	100%	100%	100%
Construcción Estructural	%	0%	0%	0%
Construcción No Estructura	%	0%	0%	0%
Prefabricados	%	5%	7%	7%
Factor clínter	%	80%	75%	67%
Infraestructura	%	80%	80%	70%
Construcción Estructural	%	20%	20%	30%
Construcción No Estructural	%	0%	0%	0%

# Anexo 3

Detalle Matriz  
Combustibles y  
Eficiencia Térmica

COMBUSTIBLE		LB	2030	2040	2050
FOSILES TRADICIONALES	%	93%	90%	84%	77%
Gas Natural	%	82%	82%	79%	75%
Petcoke	%	11%	8%	5%	2%
CDR FOSIL	%	3%	5%	7%	8%
Residuos Sólidos (RSU/RIS)	%	1%	2%	3%	4%
Neumáticos Fuera de Uso	%	1%	2%	2%	2%
Otros Residuos	%	1%	1%	2%	2%
BIOMASA	%	4%	5%	8%	10%
Residuos Agrícolas	%	3%	4%	5%	7%
Maderas	%	0%	0%	1%	1%
Otros Residuos Biomasa	%	1%	1%	2%	2%
COPROCESAMIENTO	%	7%	10%	15%	18%
HIDROGENO	%	0%	0%	1%	5%
EFICIENCIA TERMICA	MJ/TCK	3.425	3.400	3.350	3.300

# SIGLAS

- **AI:** Inteligencia artificial
- **AFOLU:** Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra.
- **AG:** Aglutinante (binder)
- **BAU:** Business as Usual (Bajo las mismas condiciones)
- **C&A:** Cemento y adiciones
- **CCUS:** Carbon Capture, Use and Storage (Captura, Uso y Almacenamiento de Carbono)
- **CEPAL:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe
- **D&C:** Diseño y construcción
- **ECRA:** European Cement Research Academy (Academia Europea de Investigación del Cemento)
- **FE:** Factor de Emisión
- **FICEM:** Federación Interamericana del Cemento
- **GCCA:** Asociación Global del Cemento y Concreto
- **GEI:** Gases de Efecto Invernadero
- **GNR:** Getting the Numbers Right (Obteniendo los Números Correctos)
- **IPCC:** Panel de Expertos sobre el Cambio Climático
- **LAC:** América Latina y el Caribe
- **LB:** Línea de Base
- **LCH:** Low Carbon Hydrogen (Hidrógeno Bajo en Carbono)
- **MC:** Meta condicionada a financiamiento interno/externo
- **MJ:** Mega Joule
- **MNC:** Meta no condicionada a financiamiento interno/externo
- **MRV:** Medición, Reporte y Verificación
- **Mt:** Millones de toneladas
- **MWh:** Mega Watt hora
- **NDC:** Nationally Determined Contributions (Contribuciones Nacionalmente Determinadas)
- **P2P:** Del enfoque prescriptivo al prestacional RCD: Residuos de construcción y demolición
- **RILEM:** sigla en francés de la Unión Internacional de Laboratorios y Expertos en Materiales, Sistemas y Estructuras de Construcción
- **RMX:** Readymix concrete (hormigón premezclado) SBN: Soluciones Basadas en la Naturaleza
- **SCM:** Materiales cementicios suplementarios
- **TRL:** Technology Readiness Level (Nivel de Madurez Tecnológica)
- **TWh:** Tera Watt Hora
- **USD:** Dólares Estadounidenses



#### LIMITACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Las estimaciones, proyecciones, definiciones de marcos regulatorios y otros aspectos de esta Hoja de Ruta se basan en el estado actual de la tecnología y los datos disponibles, considerando las fuentes accesibles en el momento de su elaboración. El contenido mencionado puede ajustarse o mejorarse a medida que se disponga de nueva información legal, técnica o científica.

Esta Hoja de Ruta es de uso interno por parte de la industria y su uso público será definido por AFCP.

Cualquier inversión o proyecto deberá estar precedido por estudios específicos y detallados que evalúen la viabilidad técnica, financiera y legal en cada caso particular.



# FICEM

FEDERACIÓN INTERAMERICANA  
DEL CEMENTO