



# Estado del arte en el ámbito de la adaptación al cambio climático en la industria de la construcción de edificios residenciales. Metodología de análisis coste beneficio

*Página dejada en blanco intencionadamente*

**Aviso Legal:** Los contenidos de esta publicación podrán ser reutilizados, citando la fuente y la fecha, en su caso, de la última actualización.

Esta publicación es uno de los resultados del **Proyecto “Análisis Coste Beneficio de la Adaptación del Sector de la Construcción al Cambio Climático”**

Las opiniones y documentación aportadas en esta publicación son de exclusiva responsabilidad del autor o autores de los mismos, y no reflejan necesariamente los puntos de vista de las entidades que apoyan económicamente el proyecto

**Investigadores Principales del proyecto:** Aragón-Correa, Juan Alberto (Universidad de Granada); Hurtado-Torres, Nuria Esther (Universidad de Granada)

**Equipo de investigación y autores de los informes (por orden alfabético):** Aragón-Correa, Juan Alberto; Cordón-Pozo, Eulogio; Delgado-Márquez, Blanca Luisa; Hurtado-Torres, Nuria Esther; Ortiz-Martínez de Mandojana, Natalia

**Gestores del Proyecto:** Córcoles-Gil, Carolina; Gómez-Bolaños, Efrén

**Con el apoyo de:** Fundación Biodiversidad, del Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente y la Universidad de Granada



**Colaboran:** Asociación Provincial de Constructores y Promotores de Málaga, Asociación de Promotores Constructores de España y la Confederación Nacional de la Construcción

**Fotografía:** Portada de chuttersnap (2017). Conjunto de edificios (fotografía). Recuperado de Unsplash; Portado de Nguyen Pham (2016). Hoja de palma (fotografía modificada). Recuperado de Unsplash; Página 5 Mike Wilson (2017). Bombillas (fotografía). Recuperado de Unsplash; Página 8 de 贝莉儿 NG (2016). Foto de esquina de edificio (fotografía). Recuperado de Unsplash; Página 15 de James Baldwin (2017). Foto de casa entre arboles (fotografía). Recuperado de Unsplash; Página 45 de Oliver Wendel (2015). Perspectiva de edificio verde (fotografía). Recuperado de Unsplash; Página 57 de Chris Barbalis (2016). Foto de conjunto de edificios verdes (fotografía). Recuperado de Unsplash

**Publicación:** enero de 2018

Puede descargarse la versión online de este trabajo en:

<http://sustainability.ugr.es/>, #adaptacionCC

# QUIÉNES SOMOS

Los autores de este informe son investigadores de la Universidad de Granada (España) con una importante experiencia en sostenibilidad y empresa. Todos los investigadores forman parte del Grupo de Investigación Innovación, Sostenibilidad y Desarrollo Empresarial (ISDE) de la Universidad de Granada.

El Grupo ISDE cuenta con más de 30 investigadores a tiempo completo trabajando en distintos temas relacionados con la gestión de empresas que incluyen la internacionalización, la innovación, la estrategia de negocio, o la relación con los agentes del entorno, entre otros. El grupo

de investigación ha desarrollado múltiples proyectos de investigación en estos ámbitos en colaboración con empresas privadas e instituciones públicas. El grupo es uno de los más antiguos y productivos de Europa en el ámbito de la gestión medioambiental.

Puede encontrar más información sobre el equipo de investigadores relacionados con sostenibilidad en su página web:

<http://sustainability.ugr.es>.

Los investigadores participando en este proyecto son los siguientes (por orden alfabético):



J. Alberto  
**Aragón  
Correa**



Eulogio  
**Cordón  
Pozo**



Blanca  
**Delgado  
Márquez**



Nuria  
**Hurtado  
Torres**



Natalia  
**Ortiz Martínez  
de Mandojana**





# LA FUNDACIÓN BIODIVERSIDAD

La Fundación Biodiversidad fue creada en 1998 por el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente con el objetivo de conservar y preservar el capital natural y la biodiversidad. Para lograr este objetivo la fundación se encarga de captar ayudas y fondos destinados a proyectos que fomentan la protección del patrimonio natural y la biodiversidad. Dichos proyectos son elaborados por la propia fundación o por diferentes organismos como ONG, centros de investigación o universidades.

Según Sonia Castañeda, Directora de Fundación Biodiversidad, *“La biodiversidad es esencial para el desarrollo de la vida, clave para mantener nuestro bienestar y una oportunidad para la generación de riqueza y empleo. Desde la Fundación Biodiversidad trabajamos para su protección desde un enfoque sostenible e integrador.”*

La Fundación Biodiversidad aprobó el proyecto “Análisis Coste Beneficio de la Adaptación del Sector de la Construcción al Cambio Climático” (CA\_CC\_2016) presentado por la Universidad de Granada, que es la fuente principal de financiación de este trabajo.





# INDICE

<b>PARTE 1. INTRODUCCIÓN Y CONCEPTOS GENERALES .....</b>	<b>9</b>
1. QUÉ ES CAMBIO CLIMÁTICO Y POR QUÉ ES IMPORTANTE .....	9
2. POR QUÉ EL CAMBIO CLIMÁTICO TIENE MUCHO QUE VER CON EL SECTOR CONSTRUCCIÓN .....	11
3. DIFERENCIAS ENTRE EL PLANTEAMIENTO DE ACCIONES DE ADAPTACIÓN Y DE MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO .....	13
<b>PARTE 2. ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO Y CONSTRUCCIÓN.....</b>	<b>16</b>
1. ASPECTOS EXTERNOS A LA EMPRESA QUE PUEDEN INFLUIR EN LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO DE UNA EMPRESA DE CONSTRUCCIÓN .....	17
2. MEDIDAS DE ADAPTACIÓN EN LOS EDIFICIOS ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO .....	34
<b>PARTE 3. ANÁLISIS DE COSTE-BENEFICIO EN EL CONTEXTO DE CAMBIO CLIMÁTICO .....</b>	<b>46</b>
1. ENFOQUES Y MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LAS OPCIONES DE ADAPTACIÓN .....	46
2. DELIMITACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE COSTE-BENEFICIO (ACB) .....	48
3. EXPERIENCIAS DE UTILIZACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE COSTE BENEFICIO EN RELACIÓN A LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN CUALQUIER SECTOR .....	53
4. EXPERIENCIAS DE UTILIZACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ACB EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN. ....	57
CONCLUSIONES.....	60
REFERENCIAS .....	62
ANEXO 1. INSTRUMENTOS REGULATORIOS A NIVEL AUTONÓMICO .....	66
ANEXO 2. POSIBLES EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA CONSTRUCCIÓN Y MEDIDAS PARA PALIARLOS .....	67





# PARTE 1.

# INTRODUCCIÓN Y

# CONCEPTOS

# GENERALES

## 1. QUÉ ES CAMBIO CLIMÁTICO Y POR QUÉ ES IMPORTANTE

El cambio climático hace referencia a la variación de los patrones climáticos (p.e., temperatura, precipitaciones, nubosidad, etc.) de la Tierra. El término efecto de invernadero se define como “la retención del calor del sol en la atmósfera de la tierra por parte de una capa de gases en la atmósfera” (Oficina Española del Cambio Climático, 2017). Estos gases de efecto invernadero (GEI) hacen que la temperatura superficial media del planeta se incremente. El efecto invernadero hace posible la vida en el planeta tal y como la conocemos, sin embargo, la acción del hombre está ocasionando que el efecto invernadero se intensifique generando alarmantes cambios en los patrones climáticos.

Tal y como señala el quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) “el calentamiento en el sistema climático es inequívoco y, desde la década de 1950, muchos de los cambios observados no han tenido precedentes en los últimos decenios a milenios. La atmósfera y el océano se han calentado, los volúmenes de nieve y hielo han disminuido, el nivel del mar se ha elevado y las concentraciones de gases de efecto invernadero han aumentado” (IPCC, 2013, p. 2).

**“La acción del hombre está ocasionando que el efecto invernadero se intensifique generando alarmantes cambios en los patrones climáticos.”**

El impacto económico y social del cambio climático es enorme. Se prevé que el cambio climático provocará falta de agua potable, grandes cambios en las condiciones para la producción de alimentos y un aumento en los índices de mortalidad debido a inundaciones, tormentas, sequías y olas de calor (Oficina Española del Cambio Climático, 2017). Hasta hace poco tiempo los países que más contribuían al cambio climático con sus emisiones de GEI eran los países desarrollados, sin embargo, se espera que muy pronto dicho nivel de emisiones de gases sea también alcanzado por países en desarrollo como consecuencia del aumento de su población y el progresivo avance en sus niveles de desarrollo, lo que hace prever una intensificación del impacto social y económico del cambio climático.

La importancia del problema del cambio climático es reconocida de forma creciente a nivel internacional. En los últimos 20 años se han firmado importantes acuerdos globales y se ha comenzado a alcanzar un cierto consenso sobre la necesidad tanto de reducir el impacto humano en los factores que provocan el cambio climático, como de adaptarse a un cambio en el clima que, hasta en los más optimistas pronósticos sobre la contención de los GEI, está por llegar.

En los esfuerzos de coordinación internacional para adoptar medidas ante el cambio climático destacan por su importancia las reuniones anuales de la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP). Un hito importante en estos esfuerzos de coordinación fue la firma del Protocolo de Kioto 1997, que

**“La posibilidad de llegar a una solución a tiempo para evitar el cambio climático se aventura cuanto menos complicada. “**

entró en vigor en febrero de 2005 y estableció objetivos de reducción de emisiones jurídicamente vinculantes para los países industrializados firmantes. También fue calificado de histórico por la propia Organización de Naciones Unidas el más reciente acuerdo adoptado en la COP de París en 2015, para una acción universal en cambio climático a partir de 2020.

A pesar de los importantes progresos a nivel internacional, las negociaciones son lentas y complejas, como muestra el fracaso de las negociaciones en la COP de Copenhague de 2009 y la falta de ratificación de importantes potencias del Protocolo de Kioto o de los acuerdos de París. Sin un ente internacional capaz de regular e imponer soluciones globales, la posibilidad de llegar a una solución a tiempo para evitar el cambio climático se aventura cuanto menos complicada.

El Quinto Informe de Evaluación del IPCC (2013) constata la cada vez más urgente necesidad de emprender acciones de adaptación. A pesar de la creciente preocupación y sensibilización ciudadana y del aumento en la implementación de acciones gubernamentales, las emisiones totales de GEI no han dejado de aumentar desde el año 1970 (Solaun, Gómez, Urban y Gómez, 2016a). Ante esta situación, es indispensable concienciar a las instituciones públicas y privadas y a la sociedad en general de la importancia de tomar medidas que permitan adaptarse a los cambios en el clima de la Tierra.

## 2. POR QUÉ EL CAMBIO CLIMÁTICO TIENE MUCHO QUE VER CON EL SECTOR CONSTRUCCIÓN

Hoy en día un tercio de las emisiones mundiales de GEI, tanto en los países desarrollados como en desarrollo, son provocadas por edificios (Gago, Hanemann, Labandeira y Ramos, 2012). La principal fuente de estas emisiones es el consumo de energía. En España, el sector de la edificación tiene un peso aproximado del 30% en el consumo de energía final (31,03 % en 2015), repartido en un 18,5% en el sector de la edificación residencial y un 12,5% en el sector no residencial integrado por el comercio, los servicios y las Administraciones Públicas (Ministerio de Fomento, 2017).

Un edificio interactúa constantemente con su entorno. Su forma, volumen, orientación, localización, distribución de espacios, materiales utilizados, color de la fachada, tamaño de las aberturas, tipo de aislamiento aplicado, etc., son características que influyen sobre su comportamiento térmico y las condiciones de confort naturales (IDAE, 2008). Estas características

**“En España, el sector de la edificación tiene un peso del 30% en el consumo de energía”**

determinarán la demanda de energía del edificio, y con ello sus emisiones de GEI, pero también su vulnerabilidad ante las condiciones climáticas. La relación de los edificios con el cambio climático es, por tanto, doble. Por un lado, los edificios desempeñarán un importante papel en la reducción de los GEI, por otro, el sector de la construcción se enfrenta al reto de adaptar los edificios a los nuevos patrones climáticos. A su vez, la adaptación del edificio a cada zona tiene un efecto directo sobre el consumo final de energía (IDAE 2008), por lo que las estrategias para gestionar esta doble relación están estrechamente conectadas.

Es relevante destacar que la vida útil de los edificios suele ser relativamente larga, por lo que las medidas llevadas a cabo en el sector de la construcción ante el cambio climático

permanecerán en el medio y largo plazo. En concreto, podemos dividir la relación del edificio con el medioambiente durante su tiempo de vida en dos componentes. Por un lado, más del 80 por ciento del impacto medioambiental del edificio se produce durante la fase operacional de los edificios, debido a la utilización de energía para la calefacción, refrigeración, ventilación, iluminación, electrodomésticos y otras aplicaciones (Gago et al., 2012). El 20 por ciento restante del impacto se deriva de la fabricación y transporte de materiales, la construcción, la renovación de mantenimiento y la demolición (Gago et al., 2012). Este impacto será mayor o menor, en función de la adaptación de ese edificio a los patrones climáticos de la zona. A su vez, una buena adaptación ayudará a reducir la vulnerabilidad del edificio (p.e. resistencia ante eventos climatológicos extremos) durante toda la fase operacional del edificio.

**“El objetivo de la Unión Europea para 2020 es crear edificios de demanda casi nula de energía.”**

Existen estudios que indican que, con la aplicación de nuevas tecnologías (muchas de ellas ya probadas y comercialmente disponibles), el consumo de energía tanto en los edificios nuevos como en los existentes podría reducirse de un 30 a 80 por ciento con un beneficio neto potencial durante la vida útil del edificio (Gago et al., 2012). Por ejemplo, nuevas tecnologías de climatización pueden suponer un importante ahorro

en el consumo de energía ante las alarmantes proyecciones de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) para el sur de Europa: largas olas de calor y hasta cuatro grados de aumento de las temperaturas medias. Otras tecnologías novedosas ante estos cambios en el clima incluyen el uso de técnicas que combinan cubiertas y fachadas ventiladas, la micronización de gotas de agua para la mejora de enfriamiento del edificio, la utilización de estrategias de ventilación interior del edificio, etc.

El objetivo de la Unión Europea (UE) para 2020, recogido en la Directiva Europea de Eficiencia Energética de Edificios (2010/31/EU), es crear edificios pasivos o edificios de demanda casi nula de energía - *nearly zero-energy building (NZEB)*-. En esta directiva se establece que, para el 31 de diciembre de 2020, todas las nuevas construcciones deben tener consumo energético 0. La fecha límite es aún más temprana para los edificios públicos (final de 2018). Este es un objetivo ambicioso y “marca una barrera decisiva para la eficiencia energética en edificación,

en tanto la eficiencia que deberán presentar esos edificios deberá ser muy elevada respecto a la demandada por las normativas actuales” (Green Building Council España, 2012, p.10).



La Directiva asume que los promotores inmobiliarios y las empresas constructoras serán capaces de adoptar medidas que incorporen tecnologías y prácticas avanzadas para reducir los GEI y la vulnerabilidad de los edificios ante los nuevos patrones climáticos

### 3. DIFERENCIAS ENTRE EL PLANTEAMIENTO DE ACCIONES DE ADAPTACIÓN Y DE MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Las medidas de mitigación al cambio climático tienen como objetivo reducir los efectos negativos del cambio climático. La mitigación puede ser entendida, por tanto, como una lucha contra el cambio climático que intenta paliar las causas que lo ocasionan. Algunos ejemplos de medidas de mitigación serían la aplicación de sistemas de captura y almacenamiento de dióxido de carbono en la industria o la sustitución de los combustibles fósiles por energías renovables, como la solar y la eólica (Hof, Boot, van Vuuren y van Minnen, 2014). Con estas medidas se consigue disminuir las emisiones de GEI a la atmósfera, lo que conlleva otros efectos positivos secundarios como un menor daño costero debido a un menor incremento del nivel del mar o menor pérdida de biodiversidad debido al cambio climático más lento (Hof, et al., 2014).

Por su parte, la adaptación al cambio climático tiene por objetivo reducir la vulnerabilidad de la sociedad y la susceptibilidad de los sistemas naturales, ante los efectos reales o esperados del cambio climático. Las medidas de adaptación son aquellas llevadas a cabo para ajustar y adecuar la vida humana al cambio climático. Por ejemplo, la construcción de diques o alimentación de la playa, sistemas de aviso térmico o la construcción de edificios resistentes al clima (Hof et al., 2014). Con estas medidas se trata de evitar posibles daños causados por la variabilidad del clima y los fenómenos climáticos extremos generando, por ejemplo, una menor mortalidad relacionada con el calor o una menor pérdida de biodiversidad debido a la conexión de zonas verdes (Hof et al., 2014).

Existe un creciente consenso político a nivel internacional sobre la necesidad de atender ambos tipos de medidas de manera complementaria. Ambas medidas son necesarias ante el cambio climático aunque difieren en cuanto a objetivos e incentivos a su aplicación. La mitigación tiene como principal objetivo la lucha contra el cambio climático. El objetivo de la adaptación, en cambio,

**“La adaptación al cambio climático tiene por objetivo reducir la vulnerabilidad de la sociedad y la susceptibilidad de los sistemas naturales, ante los efectos reales o esperados del cambio climático.”**

consiste en una mayor adecuación de la actividad humana a las características del clima y a los efectos del cambio climático.

**“La posibilidad de obtener beneficios muy concretos de forma particular puede incentivar la adopción de medidas de adaptación al cambio climático.”**

Por otro lado, los agentes que pueden disfrutar los beneficios de estas medidas también difieren y con ello los incentivos a su aplicación. Mientras los beneficios de la mitigación tienen un alcance global (en el presente y en futuras generaciones), los beneficios de las medidas de adaptación están limitadas a las zonas/agentes donde han sido implantadas (siendo generalmente de carácter local). En este sentido, es importante señalar que los limitados incentivos

particulares para la reducción de las emisiones, pese a las importantes ventajas compartidas, son uno de los mayores impedimentos para alcanzar acuerdos internacionales de mitigación importantes y sostenibles (Bosello, Carraro y De Cian, 2013). Por ello, cabe esperar que la posibilidad de obtener beneficios muy concretos de forma particular puede incentivar la adopción de medidas de adaptación al cambio climático.

A pesar de los mayores incentivos, la necesidad de coordinar los esfuerzos de adaptación a nivel global es también subrayada por los organismos internacionales. Estos esfuerzos quedan reflejados en los últimos acuerdos adoptados en la COP de París (2015) donde se posiciona la adaptación al cambio climático en la política internacional, al mismo nivel que la mitigación. La Estrategia Europea de Adaptación al Cambio Climático (2014-2020) hace hincapié sobre el hecho de que los costes asociados al emprendimiento de acciones de adaptación en Europa son inferiores a las pérdidas económicas esperadas para la reparación de los daños causados por el cambio climático (Solaun et al., 2016a).

Hasta el momento, los principales estudios y análisis sobre cambio climático relacionados con el sector privado han estado centrados en la reducción de las emisiones de GEI. Sin embargo, el interés sobre las actividades relativas a adaptación en el sector privado es creciente, existiendo una demanda de información, metodologías y herramientas que permitan comenzar a trabajar en esta materia (Solaun et al., 2016a). Es importante que los costes y beneficios de las diferentes opciones estén claramente determinados de cara a realizar una asignación eficiente de recursos entre las diferentes medidas de adaptación y mitigación (Bosello et al., 2013).



# PARTE 2.

# ADAPTACIÓN AL

# CAMBIO CLIMÁTICO

# Y CONSTRUCCIÓN

Las infraestructuras, en general, y los edificios, en particular, son activos de gran valor, particularmente vulnerables a la evolución del cambio climático debido a su larga vida útil, sobre la cual los impactos del cambio climático serán cada vez más pronunciados (Bosello et al., 2013). En este apartado nos centraremos en algunas de las principales necesidades de adaptación a abordar por los productos relacionados con una empresa de construcción de edificios residenciales (código sectorial CNAE 4121).

Para ello, en primer lugar se presenta un breve análisis de los principales factores externos que pueden afectar la toma de decisiones en materia de adaptación en una empresa de construcción de edificios. En segundo lugar se recogen un conjunto de medidas que, sin ánimo de ser exhaustivo, pretende ilustrar importantes aspectos que deberían considerar las empresas de construcción en relación a la adaptación.

# 1. ASPECTOS EXTERNOS A LA EMPRESA QUE PUEDEN INFLUIR EN LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO DE UNA EMPRESA DE CONSTRUCCIÓN

Uno de los principales inconvenientes para la adopción de medidas de adaptación ante el cambio climático es la evaluación de las soluciones más eficientes en condiciones de alta incertidumbre. La eficiencia económica se define en referencia a un conjunto de actores, opciones, preferencias, tecnologías de producción, restricciones, conjuntos de información y las reglas de comportamiento existentes en un momento dado (Gago et al., 2012). Existen una gran cantidad de factores que pueden hacer cambiar los costes y beneficios en la elección de medidas de adaptación al cambio climático.

**“Existen una gran cantidad de factores que pueden hacer cambiar los costes y beneficios en la elección de medidas de adaptación al cambio climático.”**

A continuación se presenta una lista de posibles condiciones del entorno que pueden afectar a las condiciones de eficiencia en la elección de las medidas de adaptación al cambio climático.

- A) Evolución del cambio climático
- B) Evolución de la intervención política para promover las medidas de adaptación al cambio climático
- C) Evolución en las certificaciones voluntarias
- D) Evolución de los precios de la energía
- E) Precios de la vivienda y valoración del consumidor

## a. Evolución del cambio climático

De acuerdo con el IPPC (2013) el clima futuro dependerá del calentamiento asegurado a raíz de emisiones antropógenas en el pasado, así como de emisiones antropógenas futuras y la

variabilidad climática natural. La incertidumbre sobre la magnitud del cambio climático y la velocidad de los cambios es muy elevada. Esto hace muy difícil cuantificar con precisión los costes y beneficios derivados de la adaptación al clima.

Un instrumento útil para estimar los costes y beneficios es la utilización de escenarios climáticos. Para entender un escenario climático, es preciso determinar previamente otros conceptos relacionados como son los escenarios radiativos de emisión, los modelos climáticos y las proyecciones climáticas.

- Los escenarios radiativos de emisión incluyen series temporales de emisiones y concentraciones del conjunto de GEI, aerosoles y gases químicamente activos, así como los usos de suelo y la cubierta vegetal. En el quinto informe de evaluación del IPCC (AR5) se han definido cuatro escenarios radiativos de emisión denominados “Trayectorias de Concentración Representativas” (RCP) (Feliu Torres et al., 2016). El IPCC se encuentra actualmente en su sexto ciclo de evaluación y publicará nuevas estimaciones en el Sexto Informe de Evaluación (AR6) en 2018.

- Los modelos climáticos son representaciones del sistema climático que simulan las interacciones de la atmósfera, los océanos, el relieve terrestre y el hielo. Se utilizan para el estudio de la dinámica de los sistemas climático y meteorológico, y en la realización de proyecciones del clima futuro y ayudan a predecir el comportamiento de las variables climáticas, lo que permite identificar impactos directos, indirectos y sectoriales derivados de su variabilidad (Feliu Torres et al., 2016). Junto a los Modelos Climáticos de IPCC, existen hoy en día Modelos Climáticos Regionales (RCM por sus siglas en inglés) que son modelos de última generación, más complejos y completos que los proporcionados por el IPCC tanto por el número de variables e interrelaciones incluidas en el modelo, como por la mayor resolución espacial que ofrecen (Feliu Torres et al., 2016).



- Las proyecciones climáticas son la respuesta simulada del sistema climático a un escenario radiativo de emisiones, a partir de modelos climáticos. Las proyecciones pueden ser globales o regionales, dependiendo del tipo de modelo climático en el que estén basadas (Feliu Torres et al., 2016). Un ejemplo de modelos y proyecciones climáticas a nivel regional es el CORDEX91 que tienen una resolución de 12 km x 12 km y que se han construido a partir de los RCP del quinto informe de evaluación del IPCC (Feliu Torres et al., 2016).

A nivel nacional la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) proporciona información numérica y gráfica de proyecciones regionalizadas del cambio climático para el siglo XXI, correspondiente a diferentes escenarios de emisión.

El IPCC define escenario climático como una representación plausible, y a menudo simplificada, del clima futuro, basada en un conjunto internamente coherente de relaciones climatológicas, que se construye para ser utilizada de forma explícita en la investigación de las consecuencias potenciales del cambio climático antropogénico y que sirve a menudo de insumo para las simulaciones de los impactos (Feliu Torres et al., 2016). Un escenario de cambio climático es la diferencia entre un escenario climático y el clima actual (Feliu Torres et al., 2016).

La magnitud del cambio climático proyectado variará considerablemente según el escenario de emisiones elegido, no obstante, la información validada hasta ahora es suficiente para tomar medidas de forma inmediata de acuerdo al denominado "*Principio de Precaución*" del Art. 3 de la Convención Marco sobre Cambio Climático (Oficina Española del Cambio Climático, 2017).

En general, dos de las principales variaciones climáticas a las que se enfrenta España son la variabilidad de la temperatura y la del régimen de las precipitaciones. Se esperan cambios tanto graduales (aumento de la temperatura, variación del régimen de precipitaciones), como extremos. Los cambios graduales afectarán a la cobertura de nieve y hielo y a la disponibilidad de agua, pudiendo ocasionar, por ejemplo, problemas de abastecimiento o unos mayores costes para garantizar los abastecimientos que acaben repercutiéndose en el precio a pagar por el agua. Los cambios extremos afectarán a los eventos de sequía y de inundaciones y globalmente darían lugar, entre otros, a posibles problemas en la gestión del agua, además de un aumento de episodios de olas de calor. Además, debido a las variaciones en la temperatura y en la concentración de CO<sub>2</sub>, se espera un aumento del nivel del mar y un incremento de la temperatura del agua del mar y su acidificación (Feliu Torres et al., 2016).

En la actualidad nos encontramos ya con algunos instrumentos regulatorios que tratan de perfilar los posibles cambios climáticos previstos para determinadas zonas concretas. Por ejemplo, el Proyecto de Ley de Medidas frente al Cambio Climático de la Junta de Andalucía, recoge los siguientes impactos principales del cambio climático para las estrategias de adaptación (Proyecto de Ley de Medidas frente al Cambio Climático, 2017, Art, 18):

**“Dos de las principales variaciones climáticas a las que se enfrenta España son la variabilidad de la temperatura y la del régimen de las precipitaciones.”**



Inundaciones por lluvias torrenciales y daños debidos a eventos climatológicos extremos.



Inundación de zonas litorales y daños por la subida del nivel del mar.



Pérdida de biodiversidad y alteración del patrimonio natural o de los servicios ecosistémicos.



Cambios en la frecuencia e intensidad de incendios forestales.



Pérdida de calidad del aire.



Cambios de la disponibilidad del recurso agua.



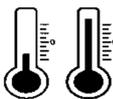
Incremento de la sequía.



Procesos de degradación de suelo y desertificación.



Alteración del balance sedimentario en cuencas hidrográficas y litoral.



Frecuencia, duración e intensidad de las olas de calor y frío, y su incidencia en la pobreza energética.



Cambios en la demanda turística.



Modificación estacional de la demanda energética.



Modificaciones en el sistema eléctrico: generación, transporte, distribución y utilización de la energía eléctrica.



Migración poblacional debida al cambio climático.



Incidencia en la salud humana.

Algunos de estos cambios climáticos tienen un claro impacto en el sector de la construcción como es la frecuencia, duración e intensidad de las olas de calor y frío, las inundaciones por torrencialidad, los daños debidos a eventos climatológicos extremos o los cambios en la disponibilidad del agua.

## b. Evolución de la intervención política para promover las medidas de adaptación al cambio climático

Hasta la fecha, los instrumentos regulatorios para promover las medidas de mitigación y adaptación han sido escasamente utilizados en el ámbito de la construcción. No obstante, existen indicios de que la presión regulatoria crecerá en los próximos años.

A nivel internacional cabe destacar el incremento de atención a las actuaciones de adaptación que se añaden a los primeros esfuerzos más centrados en estrategias de mitigación. En este sentido, la COP de París de 2015 supuso un hito importante ya que se confirmó la importancia de la adaptación al cambio climático en la política internacional, posicionándose al mismo nivel que la mitigación (Solaun et al., 2016a).

**“El marco europeo para la adaptación lo constituye la Estrategia Europea de Adaptación al Cambio Climático (2014-2020).”**

En la UE, el Libro Verde de Adaptación (2007) incluye una evaluación de los principales impactos esperados en territorio europeo como consecuencia del calentamiento global y constituyó uno de los primeros impulsos a la adaptación. En 2009, se publicó el Libro Blanco de Adaptación al Cambio Climático en Europa, donde se define la hoja de ruta para lograr un marco europeo de actuación en materia de reducción de la vulnerabilidad al cambio climático (Solaun et al., 2016a).

En la actualidad, el marco europeo para la adaptación lo constituye la Estrategia Europea de Adaptación al Cambio Climático (2014-2020), mientras que el contexto de la adaptación al cambio climático en España lo otorga, desde su aprobación en 2006, el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC). El PNACC se concreta en programas de trabajo. A finales del año 2013 se aprobó el Tercer Programa de Trabajo (PT 3) de implementación del PNACC, con un horizonte de aplicación coincidente con la Estrategia Europea de Adaptación al Cambio Climático (2014-2020) (Solaun et al., 2016a).

Cabe destacar que mientras que la relación con el cambio climático de sectores como el petroquímico o el eléctrico ha recibido una gran atención, la industria de la construcción forma

**“El objetivo de la UE es reducir las GEI entre un 80% y un 95% para 2050, lo que obliga a diseñar una estrategia que obligue a que los nuevos edificios que se construyan sean de consumo energético casi nulo y rehabilitar el parque edificado.”**

parte de los sectores denominados “difusos”. Estos sectores no están bajo el régimen Europeo del Comercio de Derechos de Emisión, y apenas recibieron atención en las primeras fases de la lucha ante el cambio climático. No obstante, los sectores difusos han empezado a ser considerados como importantes para alcanzar los objetivos europeos en materia de cambio climático. En concreto, la UE establece un objetivo de reducción de las emisiones de los sectores difusos en un 10% respecto de las emisiones de 2005 para 2020. Este objetivo solo podrá lograrse en el sector edificación actuando no

sólo sobre nuevas construcciones, sino también sobre el parque de viviendas existente (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medioambiente, 2014). A largo plazo, el objetivo de la UE es reducir las GEI entre un 80% y un 95% para 2050, lo que obliga a diseñar una estrategia que obligue a que los nuevos edificios que se construyan sean de consumo energético casi nulo y rehabilitar el parque edificado mediante rehabilitaciones con un alto grado de eficiencia energética.

Dos directivas europeas son relevantes en materia de adaptación específicamente en el sector de la construcción: la Directiva de Eficiencia Energética (Directiva 2012/27/UE) y la Directiva sobre el Rendimiento Energético de los Edificios (Directiva 2010/31/UE). El artículo 4 de la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, señala que: “Los Estados miembros establecerán una estrategia a largo plazo para movilizar inversiones en la renovación del parque nacional de edificios residenciales y comerciales, tanto público como privado”.

En España, a nivel nacional, también es creciente el interés por el impacto que tienen los sectores difusos en la consecución de los objetivos relacionados con el cambio climático. En las Jornadas de Debate sobre la Ley de Cambio Climático y Transición Energética celebradas en mayo de 2017 con el objetivo de abrir un espacio de encuentro para identificar los elementos que deben contemplarse en la futura Ley se establecieron importantes aportaciones en el sector de la construcción, concretamente en el Documento resumen de las Jornadas se indica:

“Respecto al uso de energías renovables en edificios y viviendas se propone poner en marcha instrumentos de apoyo, así como desbloquear la normativa que dificulta su uso, tanto en climatización como para suministro de electricidad. También se debe impulsar la rehabilitación energética y regeneración urbana de viviendas y edificios, así como el ahorro energético en equipos e instalaciones. En cuanto a la construcción y rehabilitación destacan la necesidad de fomentar el uso de materiales con baja huella de carbono, mientras que en el marco del tráfico rodado sugieren el desarrollo de planes para proteger lugares sensibles, identificando éstas como zonas cercanas a centros educativos, sanitarios y residenciales de tercera edad. Finalmente, manifestaron la importancia de incluir como un apartado del Código Técnico de Edificación la adaptación y resiliencia de las viviendas al cambio climático. Relacionado con esto último, se sugiere también que deben promoverse los estudios del impacto del cambio climático en los edificios” (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2017. Documento resumen de las Jornadas de Debate Ley de Cambio Climático y Transición Energética, 2017, p. 11).

En la “Hoja de Ruta 2020 para Sectores Difusos” del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medioambiente para el cumplimiento de los objetivos en emisiones de GEI de España entre 2013 y 2020 se señalan las siguientes medidas para el sector de la edificación (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medioambiente, 2014, p. 14):



Rehabilitación en sector residencial

---



Rehabilitación en sector institucional de la Administración General de Estado (AGE)

---



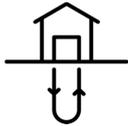
Rehabilitación en sector institucional, CC.AA. y local

---



Biomasa en calefacción y ACS

---



Geotermia en climatización en reformas importantes.

---



Placas solares térmicas para ACS

---



Cambios de conducta en el hogar

---



Cambio de ventanas

---



Reparto de costes de calefacción con válvulas termostáticas

---



Cambio de calderas individuales convencionales a condensación.

---

Las tres primeras medidas son de carácter integral y pueden incluir actuaciones contempladas en el resto de medidas, que son más específicas. Para cada una de las medidas, la hoja de ruta presenta una descripción de sus costes e impactos en mitigación, eficiencia, actividad económica y empleo, indicando sobre qué universo o área aplica.

España, para cumplir con el artículo 4 de la Directiva 2012/27/UE, diseñó en el año 2014, la “Estrategia a largo plazo para la Rehabilitación Energética en el Sector de la Edificación en España” (*ERESE*). Según el artículo 4, corresponde actualizarla cada 3 años, y remitirla a Comisión en el marco de los Planes Nacionales de Acción para la Eficiencia Energética (PNAEE), coincidiendo con la revisión que también se hace en 2017 del PNAEE 2014-2020. Así en 2017, el Ministerio de Fomento presentó la actualización de esa estrategia (*ERESE*; 2017) que actualiza la presentada en 2014.

Otro instrumento de regulación importante en España, es la certificación de la eficiencia energética de los edificios recogida en el Real Decreto 235/2013, siendo obligatoria su aplicación desde junio de 2013. A partir de ese momento, salvo en casos específicos aislados, como viviendas de muy reducido tamaño, la puesta a disposición de los compradores o arrendatarios del certificado de eficiencia energética del edificio es exigible para los contratos de compraventa o arrendamiento. Además, la etiqueta se debe de incluir en toda oferta, promoción y publicidad dirigida a la venta o arrendamiento del edificio o unidad del edificio. Deberá figurar siempre en la etiqueta, de forma clara e inequívoca, si se refiere al certificado de eficiencia energética del proyecto o al certificado del edificio terminado. No cumplir con esta regulación puede conllevar importantes sanciones de hasta 6.000 euros. En la práctica se observa una cierta relajación en la publicidad de estas certificaciones, especialmente para transacciones entre particulares, con la frecuente utilización de la comunicación alegada de “certificación en trámite”, pero es de esperar que progresivamente la utilización de la etiqueta de certificación se generalice.

Aunque encontramos ya algunos instrumentos regulatorios vigentes sobre elementos relacionados con la adaptación al cambio climático, como es la certificación energética, una regulación más completa y sistemática sobre cambio climático aún no está definida. En la actualidad se encuentra en fase de debate la “*Ley de Cambio Climático y Transición Energética*” (prevista para 2018).

**“Una regulación más completa y sistemática sobre cambio climático aún no está definida.”**

A nivel regional, existe también un creciente número de instrumentos regulatorios, aunque la mayoría se encuentran aún en fase de debate como ocurre con la ley a nivel nacional. El Anexo 1 recoge un listado de instrumentos regulatorios en las distintas comunidades autónomas. A título de ilustración podemos destacar tres situaciones de interés:

- La actuación del Gobierno Vasco fue pionera en España al incluir la mitigación y la adaptación entre sus prioridades. Ya en 2011 se aprobó *el Proyecto de Ley Vasca de Cambio Climático*, un documento de carácter pionero en España que reunía una serie de principios y orientaciones para que las administraciones públicas incorporasen la variable ambiental y climática a todos sus planes sectoriales.
  
- La primera ley autonómica en entrar en vigor específicamente relacionada con el ámbito de este estudio fue la Ley 16/2017, de 1 de agosto, del cambio climático de Cataluña, vigente desde el 23 de agosto de 2017, en cuyo artículo 27 destinado a urbanismo y vivienda se señala que: “Las medidas que se adopten en materia de urbanismo y vivienda deben ir encaminadas a un cambio de modelo urbanístico que priorice la rehabilitación del parque de viviendas y los edificios de consumo energético casi nulo y a reducir la vulnerabilidad y las emisiones de gases de efecto invernadero” (Ley 16/2017, p. 23).
  
- La Junta de Andalucía ha publicado en 2017 el denominado *Proyecto de Medidas frente al de Cambio Climático*. Esta regulación tiene como uno de sus objetivos principales el establecimiento de un marco normativo para estructurar y organizar la “lucha contra el cambio climático” en relación con las emisiones de gases de efecto invernadero generadas en los denominados “sectores difusos” (fundamentalmente el transporte, el sector residencial, comercial e institucional, sector agrario y gestión de residuos, entre otros).

La tabla 1 recoge una síntesis de los principales instrumentos de intervención pública en materia de cambio climático. A su vez es preciso tener presente toda la normativa específica en materia de construcción. A este respecto, la Oficina Española del Cambio Climático recoge un listado con la principal normativa relacionada con Cambio Climático España (residencial) en el enlace:

<http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/legislacion/documentacion/normativa-y-textos-legales/#para1>

**Tabla 1: Instrumentos de intervención pública en materia de cambio climático**

<b>CAMBIO CLIMÁTICO: GENERAL</b>	
Internacional	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático 1992 (en vigor, 1994)</li> <li>• Protocolo de Kioto 1997 (en vigor, 2005) Segundo periodo: 2013-2020.</li> <li>• COP de París de 2015</li> </ul>
Europa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Libro Verde. Adaptación al cambio climático en Europa: Opciones de actuación para la UE (2007)</li> <li>• Libro Blanco sobre la Adaptación al Cambio Climático en Europa (2009)</li> <li>• Paquete Europeo de Energía y Cambio Climático (2013-2020)</li> <li>• Estrategia Europea de Adaptación al Cambio Climático (2014-2020)</li> <li>• Hoja de ruta hacia una economía baja en carbono competitiva a 2050</li> </ul>
España	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC). Tercer Programa de Trabajo (PT 3) 2014-2020</li> <li>• Real Decreto-ley 17/2012, de 4 de mayo, de medidas urgentes en materia de medio ambiente.</li> <li>• Debate sobre la futura Ley de Cambio Climático y Transición Energética</li> <li>• Leyes Regionales</li> </ul>
<b>CAMBIO CLIMÁTICO: SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN</b>	
Europa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Directiva 2012/27/UE de eficiencia energética</li> <li>• Directiva 2010/31/UE sobre el rendimiento energético de los edificios</li> <li>• Directiva 2002/91/CE relativa a la eficiencia energética de los edificios.</li> </ul>
España	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España (2014-2020).</li> <li>• Plan estatal de fomento del alquiler de viviendas, la rehabilitación edificatoria y la regeneración y renovación urbanas (2013-2016)</li> <li>• Ley 8/2013 de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas.</li> <li>• Real Decreto 233/2013, por el que se regula el Plan Estatal de fomento del alquiler de viviendas, la rehabilitación edificatoria, y la regeneración y renovación urbanas (2013-2016)</li> <li>• Real Decreto 235/2013 Certificación energética de edificios</li> <li>• Real Decreto 238/2013, por el que se modifican determinados artículos e instrucciones técnicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios</li> <li>• Real Decreto-Ley 2/2003, de Medidas de Reforma Económica</li> <li>• Orden FOM/1635/2013, por la que se actualiza el</li> </ul>

	<p>Documento Básico DB-HE «Ahorro de Energía», del Código Técnico de la Edificación</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan de activación de la eficiencia energética en los edificios de la Administración General del Estado (2009)</li> <li>• Ley 19/2009, de medidas de fomento y agilización procesal del alquiler y de la eficiencia energética de los edificios.</li> <li>• Real Decreto 1027/2007, Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.</li> <li>• Orden PRE/2118/2007, medida de ahorro de energía en los edificios de la Administración General del Estado.</li> </ul>
--	--

Fuente: Elaboración propia

Respecto a la posible orientación de las medidas adoptadas por los gobiernos para la consecución de los objetivos y compromisos de mitigación y adaptación al cambio climático caben dos posibles estrategias: la vía de “comando y control” y la vía de incentivos a través de impuestos y subvenciones.

### *Comando y control*

Esta medida constituye una de las principales formas de intervención política para promover las medidas de adaptación al cambio climático. Consiste en hacer cumplir una serie de normas en la construcción de los edificios (códigos de construcción y/o planificación) y está especialmente orientada normalmente a edificios nuevos. Sin embargo, hay medidas que deben ser aplicadas también en edificios ya existentes (p.e., las vinculadas a la calefacción o aire acondicionado). También hay que tener en cuenta que cada edificio presenta unas características particulares, lo cual hace necesario unos códigos de comando y control relativamente flexibles (Gago et al., 2012).

**“La posible orientación de las medidas adoptadas por los gobiernos para la consecución de los objetivos y compromisos de mitigación y adaptación al cambio climático caben dos posibles estrategias: la vía de “comando y control” y la vía de incentivos.”**

Respecto a la eficacia de estos códigos de construcción Gago y sus colegas (2012) indican que depende de cómo se diseñen y de los ratios de crecimiento de nuevas edificaciones. En este sentido, señalan que mientras que “los códigos de construcción con normas mínimas de rendimiento energético tienen mayor impacto en los países emergentes, como China e India, donde hay una rápida construcción de nuevas estructuras en paralelo con el crecimiento económico y demográfico [...] estos

instrumentos tienen una eficacia más limitada en los países industrializados donde los edificios antiguos e ineficientes son mayoría” (Gago, et al 2012, p.7) [(Traducción al español)].

### *Impuestos/Subvenciones*

Las medidas vía impuestos y subvenciones puestas en marcha hasta el momento por parte de los gobiernos han tenido como objetivo prioritario la eficiencia energética.

Los impuestos sobre la energía buscan fundamentalmente provocar un aumento de su precio para promover un uso moderado y eficiente de la misma. En la práctica, los instrumentos fiscales diseñados para mejorar la eficiencia energética en los edificios han tendido a tomar la forma de deducciones fiscales para las inversiones (Gago, et al, 2012). Algunos ejemplos de deducciones fiscales significativas para promover la eficiencia energética en edificios se pueden encontrar en la Ley de Recuperación de 2009 de los Estados Unidos.

**“Los impuestos sobre la energía buscan fundamentalmente provocar un aumento de su precio para promover un uso moderado y eficiente de la misma.”**

---

Asimismo, las subvenciones han sido destacadas como un importante instrumento para la consecución de los objetivos de reducción de GEI. En este sentido, el informe de Green Building Council España (2012) señala la necesidad de “subvencionar entre el 25% y el 35% de la inversión en rehabilitación energética, ya sea directamente o mediante desgravaciones fiscales, subvenciones que alcanzarían un máximo de entre 800 y 2.000 millones de euros en 2015. Se calcula un retorno vía fiscal por incremento de actividad de entre 20.000 y 35.000 millones de euros acumulados hasta el año 2020, y de 54.000 a 69.000 hasta 2030, cuando ya habría desaparecido su necesidad. El valor del CO2 ahorrado supondría también otra fuente de retorno. Sin esa subvención, es imposible alcanzar los objetivos de reducción de emisiones del sector doméstico ni hacer arrancar el sector de la rehabilitación, o hacerla arrancar demasiado tarde y demasiado levemente” (Green Building Council España, 2012, p.5).

### **c. Evolución en las certificaciones voluntarias**

Existe un elevado número de certificaciones para los edificios en temas medioambientales. La certificación implica la verificación independiente de que un edificio ha cumplido con las

pautas aceptadas en materia de sostenibilidad de los edificios. La existencia de estas certificaciones puede ayudar a reducir la asimetría de información y añadir valor al edificio, aumentando la disposición de los compradores a pagar un precio superior. No obstante, los procesos administrativos y burocráticos relacionados con las certificaciones también implican un coste adicional que se debe evaluar. En cualquier caso, las empresas constructoras deben tener una comprensión clara de los diferentes programas de certificación que están actualmente disponibles. Algunos autores plantean que la certificación será un requisito necesario si los promotores y constructores quieren seguir siendo competitivos en un mercado cada vez más verde (Kubba, 2017).



A continuación se presenta una breve descripción de las dos certificaciones voluntarias internacionales más relevantes LEED y BREEAM, así como, de la certificación española VERDE.

- La LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) es el sistema internacional de certificación desarrollado por el Green Building Council de los Estados Unidos (USGBC), la organización líder en "Construcción Verde". LEED es un sistema internacionalmente reconocido de certificación de edificios sostenibles, proporcionando verificación por una tercera parte de que un edificio fue diseñado y construido a través de estrategias encaminadas a mejorar la eficiencia en una serie de indicadores ordenados en categorías. LEED otorga puntos en distintas categorías temáticas (localización y transporte, parcelas sostenibles, eficiencia en la gestión del agua, calidad ambiental interior, materiales y recursos, energía y atmósfera, innovación y prioridades regionales) obteniendo la edificación una puntuación global. En función de la puntuación global se otorga a la edificación el nivel de *Certificado, Plata, Oro o Platinum*. Con LEED se pueden evaluar diferentes tipos de construcciones: nuevas construcciones y remodelaciones mayores, edificaciones existentes (fases de operación y mantenimiento), interiores, núcleos y fachadas, escuelas en la fase piloto, vecindades, comercios mayoristas y residencias.
- La BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) es un método de evaluación y certificación de la sostenibilidad de la edificación desarrollado por el Building Research Establishment del Reino Unido. BREEAM se corresponde con un conjunto de herramientas avanzadas y procedimientos encaminados a medir, evaluar y ponderar los niveles de sostenibilidad de una edificación. Similar a la metodología de LEED, otorga puntos por categorías de requisitos (gestión, salud y bienestar, energía, transporte, agua, materiales, residuos, uso ecológico del suelo, contaminación, innovación) y asigna una puntuación final tras

aplicar un factor de ponderación ambiental que tiene en cuenta la importancia relativa de cada área de impacto. Comprende las distintas fases de diseño, construcción y uso de los edificios y dispone igualmente de esquemas de evaluación y certificación en función de la tipología y uso del edificio (vivienda, oficinas, edificación industrial, centros de salud, escuelas, etc.).

- Finalmente, VERDE es una metodología para la evaluación y certificación ambiental de edificios desarrollada por la asociación Green Building Council España. El sistema de evaluación se basa en un método prestacional de acuerdo con la filosofía del Código Técnico de la Edificación y las Directivas Europeas. En la base están los principios de la bio-arquitectura y la construcción del edificio respetando el medio ambiente, compatible con el entorno y con altos niveles de confort y de calidad de vida para los usuarios. Los criterios de evaluación están agrupados en diferentes áreas temáticas: selección del sitio, proyecto de emplazamiento y planificación, calidad del espacio interior, energía y atmósfera, calidad del servicio, recursos naturales e impacto socio económico. La reducción del impacto medioambiental del edificio se evalúa comparándolo con un edificio de referencia. El edificio de referencia es siempre un edificio estándar realizado cumpliendo las exigencias mínimas fijadas por las normativas y por la práctica común. VERDE puede certificar edificios residenciales, oficinas y edificios comerciales tanto en fase de proyecto como obra acabada. VERDE busca ser un sistema de evaluación que considera las diferentes prioridades, tecnologías, tradiciones constructivas y valores culturales que existen en distintas regiones y países.

Lo que es común a la mayoría de los esquemas de evaluación es esencialmente el concepto de mirar el edificio completo, evaluando los impactos en varias categorías, ponderando las puntuaciones y dando una puntuación global. Sin embargo, la expresión del rendimiento en una sola puntuación no es una tarea sencilla y requiere establecer criterios para establecer ponderaciones acordes a la importancia comparativa de cada elemento evaluado. La energía, por ejemplo, es un criterio clave y, por lo tanto, por lo general se le da mayor ponderación que otros criterios (Kubba, 2017).

#### d. Evolución de los precios de la energía

En la estimación de los beneficios de las medidas de adaptación tiene una relevancia vital la evolución de los precios de la energía.

**“El sector de la edificación es el de mayor implantación de energías renovables (suponiendo un 54,86% sobre el consumo nacional total) y por el contrario tiene un peso muy reducido (apenas del 10%) en ese 50% del consumo total nacional que representan los productos petrolíferos en su conjunto.”**

---

Tal y como señala el Ministerio de Fomento en la actualización de 2017 de la Estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España (ERESE) “El sector de la edificación supone en España el 98% del consumo de energía solar térmica, el 84% del consumo de GLP, casi el 79% de la geotérmica, el 65% de la biomasa, el 61% de la electricidad o el 42% del total de combustibles gaseosos. El sector de la edificación es el de mayor implantación de energías renovables (suponiendo un 54,86% sobre el consumo nacional total) y por el contrario tiene un peso muy reducido (apenas del 10%) en ese 50% del consumo total nacional que representan los productos petrolíferos en su conjunto” (Ministerio de Fomento, 2017, p. 6).

De cara a una futura revisión cuantitativa de los precios de la energía habrá que prestar especial atención no sólo a la evolución de los precios de las energías no renovables más convencionales (especialmente del petróleo, por su impacto en los precios de electricidad y combustible de calderas), sino también de otras energías alternativas como la biomasa que, según los datos oficiales disponibles, hoy podría estar suponiendo en torno al 40% del consumo total de energía en calefacción doméstica (Ministerio de Fomento, 2017). Dado su carácter de energía renovable y su balance final neutro en términos de emisiones de CO<sub>2</sub>, debe merecer un tratamiento pormenorizado con respecto a otros combustibles cuya reducción de consumo es prioritaria para alcanzar los objetivos nacionales de emisiones (Ministerio de Fomento, 2017). Otro aspecto a analizar es si los hogares que actualmente consumen biomasa pueden evolucionar hacia el uso de otros combustibles, por lo que habrá que considerar esta cuestión, también, en los menús de intervención que se propongan y establecer medidas al respecto (Ministerio de Fomento, 2017).

La Agencia Internacional de la Energía (IEA) publica cada año un informe con las estimaciones de precios de la energía para los próximos horizontes temporales. El último informe de 2017 (World Energy Outlook, 2017) recoge estimaciones hasta el año 2050 del precio de la energía bajo distintos escenarios de demanda para las distintas fuentes: petróleo, gas, etc.

### e. Precios de la vivienda y valoración del consumidor

Un importante problema a la hora de tomar medidas ante el cambio climático en edificios es que en muchas ocasiones la parte que toma las decisiones de inversión no se beneficiaría directamente de sus rendimientos. En los nuevos edificios, por ejemplo, el constructor puede estar interesado en obtener un beneficio más alto a través de unos costes más bajos sin prestar atención a los efectos sobre la corriente de gastos futuros de energía y las emisiones contaminantes asociadas durante la fase operacional de los edificios (Gago et al., 2012).

Este problema se acrecienta debido a la dificultad de repercutir los costes de adaptación a los precios de las viviendas. En general, cuando los individuos se disponen a comprar o alquilar un edificio comercial o residencial dan más importancia a factores tales como ubicación, amplitud, o distribución que a la eficiencia energética. En muchas ocasiones, este desinterés, es debido a la falta de información respecto al consumo de energía de los edificios (Gago et al., 2012). En este sentido, los certificados de eficiencia energética y los certificados verdes voluntarios pueden ayudar a reducir la asimetría de información entre los constructores y los futuros usuarios de los edificios. La mayoría de los promotores y constructores están generalmente de acuerdo en que entre los beneficios más tangibles de obtener una certificación verde para un edificio es la habilidad de utilizarla como herramienta de marketing, pues los edificios certificados suelen tener un mayor margen de comercialización (Kubba, 2017).

En los casos de edificios ya construidos, el elevado coste inicial al que deben hacer frente los agentes para poder implantar medidas de adaptación también es una barrera importante a tener en cuenta. Los períodos de amortización largos y altas tasas de descuento son un importante obstáculo para la adopción de medidas de mitigación y adaptación en los edificios (Gago et al., 2012).

**“En general, cuando los individuos se disponen a comprar o alquilar un edificio comercial o residencial dan más importancia a factores tales como ubicación, amplitud, o distribución que a la eficiencia energética. En muchas ocasiones, este desinterés, es debido a la falta de información respecto al consumo de energía de los edificios.”**

## 2. MEDIDAS DE ADAPTACIÓN EN LOS EDIFICIOS ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

Pese a que la incertidumbre, derivada de los factores externos analizados anteriormente, hace complicada la toma de decisiones, es crucial que las empresas de construcción adopten medidas en materia de adaptación de los edificios al cambio climático.

En la actualidad existen una gran variedad de iniciativas que tratan de identificar qué medidas deberían adoptarse en los edificios ante el cambio climático. Gran parte de estos trabajos se centran en estrategias de mitigación a través de la reducción del consumo de energía y con ello de los GEI emitidos por los edificios. Otras propuestas adoptan una perspectiva más amplia, estableciendo estándares de sostenibilidad en la edificación que combinan las exigencias de eficiencia energética y confort de los usuarios en la búsqueda de edificios sostenibles.

En materia de mitigación, en el informe de Green Building Council España (2012) titulado “Escenarios de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para el sector residencial en España” elaborado por la Oficina Española de Cambio Climático, Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente, se recoge un catálogo estructurado de actuaciones para la reducción del consumo de energía a realizar sobre el parque edificado de edificios, clasificadas en cuatro categorías:



Uso y gestión



Reducción de demanda por la piel del edificio



Ventilación e intercambiador de calor



Mejora de la eficiencia de las instalaciones térmicas

---

Por otro lado, tal y como hemos comentado con anterioridad, respecto a los estándares de sostenibilidad en la edificación, nos encontramos con las propuestas elaboradas por las organizaciones certificadoras de la sostenibilidad de los edificios. En este sentido, el sistema internacional de certificación LEED pone el acento en 8 categorías o medidas a la hora de evaluar la sostenibilidad de un edificio. Estas son: localización y transporte, parcelas sostenibles, eficiencia en la gestión del agua, calidad ambiental interior, materiales y recursos, energía y atmósfera, innovación y prioridades regionales. Por su parte, el sistema de certificación BREAM organiza las medidas en gestión, salud y bienestar, energía, transporte, agua, materiales, residuos, uso ecológico del suelo, contaminación e innovación. Finalmente, la certificación española VERDE agrupa las medidas en diferentes áreas temáticas: selección del sitio, proyecto de emplazamiento y planificación, calidad del espacio interior, energía y atmósfera, calidad del servicio, recursos naturales e impacto socio económico.

En este trabajo nos centramos en aquellas medidas que permiten una mayor adaptación al clima en respuesta a los principales cambios climáticos que se esperan en la región donde se localiza el edificio. A título de ejemplo ilustrativo, para el caso de un edificio situado en Andalucía, el art 18 del Proyecto de Ley de Medidas frente al Cambio Climático de la Junta de Andalucía recoge un listado de los impactos esperados ante los cuales deben llevarse a cabo medidas de adaptación. En general, entre los impactos del cambio climático que tienen una mayor repercusión en el sector de la construcción podemos señalar: las inundaciones por torrencialidad y daños debidos a eventos climatológicos extremos, frecuencia, duración e intensidad de las olas de calor y frío y su incidencia en la pobreza energética, o los cambios en la disponibilidad del agua e incremento de la sequía. Un edificio adaptado al clima implicaría una menor vulnerabilidad de sus habitantes ante posibles olas de frío o calor u otros eventos climatológicos extremos.

**“Un edificio adaptado al clima implicaría una menor vulnerabilidad de sus habitantes ante posibles olas de frío o calor u otros eventos climatológicos extremos.”**

A continuación se presenta un conjunto de medidas que, sin ánimo de ser exhaustivo, pretenden ilustrar importantes aspectos a considerar en relación a la adaptación a estos impactos en la construcción. Asimismo, el Anexo 2 recoge la relación entre los posibles efectos del cambio climático en el sector de la construcción y las posibles medidas identificadas para paliarlos.

- A) Medidas de localización de los edificios, diseño estructural y materiales de construcción
- B) Calefacción, ventilación, aire acondicionado (HVAC) y agua caliente sanitaria (ACS)
- C) Envolvente de edificios
- D) Medidas de eficiencia en la gestión del agua
- E) Iluminación y electrodomésticos
- F) Medidas de control y tecnologías de automatización

#### a. Medidas de localización de los edificios, diseño estructural y materiales de construcción

El sector de la construcción puede implementar medidas en relación a la localización de los edificios y diseño estructural con el objetivo de adaptarlos y minimizar su vulnerabilidad frente impactos específicos del cambio climático. En este sentido, constituyen algunos ejemplos de medidas de adaptación:

##### *Elección de ubicaciones no propensas a sufrir desastres naturales*

El aumento del nivel de mar, las tormentas más fuertes y frecuentes que pueden provocar desprendimientos de tierra e inundaciones, el aumento de las temperaturas, etc., son cambios climáticos que aconsejan prestar especial atención a la ubicación de los edificios en los próximos años. Por ejemplo, en la versión LEED v4 para Diseño y Construcción de Edificios se indica como prerequisite para obtener la certificación, la necesidad de evitar llanuras inundables (Green Building Council España, 2014).

##### *Orientación solar*

La orientación de la edificación es un aspecto clave en la construcción de los edificios que incidirá de forma significativa en las necesidades de mayores o menores niveles de calefacción y aire acondicionado. Por ejemplo, en la versión LEED v4 se indica que el área acristalada hacia

el sur debe ser, al menos, un 50% mayor que la suma de áreas acristaladas en los muros orientados hacia este y oeste. Asimismo, el eje este-oeste del edificio debe estar dentro de un ángulo de 15 grados respecto al eje este-oeste geográfico. Además, al menos el 90% del acristalamiento orientado al sur debe estar completamente en sombra (mediante toldos, voladizos, árboles) en el mediodía solar en el solsticio de verano y sin sombra a medio día en el solsticio de invierno (Green Building Council España, 2014).

### *Medidas estructurales de fortalecimiento y flexibilidad*

Diseñar casas sobre plataformas o pilotes protegerá a los habitantes, sus pertenencias y principales espacios de vivienda de potenciales riesgos. La utilización de cemento o algún sistema de fortalecimiento estructural similar para los pisos inferiores hará que la vivienda sea resistente a los vientos huracanados (Banco Mundial, 2011; Martin, Campillo, Meirovich y Navarrete, 2013).

**“La orientación de la edificación es un aspecto clave en la construcción de los edificios que incidirá de forma significativa en las necesidades de mayores o menores niveles de calefacción y aire acondicionado.”**

Asimismo, aumentar la flexibilidad de los sistemas estructurales, mecánicos, de electricidad, agua y ventilación de las viviendas permitirá soportar mayores cargas en el futuro. A modo de ejemplo, a largo plazo puede ser necesario garantizar que los sistemas de electricidad puedan soportar un mayor volumen y una demanda de aire acondicionado más regular (Martin et al., 2013). A pesar de no ser tan crucial como otras estrategias de adaptación, contar con un diseño flexible constituye una adaptación directa a los impactos del cambio climático (Martin et al., 2013).

### *Selección de los materiales de construcción*

Cualquier material que se utiliza para propósitos de construcción puede ser considerado como material de construcción. Al diseñar un edificio, es de vital importancia considerar cuidadosamente la elección de los materiales que se utilizarán, ya que dependiendo de los mismos los edificios serán más o menos resistentes a los desastres naturales e interactuarán mejor o peor ante las exigencias del clima. Por ejemplo, los materiales duraderos y resilientes al agua resistirán mejor los daños que produzcan las inundaciones (Banco Mundial, 2011).

La certificación LEEDS recoge de forma expresa que usar productos y materiales de baja emisión, permite reducir la exposición de los ocupantes a los contaminantes químicos de aire: pinturas y recubrimientos interiores, suelos, aislamiento, adhesivos y sellantes son importantes en este sentido (Green Building Council España, 2014).

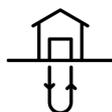
Además de considerar los efectos de los materiales durante la fase operacional de los edificios es importante tener en cuenta una gran cantidad de factores, incluyendo la amplia red de extracción, procesamiento y transporte necesarios para procesarlos (Kubba, 2017). El US Building Council (USGBC) señala que las elecciones de materiales de construcción son fundamentales para lograr el éxito en el diseño sostenible.

### b. Calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) y agua caliente sanitaria (ACS)

La importancia de la mejora de la eficiencia de las instalaciones térmicas queda patente en la “Hoja de Ruta 2020 sectores difusos” del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente para el cumplimiento de los objetivos en emisiones de GEI de España entre 2013 y 2020 donde se señalan las siguientes medidas para el sector de la edificación relacionadas con la eficiencia de las instalaciones térmicas:



fBiomasa en calefacción y ACS



Geotermia en climatización en reformas importantes.



Placas solares térmicas para ACS



Reparto de costes de calefacción con válvulas termostáticas



Cambio de calderas individuales convencionales a condensación.

---

Para cada una de las medidas, “Hoja de ruta 2020 sectores difusos” presenta una descripción de sus costes e impactos en mitigación, eficiencia, actividad económica y empleo, indicando sobre qué universo o área se aplica. Por ejemplo:

- La medida “*Biomasa en calefacción y ACS*” se concreta en sustituir las calderas de calefacción y ACS en edificios con calefacción central y viviendas unifamiliares que ya dispongan de calefacción, por sistemas de generación de calor utilizando biomasa como combustible. Para una vivienda de 90 m<sup>2</sup> la inversión se estima en 1.268 €, obteniendo un ahorro en el coste de operación y mantenimiento anuales de 113 € (ahorros en combustibles menos incremento de coste de mantenimiento).
- La medida “*Geotermia en climatización en reformas importantes*” se concreta en la instalación de geotermia para climatización y ACS en edificios de viviendas y viviendas unifamiliares con calefacción ya instalada, excepto "calor negro" y biomasa. Para una vivienda de 90 m<sup>2</sup> la inversión se estima en 3.596 €, obteniendo un ahorro en el coste de operación y mantenimiento anuales de 295€.
- La medida “*Placas solares térmicas para ACS*” se concreta en la instalación de 2m<sup>2</sup>/vivienda de placas solares térmicas en edificios de viviendas, para utilización de ACS. Para una vivienda de 90 m<sup>2</sup> la inversión se estima en 1.200 €, obteniendo un ahorro en el coste de operación y mantenimiento anuales de 82,56 €.

Además, la necesidad de eficiencia en la refrigeración gana importancia ante la eminente subida de las temperaturas.

### c. Envoltante de edificios

El aislamiento constituye la forma más efectiva de reducir pérdidas de calefacción reduciendo las necesidades de energía. Se prevé el aumento de importancia de materiales de construcción que reduzcan las necesidades de refrigeración, especialmente en algunas zonas climáticas como el sur de Europa.

En este sentido, el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) ha desarrollado una serie de guías técnicas para la rehabilitación de la envolvente térmica de los

edificios dirigidas a los profesionales del sector de la edificación, con información detallada en el plano técnico sobre los distintos tipos de material aislante disponible en el enlace: <http://www.idae.es/tecnologias/eficiencia-energetica/edificacion/aislamiento-en-edificacion/guias-tecnicas-para-la>. La colección de guías incluye las siguientes publicaciones:

- Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios con Sistemas Compuestos de Aislamiento Térmico por el Exterior (SATE)
- Soluciones de Aislamiento con Poliestireno Expandido (EPS)
- Soluciones de Aislamiento con Poliestireno extruido (XPS)
- Soluciones de Aislamiento con Poliuretano (PUR)
- Soluciones de acristalamiento y cerramiento acristalado
- Soluciones de aislamiento con espumas flexibles

En la envolvente del edificio tienen también una importancia vital las ventanas. “Hoja de ruta 2020 sectores difusos” recoge como una de las medidas a adoptar la instalación de ventanas con doble acristalamiento y rotura térmica. Se estima que con esta medida, se consigue reducir un 70% la energía disipada por los cerramientos de huecos de la vivienda reduciendo la demanda del consumo de calefacción (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medioambiente, 2014).

#### d. Medidas de eficiencia en la gestión del agua

**“Uno de los principales problemas de adaptación a los que nos enfrentamos hoy en día es la conservación del agua a través de una gestión más eficiente.”**

---

precipitaciones que, en el caso de España, puede traducirse en periodos más prolongados y estructurales de bajas precipitaciones.

Dadas las futuras previsiones sobre la menor disponibilidad del agua y el aumento de la sequía, no cabe duda de que uno de los principales problemas de adaptación a los que nos enfrentamos hoy en día es la conservación del agua a través de una gestión más eficiente, tanto en las nuevas edificaciones como en la rehabilitación de las ya existentes. La importancia de este factor se acrecentará ante el cambio climático por la incertidumbre y cambio en los patrones de

El sistema internacional de certificación LEED aborda, de manera holística, en una sección de *Eficiencia de Agua*, el uso del agua en interiores, el uso en exteriores, usos especializados y la medición. Cabe destacar que en las nuevas ediciones de LEED se han aumentado

considerablemente las exigencias de conservación del agua respecto a las versiones anteriores, lo que muestra la importancia creciente de la adopción de medidas de adaptación en relación al agua (Green Building Council España, 2014). En este sentido, entre las medidas a adoptar para la eficiencia en la gestión del agua cabe destacar:

### *Instalación de contadores para la medición del consumo del agua*

Supone una de las primeras medidas para favorecer una gestión efectiva en el uso del agua. Su instalación permite controlar los consumos individuales de cada vivienda, detectar fugas, etc.

### *Utilización de aparatos de alta eficiencia*

En esta categoría nos encontramos medidas relacionadas con la reducción del caudal de agua o medidas que evitan la utilización de agua, por ejemplo en los inodoros.

### *Medidas de diseño para el reciclaje de agua*

Entre estas medidas se incluyen el diseño de tuberías duales para utilizar el agua reciclada para limpiar el inodoro o un sistema de agua gris que recupera el agua de lluvia u otras aguas no potables. Del mismo modo, construir las conexiones necesarias para instalar sistemas de recogida de agua de lluvia en el futuro puede evitar las demandas energéticas adicionales que pueden requerir los sistemas de saneamiento tradicionales (Martin et al., 2013).



### *Medidas relacionadas con el consumo de agua exterior*

Entre estas medidas se incluye la utilización de especies autóctonas que no requieran excesiva agua de riego o microirrigación. Siempre que sea posible, deben utilizarse controladores de riego de última generación y boquillas de cierre automático en las mangueras (Kubba, 2017).

### e. Iluminación y electrodomésticos

Un componente importante en el consumo de energía en el edificio es el consumo para iluminación y electrodomésticos. Con frecuencia no son medidas relacionadas con las empresas en el sector de la construcción sino con las preferencias del cliente final.

#### *Electrodomésticos de bajo consumo*

Los electrodomésticos de mayor consumo son los frigoríficos (18,9% sobre el consumo eléctrico total), seguidos por TV (7,5%), lavadoras (7,3%), stand by (6,6%) y hornos (5,1%) (Ministerio de Fomento, 2017). La elección de electrodomésticos eficientes o de bajo consumo puede ayudar a reducir la demanda energética de la vivienda. La etiqueta energética es la mejor referencia para esta elección.



La información que contiene la etiqueta se basa en las normas de ensayo establecidas en la Legislación Europea. Concretamente está regulada en las Directivas de Ecodiseño (2009/125/EC) y en la Directiva 2010/31 de Eficiencia Energética. Además, existe un calendario muy activo de

legislación sobre certificaciones energéticas obligatorias de diferentes "PuEs" (Productos que utilizan Energía). Así mismo la Directiva Europea 2010/30/CE (también llamada la Directiva sobre Etiquetado Energético, o "Energy Labelling") se refiere a la indicación del consumo de energía y otros recursos por parte de los productos relacionados con la energía a través del etiquetado y la información a los usuarios finales (Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital, 2017). Esta información permite una sencilla elección de los electrodomésticos teniendo en cuenta su eficiencia energética. La etiqueta ha de exhibirse obligatoriamente en cada electrodoméstico puesto a la venta para permitir al consumidor conocer de forma rápida la eficiencia energética del aparato.

#### *Eficiencia en la iluminación*

La sección HE-3 del Código Técnico de la Edificación establece como exigencia básica que los edificios, tanto los nuevos como los que se reformen, dispongan de instalaciones de iluminación adecuadas a las necesidades de sus usuarios y a la vez eficaces energéticamente. El Código Técnico de la Edificación hace obligatorio el aprovechamiento de la luz natural, mediante la instalación y utilización de sistemas de control y regulación, en aquellas zonas en las que la aportación de luz natural así lo permita (IDAE, 2017).

La “Guía Técnica para el aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios”, publicada por el IDEA en 2005, recoge una serie de medidas para el aprovechamiento de la luz natural en iluminación. Adicionalmente, incluye también algunas medidas relacionadas con su relación con la iluminación artificial como la instalación de sistemas de control para alumbrado artificial que responden a la luz natural, el principio de modularidad o la instalación de luminarias con detectores integrados, etc. (IDAE, 2015).

Respecto a la luz artificial, LEED v4 para Diseño y Construcción de Edificios indica la necesidad de instalar iluminación de alta eficiencia, además de establecer unas directrices para calcular la densidad de potencia en la iluminación (Green Building Council España, 2014).

#### f. Medidas de control y tecnologías de automatización

Una de las principales vías para conseguir la eficiencia en la fase operacional de los edificios es el uso adecuado por parte los usuarios. Uno de los primeros pasos en la consecución de este objetivo es la instalación de contadores individuales, lo que incrementa el incentivo de los usuarios al uso eficiente de los recursos. Sin embargo, el potencial de mejora en el uso y gestión nos lleva hoy a hacer hincapié en la tecnología. Los edificios son cada vez más, *edificios inteligentes* o *edificios de alto rendimiento* gracias a su equipación con las últimas tecnologías, sistemas integrados, aplicaciones de usuario personalizadas y capacidad de gestión integrada de grandes cantidades de datos (Kubba, 2017).

La automatización de edificios implica una red programada, computarizada, "inteligente" de dispositivos electrónicos que monitorean y controlan los sistemas mecánicos y de iluminación en un edificio teniendo un gran potencial para la gestión y uso eficiente de la energía. La Ley de Independencia y Seguridad Energética de los Estados Unidos de 2007

**“Los edificios son cada vez más, edificios inteligentes o edificios de alto rendimiento.”**

define un edificio de alto rendimiento como “Un edificio que integra y optimiza en base al ciclo de vida todos los atributos principales de alto rendimiento, incluyendo la conservación de la energía y el agua, el medio ambiente, accesibilidad, costo-beneficio, productividad, sostenibilidad, funcionalidad y consideraciones operacionales” (Public Law 110-140, 2007).

De acuerdo con Grasso (2016), entre las principales cuestiones aprendidas en la Cumbre de la Energía del Edificio celebrada en Washington en 2016 cabe destacar: que para 2030, más de 500 millones de dispositivos estarán conectados a Internet; que el sector inmobiliario está a punto de convertirse en un negocio totalmente digital; y que incluso los edificios antiguos pueden ser pioneros en el uso de energía.

Debido en parte al aumento de los costes de energía, un número cada vez mayor de nuevos edificios están incorporando sistemas de comunicaciones centrales. El edificio "inteligente" ha ganado mucha importancia en los Estados Unidos. De hecho, muchas de las instalaciones federales actuales han tenido ya un gran éxito en lograr edificios de alto rendimiento (Kubba, 2017).







# PARTE 3. ANÁLISIS DE COSTE-BENEFICIO EN EL CONTEXTO DE CAMBIO CLIMÁTICO

## 1. ENFOQUES Y MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE LOS COSTES Y BENEFICIOS DE LAS OPCIONES DE ADAPTACIÓN

Existe una amplia variedad de métodos para el cálculo de los costes y beneficios de las medidas de adaptación. Cada método tiene puntos fuertes y débiles que pueden hacerlos más adecuados para diferentes tipos de estudio.

En el documento de síntesis elaborado por la Oficina Española de Cambio Climático (2012) a partir del Documento original '*Costs and Benefits of Adaptation Options: A Review of the existing literature*', del Secretariado de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), se recoge un extenso listado de propuestas como el análisis coste beneficio, el análisis coste eficiencia, el análisis multicriterio, los modelos de evaluación económica integrada, análisis de la inversión y corrientes financieras (FIF), modelos de equilibrio general computable (EGC), evaluación de impactos (evaluación basada en escenarios), análisis de cartera / opciones reales, evaluación de vulnerabilidad o evaluaciones de adaptación (Oficina Española de Cambio Climático, 2012).

De entre todos ellos, Solaun et al., (2016) destacan tres métodos disponibles para evaluar las opciones potenciales de adaptación en el sector privado: el análisis coste beneficio, el análisis coste-eficacia y el análisis multicriterio.

- El análisis coste-beneficio consiste en estimar en términos monetarios los costes y beneficios de una opción de adaptación en relación a los efectos proyectados del cambio climático en un escenario de referencia. Los costes y beneficios son descontados en el tiempo para obtener el valor actual neto (VAN), de manera que una opción de adaptación sería buena si los beneficios agregados superan a los costes agregados. Este análisis permite, además, ordenar las diferentes medidas de adaptación en función de su mayor o menor VAN. Hemos de tener en cuenta que este método prioriza la eficiencia de las medidas, dejando fuera criterios como la urgencia o importancia (Solaun et al., 2016). Uno de los principales problemas que plantea este método es la imposibilidad de incorporar los beneficios no monetarios en el modelo (p.e., número de vidas salvadas). Es por ello que para algunos tipos de evaluaciones, como las relacionadas con la salud o la biodiversidad, es frecuente encontrar análisis de coste-eficacia.
- El análisis de coste-eficacia es una variante del análisis coste-beneficio que se aplica cuando se carece de precios para valorar los objetivos pero sí se dispone del precio de los costes incurridos tras alcanzar dichos objetivos. De esta manera, únicamente necesitan ser cuantificados monetariamente los costes de las medidas, los beneficios se miden en unidades físicas. Con este método, es posible por tanto buscar la opción de adaptación que reduzca al mínimo el coste de lograr un resultado deseado (Oficina Española de Cambio Climático, 2012; Solaun et al., 2016).
- El análisis multicriterio permite integrar algunos efectos que no pueden ser medidos o valorados económicamente mediante un sistema de ponderación que proporciona una puntuación para cada opción considerada. Constituye una buena alternativa para la evaluación cuando sólo se dispone de datos parciales, cuando existen dificultades para calcular los impactos sobre los ecosistemas o sobre la salud, o cuando se emplean más criterios que los simplemente monetarios (Oficina Española de Cambio Climático, 2012).

Aunque los tres métodos se pueden aplicar en cualquier tipo de actuación, en función de la información de partida y/o del objetivo del análisis puede resultar más adecuado un método que otro. Es habitual que las medidas de reducción de emisiones de GEI se analicen desde la óptica coste-eficiencia. En el caso de las medidas de adaptación, se pueden analizar a través de las distintas metodologías, dependiendo de la información de partida y de los objetivos buscados (Solaun et al., 2016).

## 2. DELIMITACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE COSTE-BENEFICIO (ACB)

En este trabajo nos centraremos en la metodología de análisis coste beneficio ya que, incluso cuando presenta algunas limitaciones, proporciona información especialmente útil para la toma de decisiones, especialmente cuando se tienen que distribuir fondos escasos para la adaptación. En este sentido, el análisis coste-beneficio nos permite determinar no solo si los beneficios totales de una medida superan los costes de la misma, sino también qué opción (dentro del grupo analizado) produce el mayor beneficio neto. No cabe duda de que, en el caso del sector privado, el ACB resulta de aplicación más natural y orienta de forma más efectiva la toma de decisiones (Solaun et al., 2016a).

**“No cabe duda de que, en el caso del sector privado, el ACB resulta de aplicación más natural y orienta de forma más efectiva la toma de decisiones.” (Solaun et al., 2016a)**

Para la aplicación del ACB es preciso:

1. Delimitar un conjunto de medidas de adaptación definiendo tanto en alcance como en horizonte temporal.
2. Definir la línea de base o la situación en ausencia de adaptación al cambio climático. Para ello, deberá proyectarse (al horizonte temporal fijado) la situación actual, en ausencia de la medida de adaptación definida.
3. Recopilación de la información económica, tanto de la línea de base como de la línea de proyecto. Recolectar esta información, es una cuestión de vital trascendencia.
4. Se calcula el VAN de los costes y beneficios monetarios de la adaptación. El resultado nos permitirá determinar si los beneficios esperados exceden los costes así como la priorización de las medidas.

Para lo anterior, son necesarias una serie de tareas clave previas que se describen a continuación:

### *Elección del horizonte temporal (n)*

Para el conjunto de acciones consideradas se debe definir un horizonte temporal sobre el que realizar el análisis (Solaun et al., 2016a).

Los estudios previos sobre adaptación al cambio climático consideran una variedad de horizontes temporales (p.e., hasta 2030 o hasta 2100). En general, las acciones de adaptación al cambio climático deberán tener un horizonte amplio, aunque su implantación se prevea inmediata, debido a que los horizontes sobre los que se realiza el análisis de vulnerabilidad suelen ser amplios (Solaun et al., 2016a).

No obstante, a medida que se alargan los horizontes temporales la aplicación de la metodología ACB se hace más compleja en el sector privado. A este respecto, es importante señalar que, aunque los enfoques temporales más inmediatos (corto plazo) son más coherentes con la toma de decisión en el ámbito privado, tener una visión del medio y largo plazo para la priorización de las actuaciones en materia de adaptación al cambio climático es indispensable. Los estudios apuntan a un endurecimiento de los impactos del cambio climático con el tiempo, con lo que priorizar únicamente medidas cortoplacistas podría desencadenar una adaptación deficiente. Por tanto, se considera que la mejor aproximación sería considerar varios horizontes temporales (Solaun et al., 2016a).

### *Determinación de los Costes (C) y Beneficios (B)*

Los costes incluyen tanto las inversiones iniciales como los costes de operación y mantenimiento asociados durante el período analizado (Solaun et al., 2016a). Los beneficios son las ganancias en términos monetarios que se obtienen con la puesta en marcha de la medida (Solaun et al., 2016a).

En la mayoría de los casos, las ganancias son los costes derivados del cambio climático que son evitados por la aplicación de la medida en cuestión (por lo tanto, serán los costes del cambio climático estimados respecto a la línea de base definida). En el caso de la adaptación de edificios, la mayoría de estos costes ahorrados no inciden directamente en la empresa sino que se verán beneficiados los futuros usuarios de la vivienda mediante ahorros en los consumos durante la fase operacional de los edificios. Asimismo, la mayoría de los beneficios a cuantificar son beneficios esperados en función de los distintos

escenarios climáticos planteados. Algunos de los beneficios de la adaptación de los edificios al cambio climático son relativamente fáciles de cuantificar (ej., ahorro de energía, ahorro de agua) para un determinado periodo temporal, otros en cambio son difícilmente estimables (mejora del confort térmico, aumento de productividad en oficinas, etc). Estas cuestiones dificultan la valoración de los edificios derivados de la medida.

### *Elección tasa de descuento ( $i$ )*

Se utiliza para calcular el valor actual de los costes y beneficios. En este contexto, la tasa de descuento refleja principalmente el coste de oportunidad temporal de la inversión que se vaya a realizar (Solaun et al., 2016a).

La selección de la tasa de descuento a aplicar es uno de los aspectos que generan mayor controversia, debido a que los horizontes a medio y largo plazo que se manejan en materia de adaptación al cambio climático le conceden una relevancia determinante (Solaun et al., 2016a). Por tanto, no existe consenso sobre las tasas de descuento a aplicar. Muchos estudios evitan el tema dando estimaciones en porcentaje del PIB o aportando sólo costes o beneficios a precios actuales para un año futuro (Oficina Española de Cambio Climático, 2012). Una buena práctica es realizar un análisis de sensibilidad, aplicando diversas tasas de descuento y valorando cómo afecta la variación a los resultados y conclusiones.

### *Incertidumbre. Escenarios*

La alta incertidumbre es una cuestión de vital relevancia a la hora de recopilar la información necesaria para aplicar el ACB a medidas de adaptación al cambio climático (Oficina Española de Cambio Climático, 2012). Para que el ACB sea eficaz es necesario poseer suficiente información y poder valorar los costes y beneficios en términos monetarios.

De hecho, uno de los aspectos que dificultan en mayor medida el análisis es la propia incertidumbre que gira en torno al cambio climático y sus impactos. Sin embargo, ello no debe suponer una barrera para continuar avanzando en la toma de decisiones al respecto. En este sentido, es necesario un cambio de mentalidad, asumiendo la incertidumbre ligada

al cambio climático y sus impactos, así como a las hipótesis asociadas a su análisis (Oficina Española de Cambio Climático, 2012).

**“Uno de los aspectos que dificultan en mayor medida el análisis es la propia incertidumbre que gira en torno al cambio climático y sus impactos.”**

---

Entre las dificultades relacionadas con la incertidumbre destaca la necesidad de incorporar distintas proyecciones climáticas (p.e., proyecciones de temperatura y precipitación) para cada escenario socioeconómico. Ello incrementa los análisis necesarios y lleva a resultados más complejos, pero ofrece un enfoque más robusto (Oficina Española de Cambio Climático, 2012).

Junto a la incertidumbre asociada a los impactos del cambio climático, se añade la dificultad de determinar las condiciones económicas para horizontes temporales a medio y largo plazo. Una técnica útil es la de la utilización de escenarios. Por ejemplo, en el informe de Green Building Council España (2012) titulado “Escenarios de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para el sector residencial en España”, elaborado por la Oficina Española de Cambio Climático, Ministerio de Agricultura Alimentación y Medioambiente, se señalan diferentes escenarios en función de la evolución de: el precio de la energía, tres porcentajes distintos de ayudas públicas para la realización de las obras de rehabilitación, y de cuatro valores distintos para los tipos de interés de retorno de las inversiones en eficiencia energética. De todos los escenarios propuestos, el propio informe destaca cuatro. Estos son:

- **“Escenario Línea Base**, un escenario donde se consideran los costes de la energía previstos por el modelo que maneja la UE, donde no se articula ninguna política de subvenciones a la rehabilitación energética, y en la que los tipos de interés para los préstamos a la rehabilitación son los tipos comerciales. De alguna manera, sería el escenario ‘Business as usual’ e indicaría la tendencia de reducciones en energía y emisiones del sector doméstico generada por la simple acción de la eficiencia económica obtenida por las inversiones en eficiencia energética. Este escenario no produce ninguna reducción en los GEI difusos antes del 2020 y la actividad generada en el sector es muy reducida, produciendo apenas unos 20.000-25.000 empleos durante todo el periodo 2012-2030”.
- **“Escenario Apoyo Limitado**, un escenario en el que se consideran unas ayudas mínimas que alcanzan un 10% del presupuesto de rehabilitación y se arbitra la disponibilidad de tipos de interés reducidos de un 4%. Se considera un escenario de mínima acción política y que permite reducir las emisiones difusas del sector

residencial en 2020 cerca de un 5% frente a los niveles del año de referencia de 2005. Es un escenario que tiene su máxima actividad entre 2020 y 2030, generando unos 60,000 empleos antes del 2020 y luego 120.000 durante el periodo 2020-2030”.

- **“Escenario Objetivo UE**, que es el que permite –mediante subvenciones del 25% del presupuesto de rehabilitación energética y tipos de interés del 5%- reducir las emisiones difusas del sector residencial en 2020 en un 10% frente a los niveles del 2005. Es un escenario que tiene su máxima actividad entre 2020 y 2030 generando unos 90.000 empleos antes del 2020 y luego 140.000 durante el periodo 2020-2030”.
- **“Escenario Verde Plus**, que se propone como el escenario más ambicioso en el que la acción pública, subvencionando hasta un 35% de la inversión en eficiencia energética y consiguiendo tipos de interés del 4%, consigue reducir las emisiones difusas de los hogares españoles un 20% antes del 2020. Es un escenario realmente transformador del sector, que pasa a generar más de 160,000 empleos antes del 2020 y estará trabajando a máxima capacidad desde el 2013, y en el que la inversión genera una fuerte demanda inducida al sector industrial (40.000 millones de euros hasta el 2020) que ha de resultar un vector decisivo en la creación de una economía eficiente y competitiva.” (Green Building Council España, 2012, p. 30-31)

Por lo tanto, para aplicar el ACB en la adopción de medidas de adaptación ante el cambio climático, los analistas deben lidiar con altos niveles de incertidumbre tanto por el desconocimiento sobre cuáles serán los impactos del cambio climático, como por las condiciones económicas que se presentarán para horizontes temporales a medio y largo plazo, lo que añade la complejidad analítica.

Finalmente, es importante tener presente que el ACB es una metodología muy sensible a pequeños cambios en las hipótesis o en los períodos de cálculo. Cuestiones como la tasa de descuento a aplicar o el horizonte temporal de las medidas, pueden cambiar de forma sustancial los resultados. La realización de ciertos análisis básicos de sensibilidad es una buena práctica para aliviar este inconveniente (Oficina Española de Cambio Climático, 2012).

### 3. EXPERIENCIAS DE UTILIZACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE COSTE BENEFICIO EN RELACIÓN A LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN CUALQUIER SECTOR

A nivel internacional, uno de los estudios más completos sobre los costes de adaptación al cambio climático es el informe del Banco Mundial (Banco Mundial, 2010). En él, el Banco Mundial ha propuesto una metodología para evaluar económicamente la adaptación al cambio

**“El Banco Mundial ha propuesto una metodología para evaluar económicamente la adaptación al cambio climático.”**

climático (EACC- por sus siglas en inglés “The Economics of Adaptation to Climate Change”). Esta iniciativa aporta una perspectiva global para la estimación de los costes del cambio climático, a la vez que proporciona orientaciones para la evaluación de las medidas de adaptación a implementar. Solaun y sus colegas (2016a, p.14) recogen los pasos que implica la metodología EACC:

- “Definir una base de desarrollo y establecer la senda de crecimiento hasta un horizonte lejano (por ejemplo 2050) para cada sector analizado, basada en las provisiones de cambio de la población y del PIB para el periodo. Esta base representa el escenario sin cambio climático.
- Definir varios escenarios climáticos que representen los extremos de las proyecciones climáticas. Estos escenarios serán los que sirvan de base para evaluar los costes de la adaptación al cambio climático
- Analizar las diferencias entre los diferentes escenarios, para identificar el cambio que se produciría en los sectores objeto de estudio.
- Definir las opciones de adaptación que permitirían restaurar las condiciones definidas para el primer escenario (sin cambio climático).
- Estimar los costes de implementación de las medidas definidas y los asociados a los daños residuales de un clima cambiante. Agregar los costes de implementación y daños residuales para obtener una estimación del coste de la adaptación al cambio climático.
- Realizar un análisis de inversión para establecer el beneficio neto de las medidas de adaptación definidas.”

El Banco Mundial (2010) estimó que entre los años 2010 y 2050 las necesidades mundiales de inversión en adaptación para un escenario de aumento de la temperatura de 2°C, se situarían entre los 70.000 y 100.000 millones de dólares anuales. Existen otras proyecciones en este sentido, aunque los cálculos fluctúan en función de la magnitud de los cambios climáticos tomada como referencia.

Algunos inconvenientes que se han señalado sobre este estudio es que la adaptación se sobreestima porque se supone que conduce de nuevo a los niveles de bienestar antes del cambio climático. Las estimaciones globales también están sujetas a limitaciones y el bajo estado de conocimiento es evidente en la amplia gama de estimaciones de costes de adaptación globales (Bosello et al., 2013).

En general, los estudios sobre los costes a nivel global de la adaptación no hacen ninguna declaración sobre los beneficios, sino que asumen que ciertos tipos de impactos deben ser evitados (Hof, et al., 2014). Por tanto, nos encontramos con muy poca información disponible sobre los beneficios globales de la adaptación. La razón probable de esto es que las medidas de adaptación son muy diversas y suelen tener lugar a nivel local. Los pocos estudios que abordan los beneficios de la adaptación indican que estos serán alrededor de cuatro veces los costes (Hof, et al., 2014).

**“Los pocos estudios que abordan los beneficios de la adaptación indican que estos serán alrededor de cuatro veces los costes.”**

Pese a las dificultades, existe una concienciación cada vez mayor sobre la importancia de mejorar los análisis sobre adaptación al cambio climático. En ese contexto, se están promoviendo especialmente los estudios de casos por países y sectores e investigación sobre la adaptación bajo incertidumbre (Bosello et al., 2013).

En Europa, a nivel nacional, existen algunos ejemplos de trabajos que realizan estimaciones de beneficios para medidas específicas de adaptación. Por ejemplo, para Alemania, la Agencia Federal de Medioambiente (Umweltbundesamt) publicó en 2012 un estudio sobre los costes y beneficios de 28 medidas de adaptación en 13 sectores. Hof y sus colegas (2014) indican que el estudio muestra una gran incertidumbre sobre los costes y beneficios de las medidas ya que 18 de las 28 medidas estaban rodeadas por un nivel alto o muy alto de incertidumbre y ninguna por un bajo nivel. Las medidas con mayores beneficios netos fueron la prevención de las pérdidas de productividad relacionadas con el calor mediante el uso del aire acondicionado

(beneficios anuales de 7.400 millones de euros para 2050, frente a los costes de 1.100 millones); la prevención de los daños causados por las tormentas a los edificios (beneficios anuales de 2.100 a 5.300 millones de euros para el año 2100, contra costes de 1.100 a 1.600 millones); la implementación de sistemas de alerta térmica (beneficios anuales de 400 a 2.500 millones de euros, frente a los muy bajos costes de 5 millones); la construcción de pistas de esquí artificial (beneficios anuales de 850 a 1.700 millones de euros, contra costes de 15 a 30 millones); la construcción de diques y la aplicación de la alimentación de la playa (beneficios anuales de 270 millones de euros en 2085, contra costes de 110 millones); y el uso de variedades vegetales adaptadas en la agricultura (beneficios anuales de hasta 165 millones de euros, frente a costes de alrededor de un cuarto de millón) (Tröltzsch et al., 2012, como se describe en Hof, et al., 2014).

**“La prevención de las pérdidas de productividad relacionadas con el calor por el uso del aire acondicionado presentaría beneficios anuales estimados de 7.400 millones de euros frente a los costes de 1.100 millones para 2050.”**

Los estudios sectoriales a nivel europeo se han centrado principalmente en la evaluación del impacto del aumento del nivel del mar. Por ejemplo, Ciscar, (2009) estimó que los costes anuales de adaptación para el aumento del nivel del mar para la UE, oscilarán entre 0,3 y 1 billón de euros durante el período 2010-2040 (Hof et al., 2014). Este estudio encontró que la adaptación al aumento del nivel del mar reduciría significativamente el número de personas expuestas a las inundaciones y reduciría la migración provocada por la pérdida de tierra. Esto

se trasladaría a beneficios económicos netos estimados anuales de adaptación de unos 3.500 millones de euros en los años 2020 y entre 9 y 40.000 millones de euros en la década de 2080, dependiendo del escenario de ascenso del nivel del mar (Ciscar, 2009, como se describe en Hof, et al., 2014). El estudio ClimateCost, utilizando un marco de modelo similar, llega a cifras similares (Hof, et al., 2014).

En España, en la Guía metodológica para el “análisis y priorización de medidas de adaptación al cambio climático” (2016) se recogen casos piloto en cinco sectores en los que se consensó una metodología para el análisis de vulnerabilidad al cambio climático en el ámbito empresarial español (Solaun et al., 2016a). Para ello, se trabajó en un proceso participativo con los sectores y empresas pioneras en este ámbito. Éstas fueron Bodegas Torres dentro del sector agroalimentación, Endesa en el sector de la energía, el Grupo Ferrovial en el de la construcción, Meliá Hotels International en turismo y Renfe en transporte. Cada organización seleccionó un caso piloto donde se aplicó la metodología desarrollada. A través de la evaluación de la situación de partida de cada empresa en materia de adaptación al cambio climático, así como del estudio de las consecuencias derivadas del cambio climático mediante

el empleo de los escenarios regionalizados de cambio climático desarrollados para cada región, se determinaron los niveles de vulnerabilidad actual y futura al cambio climático (Solaun et al., 2016a).

En general, la metodología planteada señala que el análisis se debe llevar a cabo siguiendo los pasos que se muestran a continuación (Solaun et al., 2016b, p. 4-5):

**“1. Identificación de impactos potenciales principales en cada sector.** A través del análisis de las condiciones climáticas actuales e históricas, y de las proyecciones de escenarios climáticos futuros, lo que permite entender cómo el cambio climático puede alterar la actividad de cada sector, es decir, los impactos que presentan una incidencia relevante en el sector.

**2. Identificación de los riesgos climáticos a los que se enfrentan las empresas.** Se analiza la probabilidad de ocurrencia de los diferentes impactos climáticos identificados derivados del cambio climático para cada región de la geografía española y se evalúan las consecuencias que puedan presentar en el sector.

**3. Evaluación de la capacidad de adaptación.** Se evalúa la capacidad de adaptación al cambio climático de la organización, que está influenciada por la respuesta operacional ante un determinado impacto, la capacidad financiera para poner en marcha iniciativas o acciones adaptativas y el nivel de conocimiento en materia de impactos y cambio climático.

**4. Análisis de vulnerabilidad actual y futura.** Mediante el análisis de riesgo de la organización y de la capacidad de actuación, se define la vulnerabilidad de la misma al cambio climático”

## 4. EXPERIENCIAS DE UTILIZACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ACB EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN.

Uno de los trabajos pioneros en la aplicación del ACB en el sector de la construcción fue “The Costs and Financial Benefits of Green Buildings: A Report to California’s Sustainable Building Task Force” (G. Kats et al., 2003). En este trabajo se analizan los costes 33 proyectos LEED registrados. Entre algunas de las decisiones económicas adoptadas en este estudio encontramos la consideración de un periodo temporal de 20 años, la aplicación de una tasa del 5% real y una inflación del 2%. Es interesante también cómo estiman el precio de la energía (que representa los beneficios) y del agua.

Otro ejemplo es el informe de Sustainability House (2012) publicado por Commonwealth of Australia (Department of Climate Change and Energy Efficiency) titulado “Identifying Cost Savings through Building Redesign for Achieving Residential Building Energy Efficiency Standards”. En este trabajo se centran sobre todo en el análisis de la eficiencia energética. Eligen edificios tipo en distintas ciudades y cada medida se considera un caso de estudio.

Kubba (2017) señala que es uno de los estudios más confiables hasta la fecha sobre los costes y los beneficios financieros de la construcción sostenible es “Greening Buildings and Communities: Costs and Benefits” publicado por Landmark International. El trabajo pretende ser el estudio internacional más grande de su tipo, basado en un extenso análisis financiero y técnico de 150 edificios verdes en 33 estados de Estados Unidos y en 10 países de todo el mundo construido entre 1998 y 2008. Asimismo Kubba (2017) resume alguna de las principales conclusiones de este trabajo. Entre ellas, el estudio señala que los ahorros en energía compensan por si solos los costes adicionales en la mayoría de los edificios certificados, oscilando el valor presente de los ahorros a 20 años entre los 7 dólares por m<sup>2</sup> para edificios en la categoría *Certificado* a 14 dólares por m<sup>2</sup> en la categoría *Platinum*, más que la media de costes adicionales que oscilan de 3 a 8 dólares por m<sup>2</sup> por edificio certificado. Asimismo, el 50% de los edificios certificados en el estudio, tienen un pay back de 5 años o inferior a través de ahorros en el agua y energía.

En España, podemos destacar dos importantes trabajos de ACB en el sector de la construcción:

- Por un lado, nos encontramos con el trabajo del Green Building Council España (2012) en el que se realiza un ACB en el sector residencial para medidas de mitigación del cambio climático. Como se ha mencionado en apartados previos de este trabajo, el Green Building Council España (2012) analizó cuatro tipos de medidas (uso y gestión, reducción de demanda por la piel del edificio, ventilación e intercambiador de calor y mejora de la eficiencia de las instalaciones térmicas) utilizando distintos escenarios en función de evolución de: el precio de la energía, tres porcentajes distintos de ayudas públicas para la realización de las obras de rehabilitación, y de cuatro valores distintos para los tipos de interés de retorno.
- Por otro lado, en 2016 se llevó a cabo un análisis piloto de medidas de adaptación en el sector de la construcción, en concreto en la planta desalinizadora de agua de mar del Canal de Alicante, incluido dentro de la guía metodológica para el análisis y priorización de medidas de adaptación al cambio climático (Solaun et al., 2016b). En este trabajo se realiza un ACB tomando un horizonte temporal de 15 años, entre 2015 y 2030 y se estudian tres posibles medidas de adaptación ante el cambio climático en la planta desalinizadora (medida 1, dosificación de hidróxido de sodio; medida 2, recambio de membranas; y medida 3, choques de hipoclorito de sodio). El estudio plantea que estas medidas no son excluyentes, esto es, un aumento de la temperatura podría implicar la puesta en marcha de más de una a la vez. Por ello, aunque analizan los costes de forma independiente, los beneficios se estudian de forma conjunta, ya que para la venta del agua tratada podría ser probable que se implementase a la vez más de una medida.

Estos trabajos suponen un punto de referencia para el presente trabajo.



## CONCLUSIONES

Aunque los avances en el ámbito del cambio climático son lentos y complejos, su importancia decisiva en el futuro de la humanidad obliga a no cesar en los esfuerzos para facilitar la adopción de medidas en esta materia. Pese a la existencia de importantes dificultades, es destacable que la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (1992) tiene adhesión prácticamente mundial lo que hace de la Convención uno de los acuerdos internacionales que goza de apoyo más universal.

Los trabajos que tratan de ponderar económicamente los beneficios de la mitigación y la adaptación al cambio climático son muy relevantes para ayudar en los procesos de decisión y ayudar a la adopción de acuerdos internacionales y al diseño de políticas públicas para promocionar el desarrollo de medidas eficientes. También son relevantes estos estudios para una mejor asignación de recursos privados ya que las medidas de mitigación y adaptación al cambio climático pueden y deben ser impulsadas también desde la perspectiva del sector privado. La Estrategia Europea de Adaptación al Cambio Climático (2014-2020) resalta las necesidades de coordinación entre las diferentes escalas de la planificación (local, regional, estatal y europea), las diferentes dimensiones pública y privada, y la coordinación y transversalización entre los distintos sectores.

Un sector que puede tener una incidencia decisiva es el sector de la construcción dado el largo periodo de vida útil de las infraestructuras y su importante exposición al cambio climático. En este sentido, las conclusiones sobre los costes y beneficios de las medidas de adaptación, son muy relevantes tanto para atender los riesgos como para aprovechar las oportunidades que presenta el cambio climático sobre el sector de la construcción.

Europa posee el liderazgo mundial de la actividad de la construcción sostenible en el ámbito internacional, construyendo verde las constructoras europeas en al menos el 60% de sus proyectos (Kubba, 2017). La industria de la construcción española tiene la capacidad y el conocimiento oportuno para poder reconvertirse hacia el sector de la rehabilitación de edificios para su adaptación ante el cambio climático. “La reducción de emisiones de gases de efecto invernadero del sector doméstico es una oportunidad para reconvertir el sector de la edificación hacia un sector de la rehabilitación, un sector impulsado en primer término por la intervención en eficiencia energética” (Green Building Council España, 2012:5).

Con este proyecto se pretende desarrollar un trabajo pionero en España de ACB de las medidas de adaptación de edificios



residenciales al cambio climático. El objetivo final, es desarrollar una herramienta útil en la toma de decisiones de adaptación. La colaboración entre la Universidad de Granada, la Fundación Biodiversidad y el sector privado de la

construcción en esta iniciativa son un ejemplo de la necesaria coordinación público y privada en la búsqueda de soluciones que reduzcan la vulnerabilidad de la sociedad al cambio climático.

## REFERENCIAS

- Banco Mundial, 2010. The economics of adaptation climate change. The World Bank Group. Disponible en: [https://siteresources.worldbank.org/EXTCC/Resources/EACC\\_FinalSynthesisReport0803\\_2010.pdf](https://siteresources.worldbank.org/EXTCC/Resources/EACC_FinalSynthesisReport0803_2010.pdf) (acceso el 2 de noviembre 2017)
- Banco Mundial, 2011. informal housing: reducing disaster vulnerability through safer construction. The World Bank Group. Disponible en: [http://siteresources.worldbank.org/FINANCIALSECTOR/Resources/Low\\_Cost\\_Green\\_Housing\\_Informality\\_and\\_Vulnerability.pdf](http://siteresources.worldbank.org/FINANCIALSECTOR/Resources/Low_Cost_Green_Housing_Informality_and_Vulnerability.pdf) (acceso el 2 de noviembre 2017)
- Bosello, F., Carraro, C., De Cian, E., 2013. Adapting to climate change. Costs, benefits, and modelling approaches. Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici. Disponible en: <http://www.cmcc.it/wp-content/uploads/2013/05/rp0158-cip-12-2011.pdf> (acceso el 2 de noviembre 2017)
- Comisión Europea, 2007. Libro verde. Adaptación al cambio climático en Europa: Opciones de actuación para la UE hacia un marco europeo de actuación.
- Comisión Europea, 2009. Libro blanco. Adaptación al cambio climático: hacia un marco europeo de actuación. Disponible en [http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2009\\_2014/documents/com/com\\_com\(2009\)0147\\_/com\\_com\(2009\)0147\\_es.pdf](http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2009_2014/documents/com/com_com(2009)0147_/com_com(2009)0147_es.pdf) (acceso el 2 de noviembre 2017)
- Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo. Diario Oficial de la Unión Europea. De 25 de octubre de 2012. Disponible en: <https://www.boe.es/doue/2012/315/L00001-00056.pdf> (acceso el 2 de noviembre 2017)
- Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo. Diario Oficial de la Unión Europea. De 19 de mayo de 2010. Disponible en: <https://www.boe.es/doue/2010/153/L00013-00035.pdf> (acceso el 2 de noviembre 2017)
- Feliu Torres, E., García Blanco, G., Gutiérrez García, L., Abajo Alda, B., Mendizabal Zubeldia, M., Tapia García, C. 2016. Guía para la elaboración de Planes Locales de Adaptación al Cambio Climático. Disponible en: [http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/publicaciones/publicaciones/guia\\_local\\_para\\_adaptacion\\_cambio\\_climatico\\_en\\_municipios\\_espanoles\\_tcm7-419201.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/publicaciones/publicaciones/guia_local_para_adaptacion_cambio_climatico_en_municipios_espanoles_tcm7-419201.pdf) (acceso el 2 de noviembre 2017)
- Gago, A., Hanemann, M., Labandeira, X., Ramos, R., 2012. Climate Change, Buildings and Energy Prices. Disponible en: <https://eforenergy.org/docpublicaciones/documentos-de-trabajo/WPFA04-2012.pdf> (acceso el 2 de noviembre 2017)

- Grasso, N. 2016. 5 Things we learned at the 2016 Building Energy Summit. Workdesign Magazine. 18 de marzo de 2016. Disponible en: <https://workdesign.com/2016/03/5-things-we-learned-at-the-2016-building-energy-summit/> (acceso el 1 de noviembre de 2017)
- Green Building Council España, 2012. Escenarios de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para el sector residencial en España.
- Green Building Council España, 2014. LEED v4 para Diseño y Construcción de Edificios. Disponible en: <http://www.spaingbc.org/files/LEED%20v4%20BD+C%20ESP.pdf> (acceso el 1 de noviembre de 2017)
- Hof, A., Boot, P., van Vuuren, D., van Minnen, J., 2014. Costs and benefits of climate change adaptation and mitigation: An assessment on different regional scales. Disponible en: [http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/PBL\\_2014\\_Costs\\_and\\_benefits\\_of\\_climate\\_change\\_adaption\\_and\\_mitigation\\_1198.pdf](http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/PBL_2014_Costs_and_benefits_of_climate_change_adaption_and_mitigation_1198.pdf) (acceso el 2 de noviembre 2017)
- IPCC, 2013. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático Resumen para responsables de políticas. Disponible en: [http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5\\_SPM\\_brochure\\_es.pdf](http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_SPM_brochure_es.pdf) (acceso el 15 de octubre de 2017)
- IDEA, 2008. Guía práctica sobre instalaciones centralizadas de calefacción y agua caliente sanitaria (ACS) en edificios de viviendas. Disponible en: [http://www.minetad.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Gu%C3%ADas%20t%C3%A9cnicas/Guia\\_Instalaciones\\_Calefaccion.pdf](http://www.minetad.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Gu%C3%ADas%20t%C3%A9cnicas/Guia_Instalaciones_Calefaccion.pdf) (acceso el 2 de noviembre 2017)
- IDEA, 2015. Guía técnica para el aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios. Disponible en: <http://www.idae.es/file/9151/download?token=WdWmSCSV> (acceso 15 de octubre de 2017)
- IDEA, 2017. Iluminación eficiente en edificios. Disponible en: <http://www.idae.es/tecnologias/eficiencia-energetica/edificacion/iluminacion-eficiente-en-edificios> . (acceso 15 de octubre de 2017)
- Kats, G E. Capital. 2003. Green building costs and financial benefits. Massachusetts Technology Collaborative Boston, MA. Disponible en: <http://www.greenspacebuildings.com/wp-content/uploads/2011/05/Kats-Green-Buildings-Cost.pdf> (acceso el 2 de noviembre 2017)
- Kubba, S. 2017. Handbook of Green Building Design and Construction: LEED, BREEAM, and Green Globes. Butterworth-Heinemann: Oxford, United Kingdom; Cambridge, MA, United States. 2nd Ed.
- Ley 16/2017, de 1 de agosto, del cambio climático. Boletín Oficial del Estado núm. 234 de 28 de septiembre de 2017. Disponible en:

- <https://www.boe.es/boe/dias/2017/09/28/pdfs/BOE-A-2017-11001.pdf> (acceso el 2 de noviembre 2017)
- Martin, C., Campillo G., Meirovich H., Navarrete, J., 2013. Mitigación y adaptación al cambio climático a través de la vivienda pública. Marco teórico para el Diálogo Regional de Políticas sobre Cambio Climático del BID. Disponible en: [https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/6026/IDB-TN-593\\_es.pdf?sequence=1](https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/6026/IDB-TN-593_es.pdf?sequence=1) (acceso el 2 de noviembre 2017)
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medioambiente, 2014. Hoja de ruta de los sectores difusos, A2020. Disponible en: [http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/planes-y-estrategias/Hoja de Ruta 2020 tcm7-351528.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/planes-y-estrategias/Hoja_de_Ruta_2020_tcm7-351528.pdf) (acceso el 2 de noviembre 2017)
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medioambiente, 2017. España, Juntos por el Clima. Jornadas de Debate. Ley de Cambio Climático y Transición Energética. Disponible en: <http://www.prodetur.es/prodetur/AlfrescoFileTransferServlet?action=download&ref=48ab6b21-eb0b-4ba8-8a1d-36f1970cbe88> (acceso el 2 de noviembre 2017)
- Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital, 2017. Etiquetado energético. Disponible en <http://www.controlastuenergia.gob.es/consumo-inteligente/paginas/etiquetado-energetico.aspx> (acceso el 25 de octubre de 2017)
- Ministerio de Fomento, 2017. Actualización 2017 de la Estrategia a largo plazo para la Rehabilitación Energética en el Sector de la Edificación en España. Disponible en: <https://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/24003A4D-449E-4B93-8CA5-7217CFC61802/143398/20170524REVISIONESTRATEGIA.pdf> (acceso el 2 de noviembre 2017)
- Oficina Española de Cambio Climático (OECC). 2012. Costes y beneficios de las opciones de adaptación: Una revisión de la literatura existente. A partir del Documento original '*Costs and Benefits of Adaptation Options: A Review of the existing literature*'
- Oficina Española del Cambio Climático (OECC), 2017. ¿Qué es el cambio climático y cómo nos afecta? Disponible en: <http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/ques-el-cambio-climatico-y-como-nos-afecta/> (acceso 15 de octubre de 2017)
- Proyecto de Ley de Medidas frente al Cambio Climático. 2017. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Junta de Andalucía. 17 de octubre 2017 Disponible en : [http://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/normativa en elaboracion/15/06/Proyecto%20de%20Ley%20aprobado%20por%20el%20Consejo%20de%20Gobierno.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/normativa_en_elaboracion/15/06/Proyecto%20de%20Ley%20aprobado%20por%20el%20Consejo%20de%20Gobierno.pdf) (acceso 31 de octubre 2017).
- Public Law 110-140, 2007. Energy Independence and Security Act. US. Disponible en: <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/PLAW-110publ140/pdf/PLAW-110publ140.pdf> (acceso el 1 de noviembre de 2016)
- Solaun, K., Gómez, I., Urban, J. Gómez, J.C., 2016a. Integración de la adaptación al cambio climático en la estrategia empresarial. Guía metodológica para el análisis y priorización



de medidas de adaptación al cambio climático. Disponible en: [http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/publicaciones/publicaciones/adaptacionempresarialcambioclimatico\\_tcm7-443204.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/publicaciones/publicaciones/adaptacionempresarialcambioclimatico_tcm7-443204.pdf) (acceso el 2 de noviembre 2017)

Solaun, K., Gómez, I., Urban, J. Gómez, J.C., 2016b. Integración de la adaptación al cambio climático en la estrategia empresarial. Guía metodológica para el análisis y priorización de medidas de adaptación al cambio climático. Caso piloto: Ferrovial. Oficina Española de Cambio Climático, Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.

Sustainability House. 2012. Identifying Cost Savings through Building Redesign for Achieving Residential Building Energy Efficiency Standards. Commonwealth of Australia (Department of Climate Change and Energy Efficiency). Disponible en: <https://industry.gov.au/Energy/Energy-information/Documents/identifyingcostsavingsbuildingredesignachievingenergyefficiencystandards.pdf> (acceso el 2 de noviembre 2017).

## ANEXO 1. INSTRUMENTOS REGULATORIOS A NIVEL AUTONÓMICO<sup>1</sup>

Comunidad Autónoma	Año	Instrumento regulatorio
Andalucía	2014	Anteproyecto de Ley Andaluza de Cambio Climático
	2002	Estrategia Andaluza ante el Cambio Climático
Aragón	2009	Estrategia Aragonesa de Cambio Climático y Energías Limpias
Cantabria	2008-2012	Estrategia de acción frente al cambio climático de Cantabria
Castilla la Mancha	2010-2012-2020	La Estrategia Regional de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático de Castilla-La Mancha
Castilla y León	2009-2012-2020	Estrategia regional de cambio climático de Castilla y León
Cataluña	2017	Ley 16/2017, de 1 de agosto, del cambio climático de Cataluña
	2013-2020	Estrategia Catalana de Adaptación al Cambio Climático
Extremadura	2013-2020	Estrategia de Cambio Climático de Extremadura
Islas Baleares	2013-2020	Estrategia Balear de Cambio Climático
Islas Canarias	2012, 2020,2050	Estrategia Canaria de Lucha contra el Cambio Climático
Madrid	2013-2020	Estrategia de Calidad del Aire y Cambio Climático de la Comunidad de Madrid 2013-2020
Navarra	2010-2020	Estrategia frente al Cambio Climático de Navarra
País Vasco	2014-2050	Estrategia Vasca de Cambio Climático
	2011	Proyecto de Ley Vasca de Cambio Climático
	2008-2012	Plan Vasco de Lucha contra el Cambio Climático
Valencia	2013-2020	Estrategia Valenciana ante el Cambio Climático

Fuente: Elaboración propia

<sup>1</sup> No se ha llevado a cabo un análisis sistemático de los distintos ordenamientos autonómicos, sólo se citan algunos instrumentos a título de ejemplo



## ANEXO 2. POSIBLES EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA CONSTRUCCIÓN Y MEDIDAS PARA PALIARLOS

Impacto	Medidas
Aumento de la temperatura	A Orientación solar y elección de materiales B Eficiencia en la refrigeración C Envolverte del edificio F Control y tecnologías de la automatización
Aumento del nivel del mar	A Localización
Lluvias torrenciales, inundaciones	A Localización y elección de materiales C Envolverte del edificio
Sequía	D Eficiencia en el uso del agua F Control y tecnologías de la automatización
Eventos extremos. Frio	A Orientación solar y elección de materiales B Eficiencia en la calefacción C Envolverte del edificio F Control y tecnologías de la automatización
Incendios	A Localización y elección de materiales F Control y tecnologías de la automatización

Fuente: Elaboración propia



