

# HOJA DE RUTA

de la industria española del cemento  
PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CARBONO A 2050





# RESUMEN EJECUTIVO

El cambio climático ya es una realidad. Para afrontar con éxito los retos globales a los que nos enfrentamos es necesario adoptar soluciones técnicas innovadoras basadas en nuevas formas de construcción.

La transición completa hacia una economía circular, neutra en carbono y con cero residuos es, y debe ser, una responsabilidad compartida. Las necesidades sociales son muy variadas y están centradas en el desarrollo y mantenimiento de nuevas ciudades bajas en carbono y en las que no se generen residuos; en la movilidad y en las infraestructuras; todas ellas con el fin de mejorar y gestionar la biocapacidad del planeta, los ecosistemas y, en consecuencia, los hábitos y estilos de vida.

Para adaptarnos a esta nueva situación, el sector cementero tiene mucho que aportar. Aunque hay efectos ambientales negativos asociados al proceso de fabricación del cemento -la industria del cemento es la responsable de aproximadamente el 5% de las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por el hombre-, la huella de carbono del proceso de producción se ve compensada a lo largo de la vida útil de los edificios e infraestructuras realizados con hormigón, por su durabilidad, inercia térmica y bajo mantenimiento, entre otras propiedades.

La hoja de ruta marcada por la industria española del cemento presenta la visión sectorial según la cual, aplicando medidas en gran parte convencionales, la huella de CO<sub>2</sub> del cemento podría reducirse en un 35% en comparación con los niveles del año 1990.

Para su elaboración se ha tenido en cuenta el potencial de algunos ejes de reducción que podrían aumentar en gran medida este porcentaje. Nos referimos a la aplicación de nuevas tecnologías emergentes, como la captura y almacenamiento de carbono (CAC), que con el apoyo de políticas específicas y ciertos requisitos tecnológicos previos, permitirían alcanzar una reducción potencial del 80% en el año 2050.

Pero debemos añadir además que, incluso con los procesos más eficientes, una parte de las emisiones de CO<sub>2</sub> vinculadas a la producción de cemento no se pueden evitar, por lo que para reducir las emisiones de manera significativa, el papel de las tecnologías CAC pasa a ser fundamental. En este sentido, es necesario apuntar que, desde un punto de vista técnico, es muy probable que estas tecnologías no estén disponibles para la industria del cemento antes del año 2030.

A photograph of a modern architectural space featuring a curved concrete wall and floor. The wall is composed of large, light-colored concrete panels. The floor is a smooth, light-colored surface that curves along the base of the wall. The lighting is soft and even, highlighting the textures of the concrete.

La industria del cemento ha hecho del cambio climático un elemento estratégico clave. Desde hace años, el sector cementero aporta soluciones innovadoras para reducir su impacto y desarrolla nuevos productos para la industria de la construcción que mitigan los efectos del cambio climático

# ANTECEDENTES

## La COP21 y el Acuerdo internacional de París

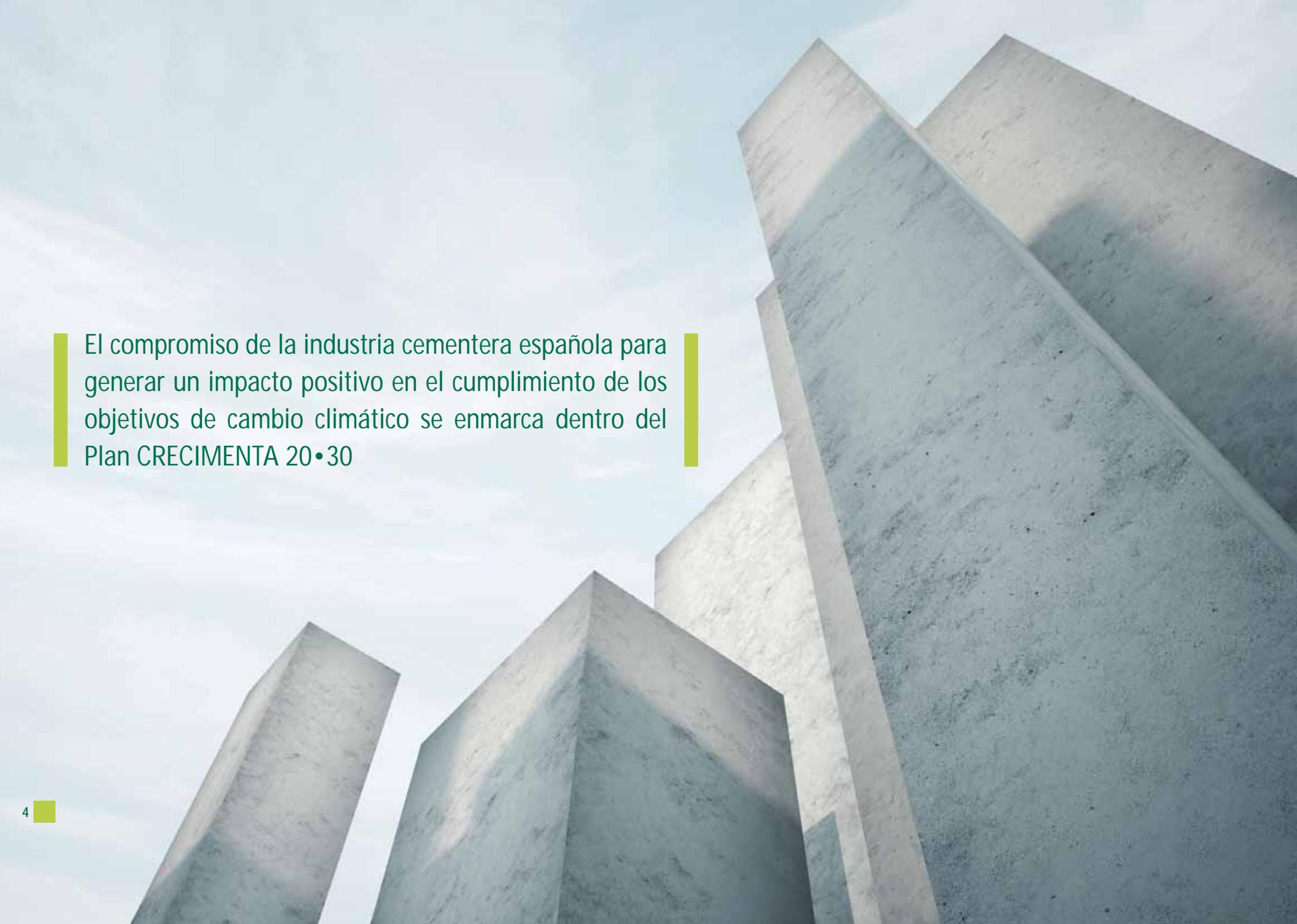
A finales de 2015, París albergó la 21ª reunión anual de la Conferencia de las Partes (COP) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC) o COP21. El resultado de este encuentro fue un acuerdo internacional para tratar de limitar el incremento de la temperatura global por debajo de 2 °C respecto a los niveles preindustriales, instando a los países firmantes a ser más ambiciosos a la hora de promover esfuerzos adicionales que hagan posible que el calentamiento global no supere los 1,5 °C.

El acuerdo marca un hito histórico ya que compromete a los países firmantes a que, cada cinco años, comuniquen y mantengan sus objetivos de reducción de emisiones, así como la puesta en marcha de políticas y medidas para alcanzar dichos objetivos, al tiempo que hace un llamamiento a los países desarrollados a descarbonizarse más rápido que los países en vías de desarrollo.

## El compromiso de la industria cementera

En el año 2008, los líderes del G8 reunidos en Hokkaido solicitaron a la Agencia Internacional de Energía (IEA por sus siglas en inglés) desarrollar un conjunto de hojas de ruta dedicadas a fomentar la utilización de tecnologías bajas en emisiones de carbono para las industrias más importantes en términos de oferta y demanda. Así, reconociendo la urgencia manifiesta de identificar la tecnología requerida para reducir la intensidad carbónica (CO<sub>2</sub>) en el proceso de producción del cemento, la IEA trabajó con la industria cementera de la mano del Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD por sus siglas en inglés) en el desarrollo de la "Guía para la Tecnología Cementera 2009. Reducciones de emisiones de carbono hasta el 2050" (1), convirtiéndose en la primera guía para un sector específico.

Posteriormente, ya en 2013, Cembureau (Asociación Europea de Fabricantes de Cemento) publicó el documento "The role of cement in the 2050 low carbon economy" (2), en el que se exponían las actuaciones específicas que la industria del cemento europea podía desarrollar hacia una economía baja en carbono. En este documento se planteaba el papel crucial que la industria del cemento y el hormigón puede desempeñar para alcanzar los requisitos y objetivos estratégicos de la Unión Europea en materia de empleo, innovación, educación, integración social, clima y energía.



El compromiso de la industria cementera española para generar un impacto positivo en el cumplimiento de los objetivos de cambio climático se enmarca dentro del Plan CRECIMENTA 20•30

# NUESTRA VISIÓN

La industria cementera española inició en la década de los noventa su transición hacia una economía baja en carbono. Desde entonces, ha hecho un importante esfuerzo para contribuir a reducir su impacto medioambiental, mitigando sus emisiones, implementando programas de eficiencia energética, utilizando materias primas alternativas, aprovechando combustibles alternativos y participando en iniciativas voluntarias. Aunque se ha avanzado mucho, todavía hay un largo camino por recorrer.

El compromiso de la industria cementera española para generar un impacto positivo en el cumplimiento de los objetivos de cambio climático se enmarca dentro del Plan CRECIMENTA 20•30. Se trata de un programa ambicioso y factible desarrollado por Oficemen para promover un crecimiento sostenible mediante la recuperación en el año 2020 de un nivel de producción anual estable de 30 millones de toneladas de cemento (media de los últimos 50 años), reforzarse en Europa e impulsar la competitividad del sector fuera del continente.

Entre los objetivos estratégicos medioambientales que recoge el Plan CRECIMENTA 20•30 está ayudar a la implantación efectiva de la jerarquía de gestión y tratamiento de residuos apostando por la utilización de combustibles alternativos en detrimento de su eliminación en vertedero, reducir el uso de materias primas no renovables, contribuir

de forma eficaz al incremento de la independencia energética de nuestro país y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

En esta misma línea, a finales de 2015, la Comisión Europea adoptó también un ambicioso programa para realizar la transición de Europa hacia una economía circular, impulsar la competitividad, fomentar el crecimiento económico sostenible y crear empleo, todo ello con el objetivo de "cerrar el círculo". Este plan de acción abarca por primera vez la vida útil de los productos, desde su diseño hasta su eliminación, fomentando el reciclaje, la reparación o la reutilización. Además, el programa incluye la revisión de las directivas en materia de residuos que ha culminado con la presentación de unos objetivos de reciclaje más ambiciosos.

La utilización de residuos como combustibles y como alternativa al uso de materias primas tradicionales llevada a cabo por nuestra industria, supone pues una importante contribución a este nuevo enfoque, permitiendo solucionar una parte de los problemas a los que se enfrenta la sociedad en cuanto a la gestión de los residuos. Además, el programa adoptado por la Comisión recoge otros elementos de especial relevancia para la elaboración de esta hoja de ruta, como la importancia de la evaluación del rendimiento medioambiental de los edificios a lo largo de su ciclo de vida.



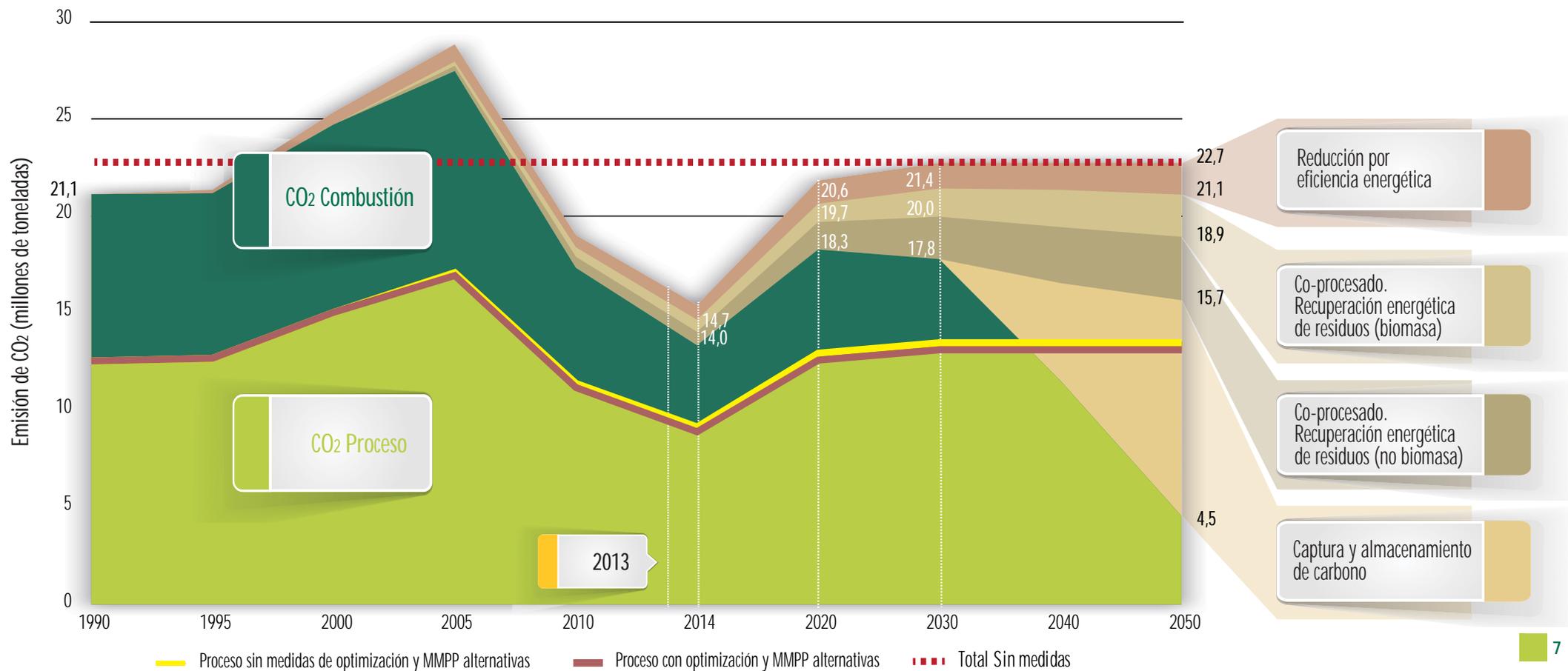
# LA HOJA DE RUTA DE LA INDUSTRIA ESPAÑOLA DEL CEMENTO PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CARBONO A 2050

La hoja de ruta marcada por la industria española del cemento presenta la visión sectorial según la cual, aplicando medidas en gran parte convencionales, la huella de CO<sub>2</sub> del cemento podría reducirse en un 35% en comparación con los niveles del año 1990.

Para su elaboración se ha tenido en cuenta el potencial de algunos ejes de reducción que podrían aumentar en gran medida este porcentaje. Nos referimos a la aplicación de nuevas tecnologías emergentes como la captura y almacenamiento de carbono (CAC), que con el apoyo de políticas específicas y ciertos requisitos tecnológicos previos, permitirían alcanzar un reducción potencial del 80% en el año 2050.

La hoja de ruta marcada por la industria española del cemento presenta la visión sectorial según la cual, aplicando medidas en gran parte convencionales, la huella de CO<sub>2</sub> del cemento podría reducirse en un 35% en comparación con los niveles del año 1990

■ Hoja de ruta de la industria española del cemento para la reducción de emisiones de carbono a 2050.





# Ejes de actuación



## 1. Mitigación en la producción

Conscientes de la huella de carbono de nuestro sector de actividad, en la industria cementera aceptamos nuestra responsabilidad cumpliendo los objetivos marcados en cuanto a la reducción de emisiones y demostrando, además, una mejora continua mediante auditorías externas realizadas por entidades acreditadas. Las fábricas integrales de cemento españolas disponen de las mejores técnicas disponibles (MTDs) para la prevención y control de la contaminación en el proceso de fabricación del cemento.

## 1.1. Eficiencia energética

La industria del cemento es la responsable del 5% de las emisiones de CO<sub>2</sub> de origen antropogénico a nivel mundial. Estas emisiones tienen un doble origen:

- Una parte muy significativa (alrededor del 60%) son causadas por la descarbonatación de la materia prima principal (piedra caliza). Estas emisiones denominadas “de proceso” son hoy por hoy irreducibles incluso en el más eficiente de los procesos, ya que están asociadas directamente con la producción de clínker (el ingrediente básico para la fabricación de cemento). El clínker se fabrica en grandes hornos rotatorios al exponer piedra caliza, arcilla y otros minerales a temperaturas elevadas (>1.400 °C). El CO<sub>2</sub> es resultado de la combustión requerida para lograr tales temperaturas y de la síntesis necesaria para la descomposición química de la piedra caliza en cal y CO<sub>2</sub>.
- El otro 40% de las emisiones proviene de los combustibles necesarios para realizar el proceso de clinkerización, que es sobre el que la industria sí puede actuar. Así, el sector cementero español ha optado por sustituir sus hornos por otros energéticamente más eficientes, utilizando las mejores tecnologías disponibles, actualizando progresivamente las instalaciones y optimizando los procesos de producción. En la actualidad, gracias a todo ello, las plantas de cemento españolas se encuentran entre las más eficientes del mundo.

Aunque ya se ha avanzado mucho, en el presente documento se asume que las inversiones en mejoras de eficiencia térmica, permitirán alcanzar: 3.350 MJ/t clínker en 2020; 3.325 MJ/t clínker en 2030; 3.300 MJ/t clínker en 2040; 3.200 MJ/t clínker en 2050.

En el caso del clínker blanco, en 2050 se prevé alcanzar los 5.000 MJ/t clínker.



La industria del cemento es una de las grandes recicladoras de nuestra economía desde hace décadas. En los últimos años, entre el 6 y el 8% de las materias primas utilizadas en la producción de clínker y cemento en España son alternativas, lo que supone un valor medio de 1,5 millones de toneladas al año

### 1.2. Eficiencia de los recursos naturales

La piedra caliza necesaria para fabricar clínker puede ser parcialmente sustituida por una serie de materiales alternativos que contienen calcio. Su uso ofrece numerosos beneficios, entre ellos, una menor necesidad de explotación de las canteras y una menor emisión de CO<sub>2</sub> al tratarse de materiales ya descarbonatados.

El uso de materias primas alternativas descarbonatadas está directamente relacionado con su disponibilidad en las proximidades de la fábrica. Además, puede variar mucho de una instalación a otra debido a que suelen tratarse de residuos o subproductos de otros procesos industriales. Otros factores a tener en cuenta son la necesidad de acondicionamiento para su utilización, la garantía y la estabilidad de su composición.

Todos estos aspectos se han optimizando completamente en las últimas dos décadas, pasando de tener unas emisiones de proceso de 540 t de CO<sub>2</sub>/t clínker en 1990 a las 525 t de CO<sub>2</sub>/t clínker en 2014. A partir de aquí, debido a que las emisiones de proceso son químicamente irreducibles, solo cabría la posibilidad de utilizar tecnologías de captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub> (CAC), con lo que las emisiones se podrían mantener constantes hasta el año 2050.

No obstante, cabe reivindicar que es necesario promover y apoyar la investigación en el uso de materias primas alternativas y garantizar su acceso. Es decir, fomentar la simbiosis entre sectores industriales mediante la optimización del uso de ciertos recursos que ya no tienen utilidad en un sector, y que, por el contrario, se pueden utilizar en otro. En esta misma línea, el sector cementero está trabajando en la investigación de nuevos clínkeres, como los belíticos y los de sulfoaluminato de calcio, con menores temperaturas de clinkerización, así como en el uso de nuevas materias primas que contribuirán a alcanzar este objetivo.

## Para estar en sintonía con la Unión Europea, que camina hacia el denominado “vertido cero”, nuestro país necesita optimizar tanto el reciclado como la valorización de sus residuos

### 1.3. Co-procesado / valorización / recuperación energética de residuos

La producción de cemento es una actividad intensiva en consumo de energía. En la actualidad, la industria del cemento utiliza un mix de carbón, coque de petróleo, biomasa y residuos como fuente de combustible.

La industria española del cemento empezó a utilizar combustibles alternativos en 1992. Desde entonces, ha aumentado constantemente su uso, llegando a utilizar un total de más 5,5 millones de toneladas en los últimos diez años.

El uso de combustibles alternativos tiene un impacto positivo inmediato sobre la huella de carbono de la industria. De esta manera, el sector cementero es capaz de ofrecer una solución sólida y segura a la sociedad y al medio ambiente al sustituir recursos no renovables por residuos, mejorando su gestión (reduciendo el volumen que se deposita en vertederos), contribuyendo a la lucha contra el cambio climático (reduciendo las emisiones de CO<sub>2</sub>), y contribuyendo a la economía circular (minimizando los costes de gestión y, a diferencia de los vertederos, recuperando importantes cantidades de materiales).

Debido a las necesidades de tratamiento previo que requiere, el co-procesado llevado a cabo por el sector cementero favorece la creación y consolidación de redes locales de recogida y tratamiento de los residuos, con la consiguiente creación de puestos de trabajo e impulso de la economía local. Cabe destacar también que, el co-procesado, pese a ser un proceso técnicamente fiable y ofrecer una solución óptima y segura, se encuentra con barreras más fuertes a nivel político y legal que a nivel técnico.

Es importante destacar que más del 20% de los combustibles alternativos utilizados por la industria cementera son biomasa, como harinas animales y lodos de depuradora, con emisiones de CO<sub>2</sub> consideradas neutras. Además, se utilizan otros combustibles alternativos que contienen un alto porcentaje de biomasa, ya que incluyen fracciones de madera, celulosa o caucho natural.

En España existe todavía un amplio potencial de incremento en las tasas de sustitución hasta llegar a alcanzar las cifras de otros países de Europa, que a pesar de contar con mayores niveles de protección ambiental, presentan un porcentaje de sustitución más elevado (Holanda, Suiza, Austria, Alemania, etc.). Para estar en sintonía con la Unión Europea, que camina hacia el denominado “vertido cero”, nuestro país necesita optimizar tanto el reciclado como la valorización de sus residuos. Así, para la elaboración de esta hoja de ruta se ha adoptado una aproximación realista, asumiendo un aumento paulatino de la tasa de sustitución energética basada en la actual situación de Europa, donde hay países con tasas del 80% de sustitución. En el caso del clínker gris, el aumento iría desde un 30% en 2020 a un 45% en 2030, un 60% en 2040 y un 70% en 2050.

En todo el periodo se asume que el 40% de los residuos son biomasa. Para el caso del clínker blanco, el aumento sería lineal desde un 15% en 2020 hasta un 30% en 2050.





#### 1.4. Sustitución de clínker (adiciones)

El clínker es el componente principal en la mayoría de tipos de cemento. Cuando se muele y se mezcla con yeso, reacciona con el agua y se endurece. Otros componentes, minerales también, tienen estas propiedades hidráulicas cuando se muelen y se mezclan con clínker y yeso, particularmente las escorias de horno alto (de la industria del hierro o acero), las cenizas volantes (de las centrales eléctricas de carbón) y los materiales volcánicos naturales (puzolanas).

Estos componentes pueden ser usados para sustituir parcialmente el clínker del cemento, reduciendo por tanto, los volúmenes utilizados y también las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a su producción. Pero existen ciertas limitaciones a esta sustitución:

- La disponibilidad de componentes alternativos que pueden ser utilizados varía considerablemente.
- Las propiedades de los materiales de sustitución.
- Las normas armonizadas. El cemento en Europa se tiene que fabricar de acuerdo a la norma armonizada EN 197-1 que recoge los 27 tipos de cemento comunes según sus constituyentes principales.

La producción de los distintos tipos de cemento depende de las aplicaciones en las que se vaya a utilizar según los requisitos técnicos de los prescriptores y la normativa europea. Por tanto, el margen en la optimización de las adiciones está limitado por la demanda y la legislación del producto.

### 1.5. Captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>

Como ya se ha indicado anteriormente, incluso con los procesos más eficientes, una parte de las emisiones de CO<sub>2</sub> vinculadas a la producción de cemento no se puede evitar.

La captura y almacenamiento de carbono (CAC) es una tecnología nueva que se presenta como una solución a largo plazo. Actualmente está siendo probada a gran escala en el sector de la energía; pero aún no se ha testado a escala industrial en la producción de cemento. Esto fundamentalmente es debido a la inmadurez de la propia tecnología, sus elevados costes de operación y a la falta de fondos europeos que ayuden a fomentar el desarrollo de las técnicas necesarias que permitan su incorporación de forma viable y sostenible.

Las metodologías de captura de CO<sub>2</sub> más adecuadas para la producción de cemento se dividen en:

- Post-combustión: se refieren a mecanismos aplicados a final de línea que no requerirían cambios fundamentales en el proceso de producción de clínker, por lo que podrían aplicarse tanto en hornos nuevos como en hornos existentes.
- Oxidcombustión: supone utilizar oxígeno en lugar de aire en los hornos, lo que daría lugar a un flujo de CO<sub>2</sub> relativamente puro. Aún es necesario ahondar más en esta línea de investigación para comprender todos los impactos potenciales en el proceso de producción del clínker. Actualmente, la tecnología de oxidcombustión está siendo testada en plantas de energía a pequeña escala, por lo que los resultados obtenidos podrán ser útiles para los hornos de cemento en el futuro.

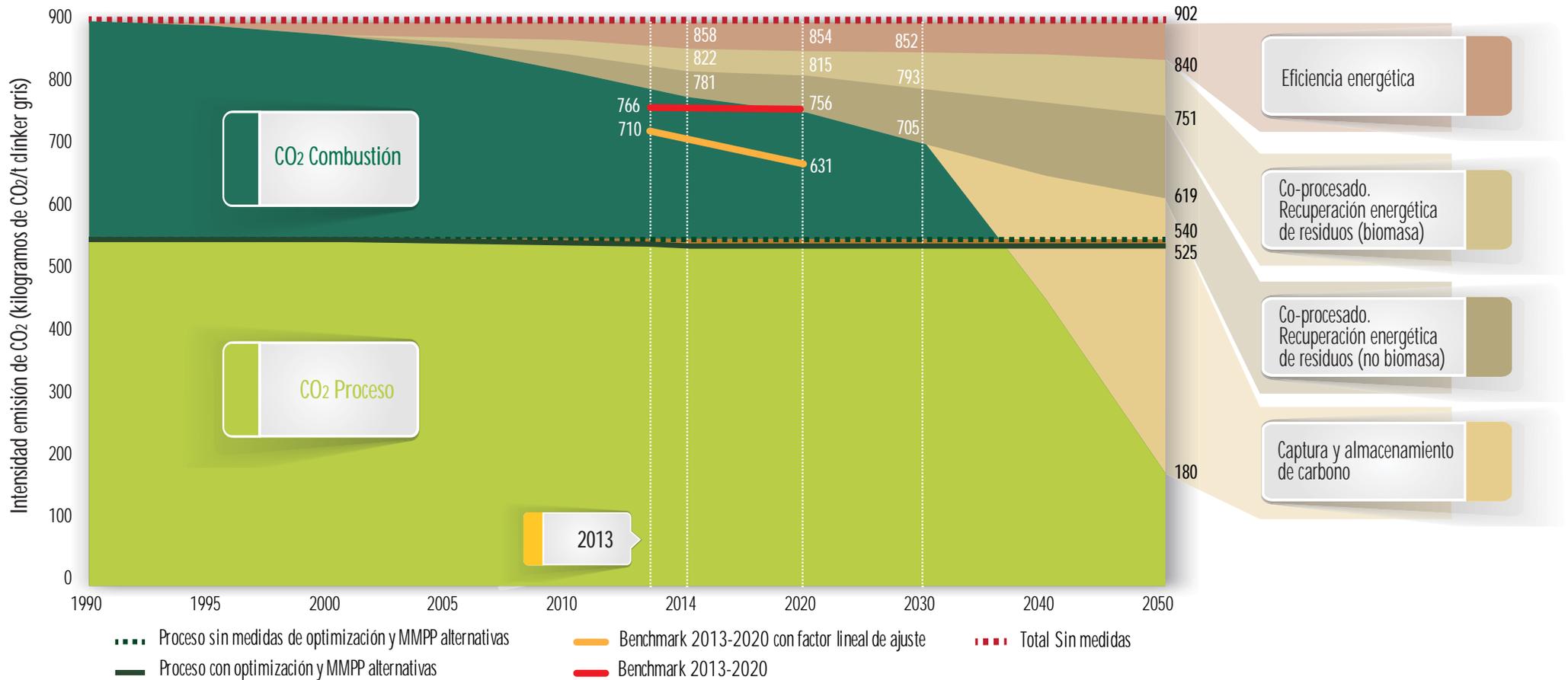
Los resultados iniciales muestran que las actuales técnicas disponibles podrían captar el 80% de las emisiones de CO<sub>2</sub>. No obstante, la tecnología de captura y almacenamiento de carbono (CAC) aumentaría los costes de producción de un 25 a un 100%, ya que requieren importantes inversiones y un considerable aumento del consumo de energía eléctrica. Así, se prevé que la tecnología CAC podrá ser técnica y económicamente viable en torno al año 2030.

La tecnología CAC podrá ser  
técnica y económicamente  
viable en torno al año 2030

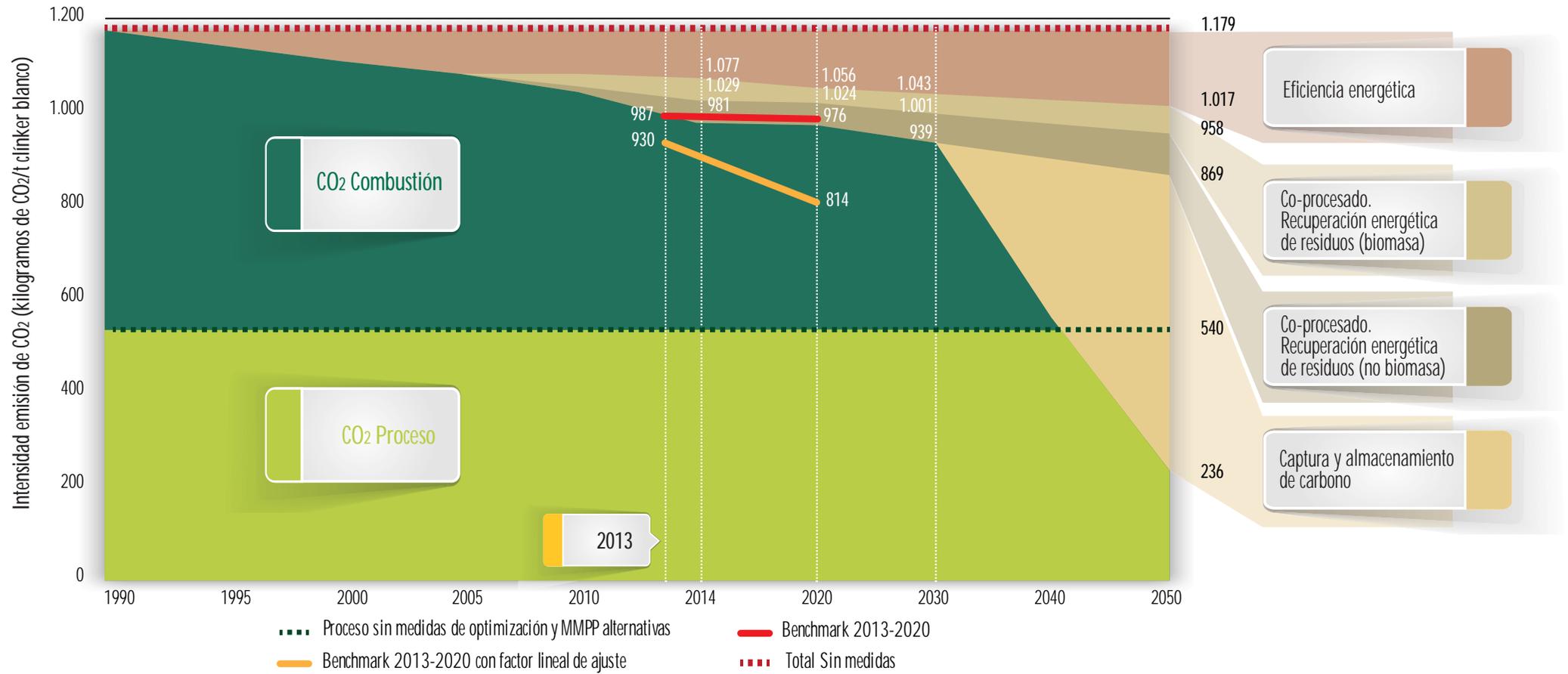




■ Intensidad de emisión de CO<sub>2</sub> (kilogramos de CO<sub>2</sub>/t clinker gris).



■ Intensidad de emisión de CO<sub>2</sub> (kilogramos de CO<sub>2</sub>/t clinker blanco).





# Ejes de actuación

## 2. Mitigación en el uso

Creemos firmemente que los productos con base cemento deben jugar un papel primordial en la transición hacia una construcción más sostenible, sustituyendo las formas tradicionales de construir por otras más ventajosas, económicas y durables. Con este fin, el sector cementero está potenciando sus procesos de innovación para desarrollar productos más respetuosos con el medio ambiente.

En el ciclo de vida completo de nuestros materiales, desde su producción hasta su uso, se están teniendo en cuenta acciones para mitigar el cambio climático. Se trata de una búsqueda de respuestas innovadoras que permitan reducir el impacto de nuestras fábricas y a la vez ofrecer soluciones a los retos de la sociedad actual. Esto incluye la eficiencia energética de los edificios y la contribución a la construcción de mejores ciudades, con el objetivo de ser más compactas, más duraderas, mejor conectadas, más estéticas y con mejores viviendas.





## 2.1. Eficiencia energética de la edificación

En Europa aproximadamente el 40% del consumo energético actual se debe a los edificios. Así, el cumplimiento de los objetivos en materia de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> pasa necesariamente por su drástica reducción.

Para reducir este consumo energético y, por lo tanto, las emisiones de CO<sub>2</sub>, es necesario reducir previamente la demanda de energía del edificio mediante la utilización de sistemas pasivos de aislamiento y materiales con una alta inercia térmica (capacidad que tiene la masa de conservar la energía térmica recibida e ir liberándola progresivamente).

Esta ventaja que aportan algunos materiales, como el hormigón, mejora el comportamiento energético de los edificios, ya que permite la amortiguación en la variación de las temperaturas, es decir, evita desfases entre la temperatura interior respecto a la exterior, haciendo de esta forma que el edificio se mantenga durante más tiempo en una zona de confort térmico y reduciendo por tanto así el consumo energético.

Las características físicas del hormigón le confieren una gran inercia térmica, lo que permite predecir un comportamiento energético óptimo del edificio en el caso de que el hormigón forme su núcleo interno (estructura) y externo (fachada) y cubierta.

Así, podemos destacar que la utilización del hormigón como cerramiento de fachadas y cubiertas en la edificación, presenta los siguientes beneficios:

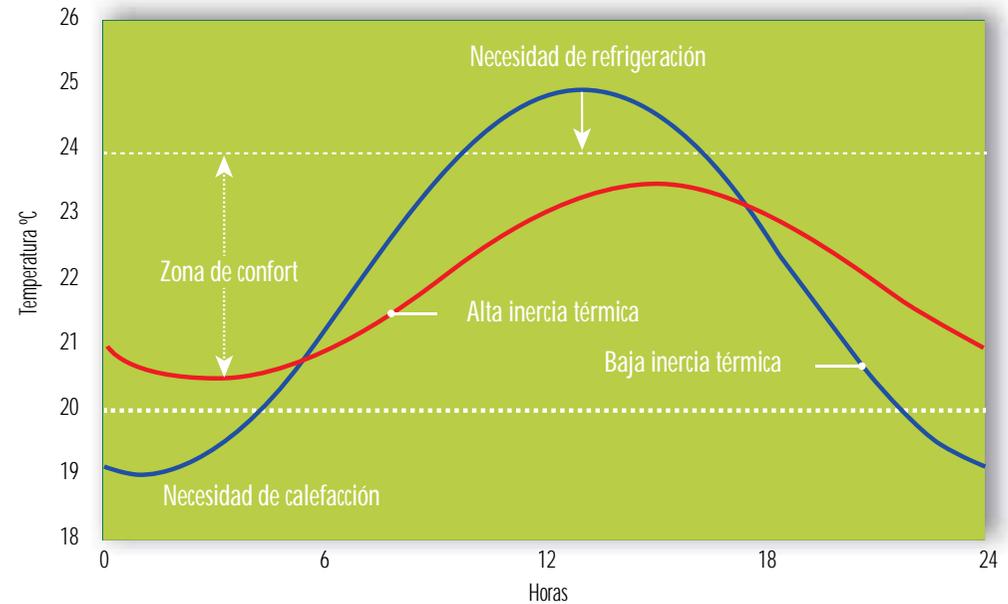
- Reduce el consumo energético de calefacción.
- Suaviza las variaciones de la temperatura interna.
- Retrasa las temperaturas máximas en oficinas y edificios comerciales hasta la salida de sus ocupantes.
- Reduce los picos de las temperaturas (máximas y mínimas), llegando a poder prescindir de la climatización.
- Puede emplearse conjuntamente con la ventilación nocturna eliminando la necesidad de enfriamiento durante el día.
- Hace un mejor uso de las fuentes de calefacción de baja temperatura, como las bombas de calor para suelos radiantes.

Este comportamiento del hormigón permite ahorros de entre un 44 y un 67% de la energía de climatización (calefacción y aire acondicionado) demandada por una vivienda tipo, lo que equivale a un ahorro de entre 2.490 kWh y 3.740 kWh cada año en el consumo eléctrico equivalente.





■ Atenuación de los picos de temperatura gracias a la inercia térmica del hormigón.



## 2.2. Secuestro de CO<sub>2</sub> por parte del hormigón

Como ya se ha explicado, durante el proceso de producción del cemento se emite CO<sub>2</sub> como resultado de la descarbonatación de la caliza. Posteriormente, a consecuencia de un proceso opuesto denominado recarbonatación, el CO<sub>2</sub> es capturado por el hormigón durante el transcurso de su vida útil.

En los pavimentos de hormigón armado continuo, por ejemplo, la armadura está a una profundidad de 6 o más cm, dependiendo del diseño. Esta profundidad es suficiente para asegurar que durante la vida útil del pavimento las armaduras no se van a ver afectadas por la recarbonatación. Aunque el secuestro de CO<sub>2</sub> por parte del hormigón es limitado, implica un ahorro significativo ya que la profundidad de carbonatación solamente es de 5 a 10 mm después de un periodo de 40 años.

Cabe destacar también que hay estudios que demuestran que la cantidad de CO<sub>2</sub> capturado después de 40 años por un

muro de 20 cm de espesor y expuesto por ambos lados es aproximadamente 20 kg por m<sup>3</sup> de hormigón.

En el caso de las carreteras de hormigón, al estar expuesta solamente por una cara, el CO<sub>2</sub> capturado corresponde a un 5% del CO<sub>2</sub> necesario para la producción de un cemento con escorias siderúrgicas para la misma superficie de pavimento. Si al final de la vida útil de la carretera, el hormigón del pavimento se tritura, continúa existiendo un alto potencial para capturar CO<sub>2</sub> cuando los escombros se almacenan al aire libre, debido a que el área específica del hormigón triturado es mucho mayor y, por tanto, la reacción se produce más rápidamente. Si analizamos el ciclo de vida completo, el total de CO<sub>2</sub> absorbido representa, aproximadamente, entre el 10 y 25% de la cantidad total de CO<sub>2</sub> liberado durante el proceso de producción de 400 kg de cemento con escorias de horno alto necesarios para fabricar dicho hormigón.



## Para una autovía tipo, un pavimento de hormigón evitaría la emisión de 71 toneladas de CO<sub>2</sub> por kilómetro y año

### 2.3. Consumo de combustible en pavimentos de hormigón

En Europa el sector transporte genera el 20% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero (GEI) y consume el 39% de la energía. A su vez, el transporte por carretera representa el 80% del consumo total de la energía del sector transporte y el 86% del transporte total de mercancías. Estos datos reflejan que para lograr los compromisos adquiridos por la Unión Europea en materia de mitigación del cambio climático, es fundamental adoptar medidas para aumentar la sostenibilidad del transporte por carretera.

Las variables que influyen en el consumo de combustible de los vehículos cuando circulan sobre una carretera son muchas y muy variadas, y van desde la textura superficial, hasta el estado de conservación del firme.

Entre estos factores, uno de los más relevantes, si no el que más, es la rigidez. Una mayor rigidez del firme implica una menor disipación de energía por la deformación del pavimento y, por lo tanto, un menor consumo de combustible de los vehículos.

Para una autovía tipo, un pavimento de hormigón evitaría la emisión de 71 toneladas de CO<sub>2</sub> por kilómetro y año.

### 2.4. Efecto del hormigón sobre las islas de calor

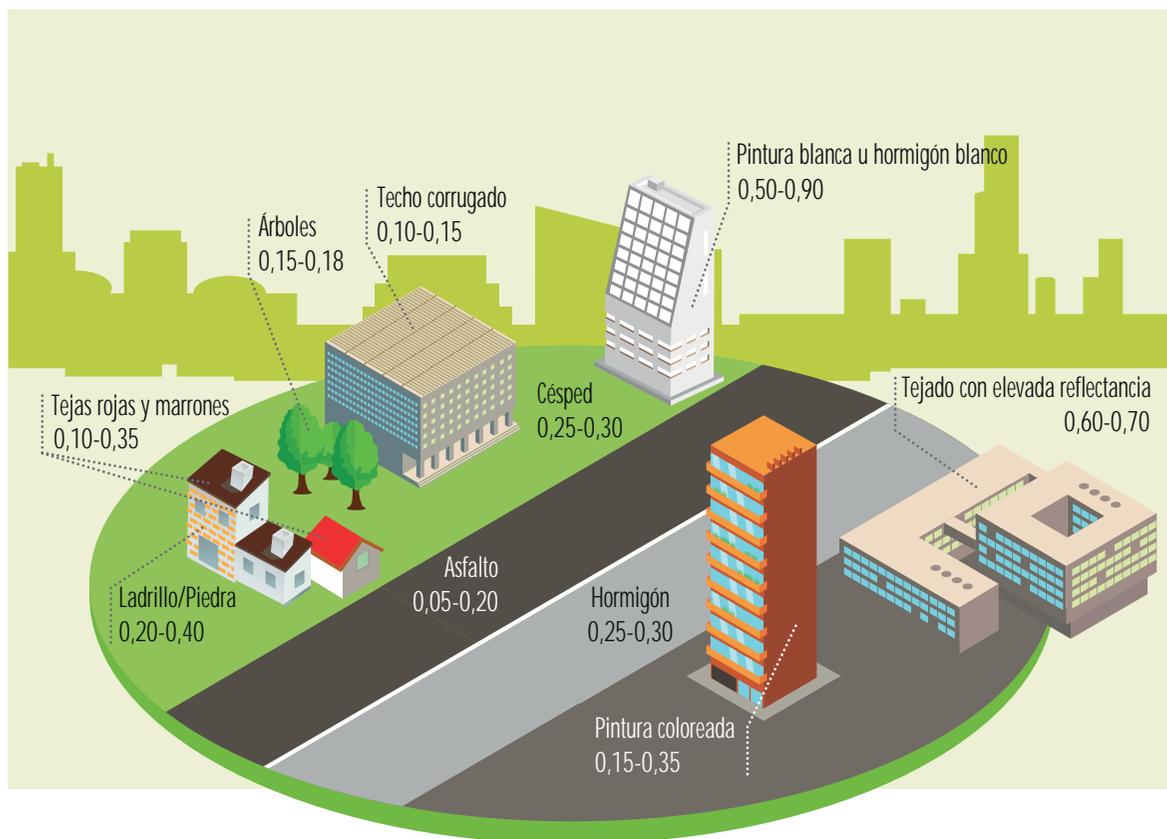
El fenómeno conocido como “isla de calor” que se produce en los centros urbanos consiste en la dificultad de disipar el calor durante las horas nocturnas, debido a que los edificios y pavimentos desprenden durante la noche el calor acumulado durante el día. Las islas de calor suponen un incremento de la temperatura en entornos urbanos de hasta 4 °C en los meses de verano, lo que implica, no sólo una pérdida de confort térmico para sus habitantes, sino un incremento del consumo de los sistemas de climatización de los edificios.

Sabemos que la cantidad de calor que absorbe una superficie depende en gran medida del porcentaje que refleja respecto a la radiación que incide sobre la misma (albedo). Así, las superficies claras tienen valores de albedo superiores a las oscuras, y las brillantes más que las mates. El hormigón es un material de color claro, cuyo albedo es superior al del césped o al de la vegetación y, por supuesto, mucho mayor que el de otros materiales de construcción.

Teniendo en cuenta que la reflectancia máxima es 1, la reflectancia media de un hormigón de cemento gris se sitúa entre 0,35 y 0,40 y puede llegar a 0,70 en el caso de que el cemento utilizado contenga escorias o se trate de un cemento blanco.

La utilización de pavimentos de hormigón en entornos urbanos, podría, gracias a su mayor reflectancia, llegar a reducir la temperatura ambiente de la ciudad en hasta 3 °C, lo que incrementaría su adaptabilidad a las consecuencias del cambio climático y, adicionalmente, supondría un ahorro energético en refrigeración derivado de una menor temperatura ambiente. Se estima que, sólo en Estados Unidos, este tipo de medidas tienen un potencial de ahorro anual de 1.000 millones de dólares (" Global cooling: effect of urban albedo on global temperature" , H. Akbari, 2007), (3).

■ Albedo de las superficies urbanas típicas (3). (Fuente: NASA, Akbari, and Thayer).





# Ejes de actuación

## 3. Adaptación

Pese a la mitigación, el cambio climático es ya una realidad y, por tanto, la sociedad necesita adaptarse y protegerse frente a sus consecuencias actuales y futuras. Según los expertos, los sucesos que se produzcan por condiciones meteorológicas extremas, como inundaciones, aumentos del nivel del mar y desastres naturales, impondrán exigencias sin precedentes a la sociedad, haciendo necesaria la construcción urgente de edificios e infraestructuras seguras.

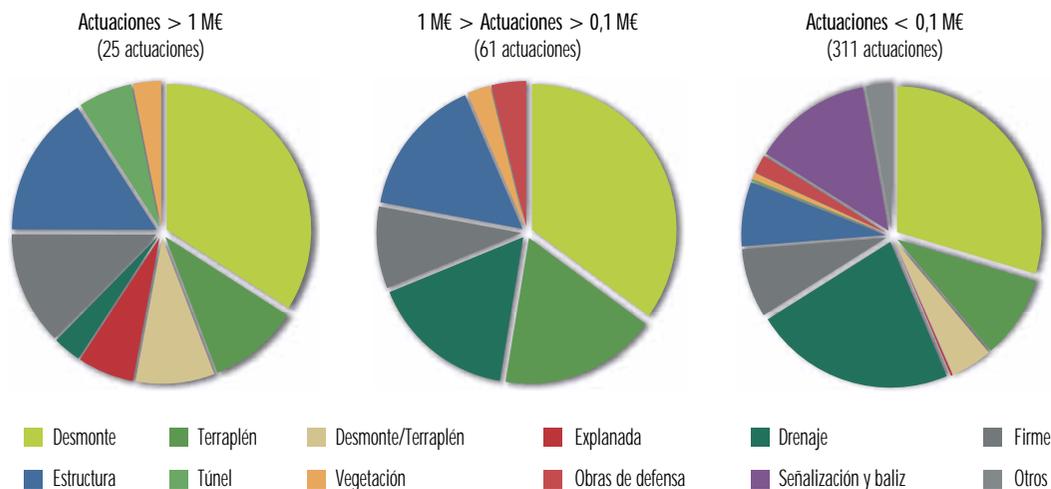
El hormigón puede desempeñar un papel fundamental a la hora de combatir y prevenir las consecuencias negativas del

cambio climático, protegiendo a las personas, los edificios y el entorno. Al ser un material robusto y versátil, es capaz de hacer frente a la mayor severidad de las condiciones meteorológicas.

Además, el hormigón es extremadamente duradero. Viviendas, escuelas, hospitales y presas adecuadamente diseñadas y construidas ofrecerán soluciones no sólo a las generaciones actuales sino también a las futuras debido a su longevidad. A esto se suma que las obras de hormigón se recuperan rápidamente en caso, por ejemplo, de daños producidos por el agua, reduciéndose de esta forma el tiempo necesario para reparar la zona afectada.



- Principales componentes de la infraestructura vial donde se han realizado actuaciones de reparación/rehabilitación por causa de eventos climáticos.



### 3.1. Infraestructuras del transporte

El cambio climático es una realidad que irremediablemente afectará a la explotación de todo tipo de infraestructuras públicas.

Las lluvias torrenciales afectarán a los elementos de drenaje, taludes y terraplenes de las infraestructuras lineales. Además, también es previsible que los fenómenos climatológicos extremos provoquen un aumento de impactos localizados (por ejemplo, en puentes y viaductos) que pueden poner en riesgo la seguridad de circulación de los vehículos.

En el caso de los puertos existentes, se prevé que la subida del nivel del mar sea, con carácter general, el fenómeno con mayor incidencia sobre la operativa portuaria en los próximos

años. Es probable que esta subida del nivel del mar implique una mayor frecuencia e intensidad en los fenómenos de rebalse de los diques de cierre, una menor altura de la cota de coronación de los diques y sus espaldones y mayor calado en los diques, un posible aumento de la agitación interior, una subida del nivel freático en muelles y explanadas y la afectación a desagües de pluviales a dársena por disminución de la pendiente disponible.

A no ser que se realice una inversión preventiva que permita la adecuación de las infraestructuras al cambio climático, los costes de explotación se incrementarán de manera insostenible, poniendo en riesgo incluso la seguridad de los usuarios.





### 3.2. Regulación hídrica

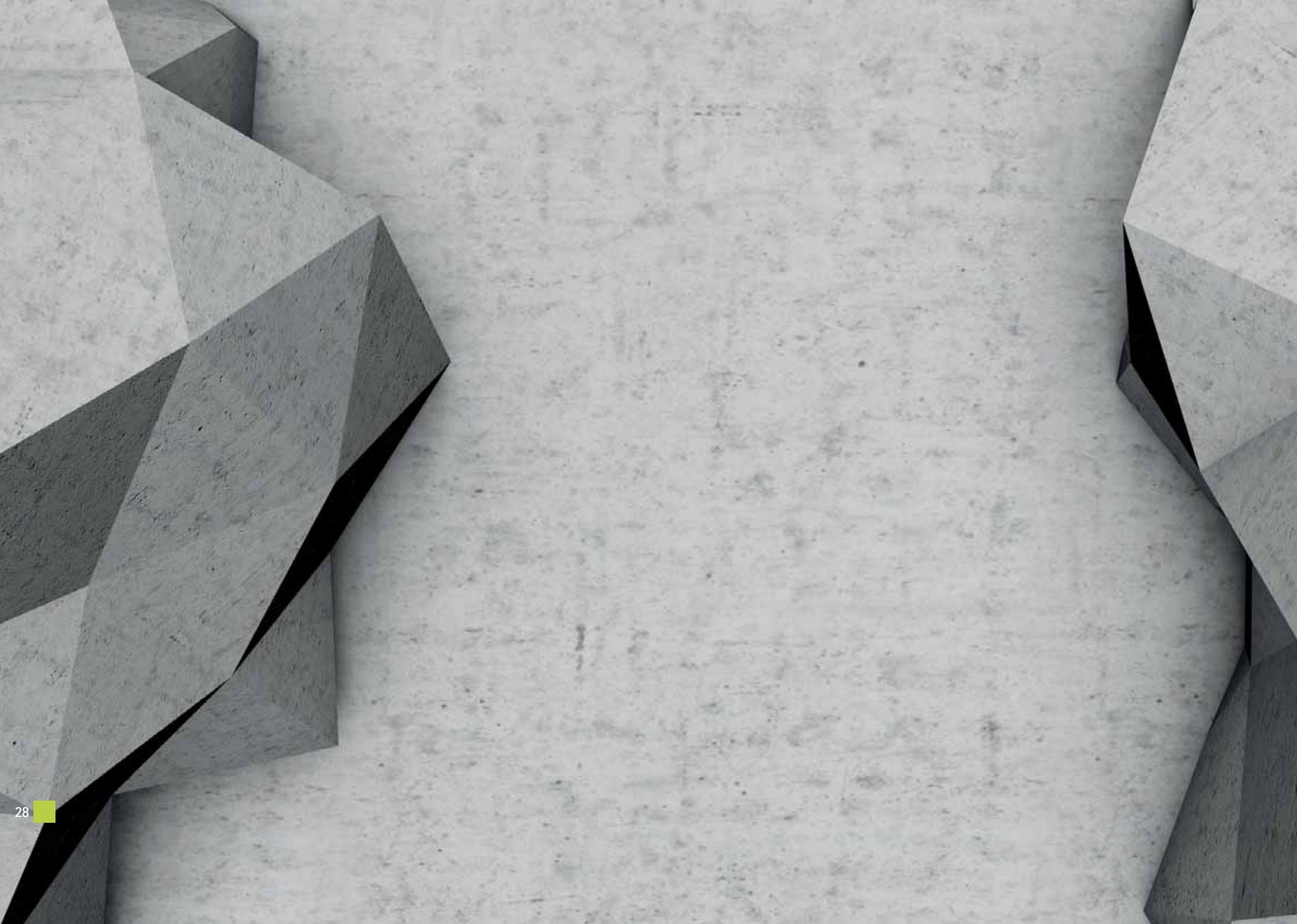
Las fuertes lluvias y otros fenómenos climáticos extremos son cada vez más frecuentes y pueden provocar inundaciones, el deterioro de la calidad del agua, e incluso en algunas zonas, una progresiva disminución de los recursos hídricos. De hecho, la Comisión Europea atribuye los siguientes hechos a las consecuencias del cambio climático:

- El sur y el centro de Europa sufrirán cada vez más olas de calor, incendios forestales y sequías.
- La zona mediterránea se convertirá en una región más seca, lo que la hará aún más vulnerable a la sequía y a los incendios.
- El norte de Europa se transformará en una zona más húmeda y podrían ser más frecuentes las crecidas en invierno.
- Las zonas urbanas, donde viven cuatro de cada cinco europeos, estarán cada vez más expuestas a olas de calor e inundaciones.

Estas consecuencias muestran que la adaptación al cambio climático y la mejora en la gestión del agua están estrechamente relacionadas y son complementarias entre sí. El agua, al ser un elemento esencial, con implicaciones ambientales, sociales, económicas, políticas y culturales, requiere de una gestión integrada con un enfoque de cuenca hidrográfica, basada en una visión común, holística y de largo plazo.

Dentro de este enfoque holístico, será necesario desarrollar las infraestructuras hidráulicas para:

- Incrementar la capacidad de almacenamiento de agua potable.
- Regular los caudales y encauzar los ríos.
- Modernizar los sistemas de distribución y abastecimiento para evitar pérdidas.
- Mejorar los sistemas de saneamiento y depuración de aguas para su reutilización.



## CONCLUSIONES

- El cambio climático es una realidad. La mitigación es necesaria y la adaptación es esencial.
- El hormigón, material basado en el cemento, puede desempeñar un papel fundamental a la hora de combatir y prevenir las consecuencias negativas del cambio climático, protegiendo a las personas, los edificios y el entorno.
- Aunque el sector cementero es responsable del 5% de las emisiones de CO<sub>2</sub> de origen antropogénico a nivel mundial, la huella de CO<sub>2</sub> del proceso de producción del cemento se ve compensada a lo largo de la vida útil de los edificios e infraestructuras realizados con hormigón, debido a sus propiedades y múltiples ventajas.
- Gracias a los ejes de actuación marcados en la hoja de ruta de la industria española del cemento y aplicando en gran parte medidas convencionales, la huella de carbono del cemento podría reducirse en un 35% en comparación con los niveles de 1990.
- Este porcentaje de disminución podría aumentar en gran medida si se aplican tecnologías emergentes como la captura y almacenamiento de carbono (CAC), que con el apoyo de políticas específicas y ciertos requisitos tecnológicos previos permitirían alcanzar una reducción potencial del 80% en el año 2050.



## REFERENCIAS

1. "Guía para la Tecnología Cementera 2009. Reducciones de emisiones de carbono hasta el 2050". Iniciativa de Sostenibilidad del Cemento (CSI) del Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD).
2. "The role of cement in the 2050 low carbon economy". The European Cement Association, Cem-bureau.
3. "Albedo de las superficies urbanas típicas". (NASA, Akbari y Thayer).
4. "Necesidades de adaptación al cambio climático de la red troncal de infraestructuras de España". (Ministerio de Fomento y Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2013).

Impreso en papel ecológico, libre de cloro y  
proveniente de bosques controlados.







C/ José Abascal, 53  
28003 Madrid  
Teléfono: (+34) 91 441 16 88  
[info@oficemen.com](mailto:info@oficemen.com)  
[www.oficemen.com](http://www.oficemen.com)