



Documento resumen

Análisis coste beneficio de la adaptación al cambio climático en el sector de la construcción.

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 de **“Adaptación al cambio climático en el sector de la construcción”**

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; Gómez-Bolaños, Efrén; Hurtado-Torres, Nuria Esther; Ortiz-Martínez de Mandojana, Natalia

Gestores del Proyecto: Córcoles-Gil, Carolina

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 贝莉儿 NG (2016). Aparcamiento en el jardín (fotografía). Recuperado de Unsplash; Portada de Nguyen Pham (2016). Hoja de palma (fotografía modificada).

Publicación: mayo de 2018

Puede descargarse la versión online de este trabajo en la web del proyecto:

<http://sustainability.ugr.es/research-output/adaptacion-cambio-climatico/> , #adaptacionCC



ÍNDICE

Introducción.....	5
Fase I: Recopilación de conocimiento	7
Fase II: “Screening” de escenarios de adaptación al cambio climático en el sector de la construcción.	10
Fase III: Desarrollo de técnica Delphi para recopilación de información	13
RESULTADOS	16
CONCLUSIONES	20
Análisis coste-beneficio	22
INTRODUCCIÓN.....	22
ANÁLISIS COSTE BENEFICIO DE VIVIENDAS NUEVAS: SIMULACIÓN PARA UN CASO DE ESTUDIO	24
Referencias	37



Introducción

En este documento se recogen de manera resumida las diferentes fases del proyecto de Análisis coste beneficio de la adaptación el cambio climático en el sector de la construcción, desarrollado con el apoyo de la Fundación Biodiversidad y la colaboración de la Asociación Provincial de Constructores y Promotores de Málaga, Asociación de Promotores Constructores de España y la Confederación Nacional de la Construcción.

En primer lugar, se llevó a cabo una revisión de la literatura existente sobre el tema y se elaboró un documento para poner a disposición de los interesados esta información de manera resumida. En este informe se recogen las conclusiones más relevantes de esta fase del proyecto. Se puede consultar en: <http://sustainability.ugr.es/wp-content/uploads/2018/01/R1.1-Revisi%C3%B3n-literatura.pdf>

Posteriormente se continuó la investigación profundizando en la identificación de posibles escenarios futuros de adaptación al cambio climático y se elaboró una propuesta de escenarios a tener en cuenta para el análisis coste beneficio de medidas de adaptación en el sector de la construcción. Este documento está disponible en: <http://sustainability.ugr.es/wp-content/uploads/2018/02/R2.2-Principales-escenarios-de-adaptaci%C3%B3n.pdf>

Para poder cuantificar en términos monetarios los distintos costes y beneficios relacionados con las principales acciones de adaptación al cambio climático en el sector de la construcción en España, se optó por una metodología innovadora orientada al cálculo de los mismos de forma colectiva y sistemática que, basada en una metodología Delphi, permitiera alcanzar ciertos consensos entre un grupo de expertos en el sector.

Para ello fue necesario identificar una serie de posibles medidas de adaptación al cambio climático, seleccionar un panel de expertos colaboradores y elaborar un cuestionario para conocer la opinión de estos sobre las medidas en varias rondas de consulta.

Por último, se aplicó la metodología coste beneficio lo que nos permitió comparar la rentabilidad de diferentes alternativas de adaptación al cambio climático en el sector de la edificación. Esta metodología coste beneficio se aplicó a un caso de estudio específico.

En los apartados siguientes de este documento se describe de forma más detallada cada una de las fases desarrolladas.



Fase I: Recopilación de conocimiento

La primera fase del proyecto tuvo como objetivo recopilar el conocimiento existente sobre la adaptación al cambio climático en la construcción en general y, en particular, identificar los trabajos previos desarrollados sobre el análisis del coste - beneficio en medidas de adaptación al cambio climático. Esta revisión ha constituido una base de trabajo objetiva en los pasos analíticos destinados a una delimitación consensuada de beneficios y costes.

La revisión de la literatura llevada a cabo nos ha permitido valorar el enorme impacto económico y social del cambio climático para la sociedad, en general, y para el sector de la construcción, en particular. El cambio climático hace referencia a la variación de los patrones climáticos de la Tierra (p.e., temperatura, precipitaciones, nubosidad, etc.) y tiene como causa fundamental el efecto invernadero definido 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). Este fenómeno, si bien permite el desarrollo de vida en el planeta, está siendo fuertemente potenciado por las altas emisiones de gases efecto invernadero (GEI) derivadas de la actividad humana. Como consecuencia de ello, 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). El impacto económico y social del cambio climático es enorme. Se prevé que 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)

El sector de la construcción puede tener una incidencia decisiva en la evolución y consecuencias para la sociedad del cambio climático, dado el largo periodo de vida útil de las infraestructuras y edificaciones y su importante exposición a este. Por un lado, los daños causados por fenómenos climatológicos extremos supondrán fuertes inversiones en reconstrucción de infraestructuras y por otra parte, la reducción de la demanda energética de los edificios es un factor clave en la mitigación del cambio climático, ya que 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 Unión Europea (UE), estableció en la Directiva Europea de Eficiencia Energética de Edificios (2010/31/EU) el objetivo de que todas las edificaciones nuevas deberán ser de consumo de energía casi nulo a partir del 31 de diciembre de 2020, plazo que se reduce a final de 2018 para los edificios públicos.

Las características de los edificios, determinan su demanda de energía y consecuentemente sus emisiones de GEI, pero también su exposición y vulnerabilidad a los efectos del cambio climático, que además de a las edificaciones, afecta a las infraestructuras. Se distingue por tanto entre dos tipos de medidas en la lucha contra el cambio climático, las medidas de mitigación, orientadas a la reducción de los efectos negativos del cambio climático mediante la reducción de las causas que lo provocan y las medidas de adaptación, dirigidas a reducir la vulnerabilidad de la sociedad ante sus efectos mediante la adecuación de la vida humana al cambio climático. Ambos tipos de medidas no son excluyentes sino complementarias, pero sí que presentan diferencias a la hora de identificar a los beneficiarios directos de ellas. 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 limitados a las zonas/agentes donde han sido implantadas (siendo generalmente de carácter local). 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., 2016).

Sin embargo, la decisión de optar por construcciones sostenibles y resilientes ante el cambio climático no sólo depende de la buena voluntad de promotores y constructores, sino que está fuertemente ligada a factores externos que pueden condicionar la viabilidad económica de estos proyectos. Entre estos factores se pueden destacar la evolución del cambio climático, la intervención política para impulsar estas medidas, las certificaciones voluntarias, los precios de la energía, los precios de la vivienda y la valoración del consumidor.

Para la evaluación de las medidas de adaptación puede aplicarse un análisis coste-beneficio consistente 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).

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 propuso una metodología para evaluar económicamente la adaptación al cambio 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. 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. 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 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, facilitar la adopción de acuerdos internacionales y el diseño de políticas públicas para promocionar el desarrollo de medidas eficientes. Estos estudios también juegan un papel fundamental 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.

Fase II: “Screening” de escenarios de adaptación al cambio climático en el sector de la construcción.

Esta fase del proyecto estuvo dirigida a desarrollar un esquema de trabajo delimitando los distintos escenarios futuros que pudieran plantearse con respecto a la adaptación frente al cambio climático del sector y posibles medidas concretas de adaptación en cada caso.

El diseño de escenarios es particularmente útil en aquellos sectores donde la incertidumbre para prever el futuro es muy elevada. Por ello, la planificación por escenarios se considera parte de la planificación estratégica, relacionada con las herramientas y tecnologías para manejar la incertidumbre sobre el futuro (Lindgren y Bandhold, 2003). La metodología general para el diseño de escenarios contempla cuatro fases secuenciales (Ministerio de Ciencia e Innovación, 2011):

- I) Caracterización funcional del sector: comprensión suficiente del funcionamiento del sector analizado y del entorno en el que opera¹

¹ Recogida en el informe ejecutivo derivado de la fase previa del proyecto.

- II) Análisis de las tendencias de cambio: análisis de los bloques impulsores de cambio que pueden afectar de forma significativa a la dinámica sectorial estudiada
- III) Creación y desarrollo de escenarios: construir y desarrollar una serie de escenarios alternativos, que representen de modo consistente y plausible los diversos futuros en los que puede desenvolverse el sector analizado
- IV) Determinación de implicaciones: determinar las posibles implicaciones, tanto estratégicas como funcionales, que cada uno de los escenarios generaría sobre los sectores estudiados; en el caso de la vivienda, por ejemplo, sobre el precio de venta de la misma.

Como factores principales para la construcción de los posibles escenarios se han considerado el marco regulatorio, el desarrollo de la tecnología y la situación económica. Atendiendo a su evolución, se han identificado en la Tabla 1 diferentes contextos para cada uno de los tres bloques y se han propuesto escenarios de adaptación al cambio climático derivados de su interacción.

Tabla 1. Contextos considerados para cada bloque impulsor

REGULACIÓN
A: situación de exigencia similar a la actual
A+: situación de exigencia similar a la que cabe esperar una vez en marcha la nueva legislación de eficiencia energética
A++: situación de exigencia similar a la que cabe esperar con un nivel de exigencia reforzado
TECNOLOGÍA
A: situación de exigencia tecnológica similar a la actual
A+: situación de exigencia similar a la que cabe esperar una vez en marcha una mejora tecnológica moderada con respecto a la situación actual
A++: situación de exigencia similar a la que cabe esperar una vez en marcha una mejora tecnológica reforzada con respecto a la situación actual
ECONOMÍA
A-: situación económica peor a la actual en términos de crecimiento/empleo
A: situación económica similar a la actual en términos de crecimiento/empleo
A+: situación económica con mejora moderada con respecto a la actual en términos de crecimiento/empleo
A++: situación económica con mejora reforzada con respecto a la actual en términos de crecimiento/empleo

Las Tablas 2.a, 2.b y 2.c recogen dicha información para los contextos regulatorios actual, de exigencia moderada y de exigencia reforzada, respectivamente. Para ello, se han representado por columnas los distintos contextos económicos, y por filas los distintos contextos tecnológicos.

Tabla 2.a. Matriz de posibles escenarios y su probabilidad de ocurrencia ante el contexto regulatorio actual (A)

		Economía			
		A-	A	A+	A++
Tecnología	A	PESIMISTA			
	A+				
	A++				

Tabla 2.b. Matriz de posibles escenarios y su probabilidad de ocurrencia ante un contexto regulatorio de exigencia moderada (A+)

		Economía			
		A-	A	A+	A++
Tecnología	A	PESIMISTA			
	A+		REALISTA		
	A++				OPTIMISTA

Tabla 2.c. Matriz de posibles escenarios y su probabilidad de ocurrencia ante un contexto regulatorio de exigencia reforzada (A++)

		Economía			
		A-	A	A+	A++
Tecnología	A				
	A+				
	A++			OPTIMISTA	

Notas al pie de Tablas 2.a, 2.b y 2.c:

En color rojo los escenarios factibles con baja probabilidad de ocurrencia

En color naranja los escenarios factibles con moderada probabilidad de ocurrencia

En color verde los escenarios factibles con alta probabilidad de ocurrencia

Fase III: Desarrollo de técnica Delphi para recopilación de información

Para la identificación y cuantificación monetaria de las principales inversiones, y costes relacionados con la adaptación al cambio climático en la construcción, se utilizó la metodología Delphi, en la que se contó con la colaboración de un panel de expertos en la materia.

El método Delphi es una técnica destinada a sondear a personas expertas que permite realizar pronósticos de futuro sobre un problema complejo, facilitando alcanzar el consenso entre los expertos consultados. Esta técnica permite el anonimato de los participantes y se realiza en rondas sucesivas, en las que se les facilita las principales conclusiones de la ronda anterior.

El objetivo principal de esta fase del proyecto fue identificar y valorar las medidas de adaptación al cambio climático en edificación más recomendables, según el criterio de un panel de expertos participantes, para alcanzar una “calificación energética A”, a partir de calificaciones energéticas B, C y D. Con los resultados obtenidos se desarrollaron herramientas web de apoyo a la toma de decisiones para ser utilizadas por los colectivos vinculados al sector de la edificación (puede consultar las

herramientas web en: <http://sustainability.ugr.es/adaptacion-al-cambio-climatico-en-el-sector-de-la-construccion-aplicaciones/>).

Para ello, en primer lugar, con la colaboración de la Asociación de Constructores y Promotores de Málaga, la Asociación de Promotores Constructores de España y la Confederación Nacional de la Construcción, se identificó un panel de expertos en construcción sostenible (puede consultar el panel de expertos en: <http://sustainability.ugr.es/wp-content/uploads/2018/05/Expertos-1.pdf>). Inicialmente se contactó por correo electrónico y/o telefónicamente con estos expertos para valorar su grado de interés en participar en el proyecto y se definió el panel de participantes.

En segundo lugar, se establecieron los supuestos de partida para la consulta a los expertos y se diseñó cuidadosamente el cuestionario a remitir. Con el objetivo de dar flexibilidad a los expertos y de aprovechar al máximo su experiencia, se ofreció a los expertos la posibilidad de elegir la calificación energética del edificio de partida sobre el que se aplicarían las medidas de adaptación propuestas para alcanzar la calificación energética A.

Una vez recibidas las respuestas al cuestionario, se construyó una base de datos con la información recibida y se llevó a cabo un análisis para extraer las principales conclusiones de la primera ronda de consultas. A partir de este análisis, se diseñó un segundo cuestionario personalizado para cada experto, donde se recogía, su respuesta en la primera ronda y se ofrecía información sobre las opiniones agregadas de todo el panel. En esta segunda etapa el experto tenía la opción de modificar o no sus respuestas de la primera ronda. El análisis de los resultados de la segunda ronda permitió obtener conclusiones relevantes sobre el tema objeto de estudio a partir de las cuales se acometió el desarrollo de las aplicaciones webs.

Las medidas incluidas en los cuestionarios para la adaptación al cambio climático en edificación se recogen en las tablas 3 y 4.

TABLA 3: MEDIDAS PASIVAS	
MEDIDAS DE DISEÑO	
1.	Orientación de la edificación o de las estancias
2.	Forma del Edificio/Compacidad
3.	Distribución y tamaño de los huecos
4.	Estudio y eliminación de puentes térmicos
5.	Estudio de Sombreado/Soleamiento y diseño de elementos de control como velos, toldos, persianas, pérgolas...
6.	Estudio de Ventilación Natural y diseño de elementos para ventilación cruzada, con tiro térmico, inducida...
MEDIDAS DE MEJORA DEL AISLAMIENTO DE LA ENVOLVENTE	
Sobre suelo	
7.	Adición de aislamiento térmico en suelos
8.	Suelos técnicos
Sobre cubierta	
9.	Adición de aislamiento térmico en cubierta
10.	Cubierta vegetal
11.	Cubierta inundable
12.	Cubierta ventilada
Sobre fachada	
13.	Adición de aislamiento por el exterior
14.	Adición de aislamiento por el interior o relleno de cámara de aire
15.	Fachada vegetal
16.	Fachada ventilada
17.	Adición de aislamiento en ventanas (marcos y cristales)

TABLA 4: MEDIDAS ACTIVAS	
MEDIDAS DE MEJORA DE INSTALACIONES EXISTENTES	
18.	Sustitución de calderas por otras de mayor eficiencia, manteniendo el combustible y tipo de caldera
19.	Sustitución de sistemas de iluminación
20.	Instalación o mejora de equipos de recuperación de calor
UTILIZACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES	
21.	Incorporación o ampliación de uso de energía solar-térmica
22.	Incorporación o ampliación de uso de energía solar-fotovoltaica
23.	Incorporación o ampliación de uso de energía geotérmica
24.	Incorporación o ampliación de uso de energía Aero-térmica
25.	Incorporación o ampliación de uso de biomasa
26.	Incorporación o ampliación de uso de cogeneración o micro-cogeneración
27.	Incorporación o ampliación de uso de energía por gestión de residuos
MEDIDAS DOMÓTICAS O DE AUTOMATIZACIÓN	
28.	Incorporación de sistemas de monitorización y regulación de control, en los sistemas de calefacción y/o refrigeración
29.	Incorporación de contadores individuales en sistemas centralizados
30.	Regulación automatizada de sistemas de soleamiento.
31.	Incorporación de sistemas de control y regulación en la instalación de iluminación: interruptores automáticos, sensores de presencia, limitadores de intensidad, interruptores divididos por zonas en una misma estancia.

RESULTADOS

En este apartado se presentan los principales resultados obtenidos mediante la aplicación de la técnica Delphi de una manera visual. Los gráficos 1 y 2 muestran el porcentaje de expertos en segunda ronda que consideran oportuno adoptar una medida de adaptación específica para alcanzar la calificación energética A.

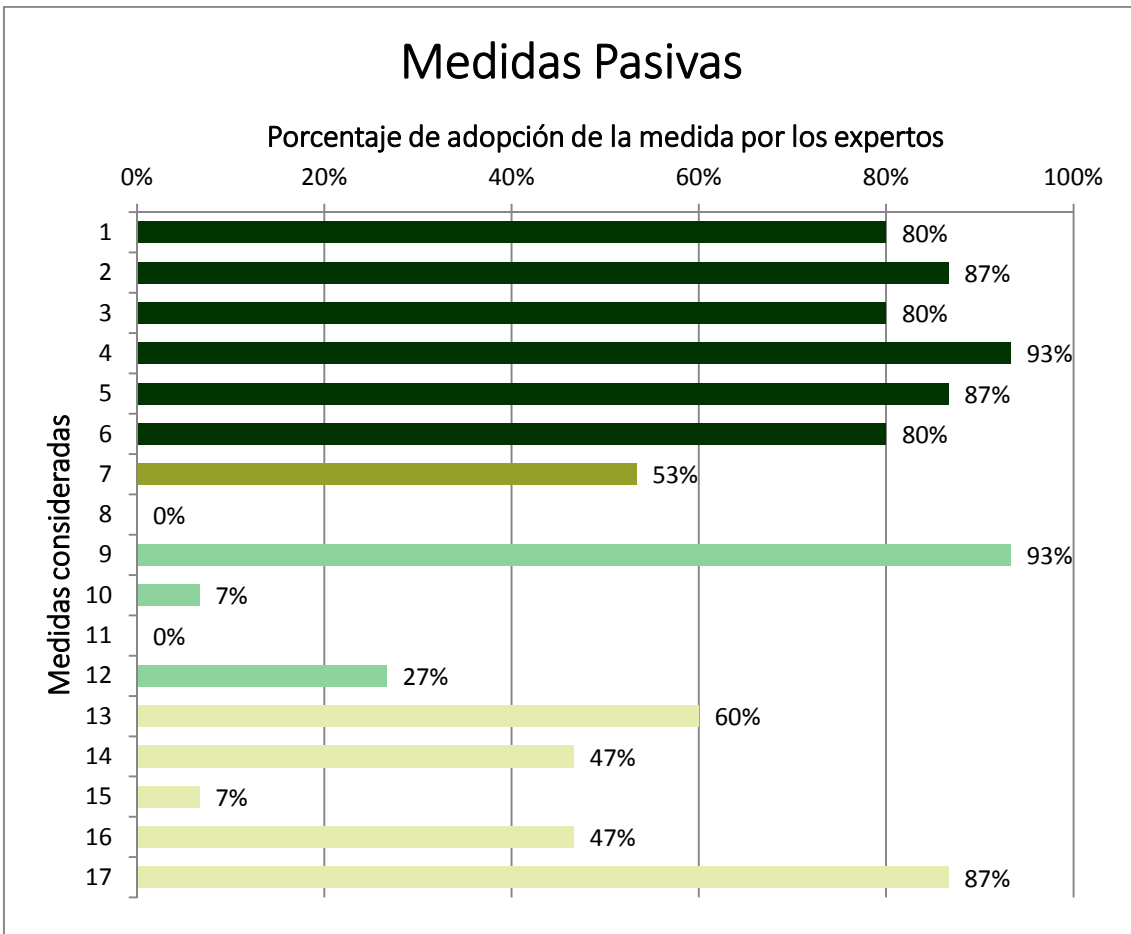


Gráfico 1: Porcentaje de expertos que estiman necesario la adopción de las medidas pasivas.

Medidas de diseño	
Aislamiento de la envolvente - Suelo	
Aislamiento de la envolvente - Cubierta	
Aislamiento de la envolvente - Fachada	

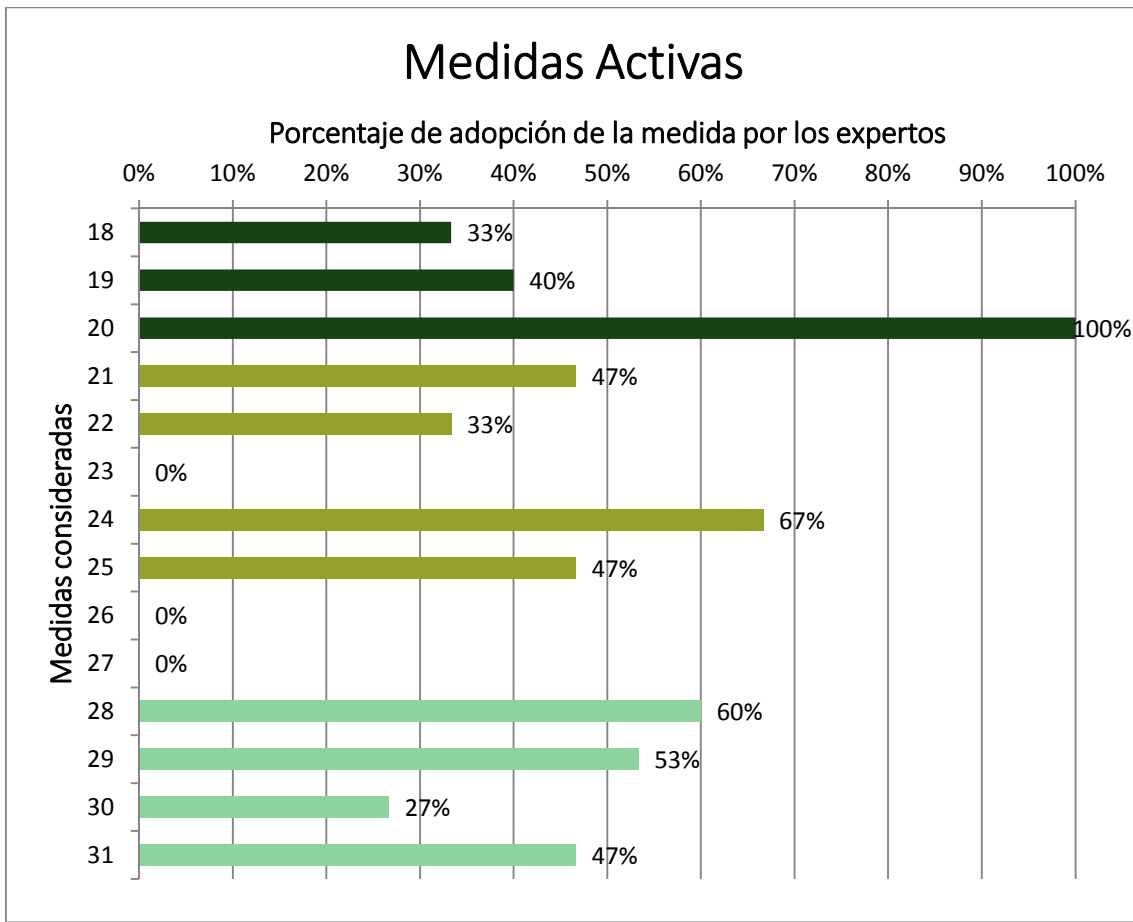


Gráfico 2: Porcentaje de expertos que estiman necesario la adopción de las medidas activas.

Mejora de instalaciones existentes	
Utilización de Energías Renovables	
Domótica o automatización	

En el gráfico 3, se presentan en columnas todas las medidas propuestas, tanto activas como pasivas, elegidas al menos por un experto, ordenadas de mayor a menor porcentaje de expertos que han seleccionado la misma. Este dato da una idea de cuán importante es la elección de cada medida con respecto a las demás cuando se trata de alcanzar la calificación energética A. Además, se representa otra serie de datos con una línea, que indica el índice de coste de cada opción en relación al coste medio de las medidas de adaptación propuestas (coste medio=100).

Gráfico 3: Porcentaje de adopción e índice de coste de las medidas de adaptación

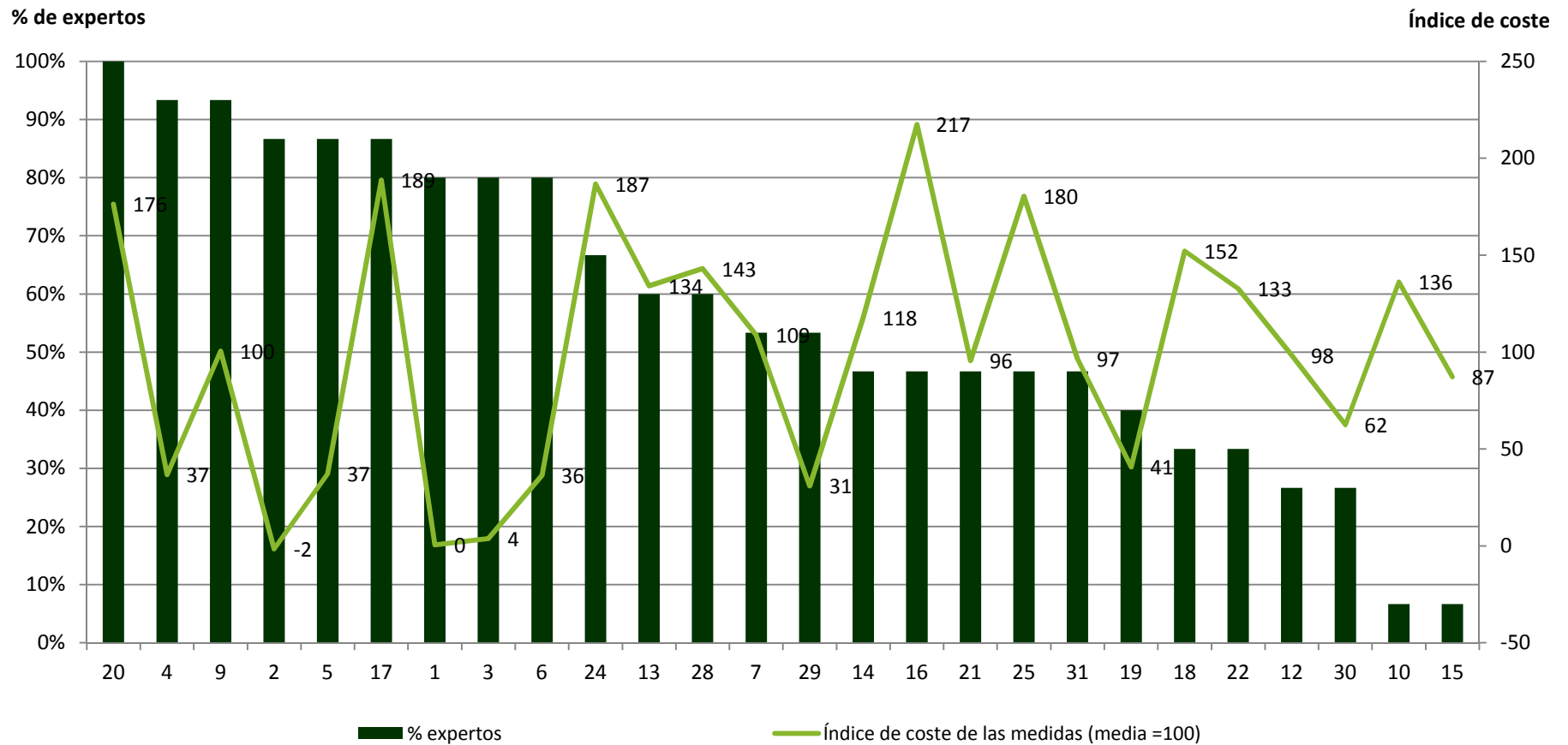


Gráfico 3: Medidas de adaptación ordenadas de mayor a menor porcentaje de expertos que las han adoptado e índice de coste de estas (coste medio = 100)

CONCLUSIONES

En primer lugar, podemos señalar que el análisis de medidas de adaptación al cambio climático en la construcción no es una tarea fácil, ya que si bien es posible establecer una edificación modelo para la evaluación de los costes de estas, sería demasiado complejo abarcar todas las posibilidades existentes con precisión. En este estudio, se ha optado por ofrecer a los expertos cierta flexibilidad para establecer las características iniciales del edificio residencial de partida, lo que nos ha permitido identificar las medidas de adaptación al cambio climático que, aun existiendo diferencias entre las edificaciones sobre las que se implementan, han sido recomendadas por un alto porcentaje de participantes.

En segundo lugar, los resultados han mostrado una clara preferencia de los expertos por las medidas pasivas sobre las activas. En concreto, las medidas de diseño, que son el grupo de medidas recomendadas por el mayor porcentaje medio de expertos, tienen en cuenta la necesidad de adaptarse al cambio climático desde el primer momento, optimizando características como la orientación o la distribución de huecos que no incrementan en gran medida el coste del proyecto. De acuerdo a los expertos, estas medidas, seleccionadas todas ellas en casi un 80% de las ocasiones, tienen costes por metro cuadrado muy inferiores a la media del resto de opciones, lo que las convierte en una posibilidad muy interesante a tener en cuenta.

En tercer lugar, los expertos sugieren que para la obtención de una calificación energética A, es vital reducir la demanda de energía del edificio, lo cual requiere un aislamiento térmico adecuado. Los resultados del estudio muestran que, de acuerdo al panel de expertos consultado, el aislamiento de las ventanas y de la cubierta del edificio, merecen especial atención para conseguir este objetivo.

En cuarto lugar, las medidas activas tienen, en general, un mayor coste por metro cuadrado que las pasivas, lo que es coherente con el hecho de que hayan tenido menores porcentajes de adopción por parte del panel de expertos. Sin embargo, los equipos de recuperación de calor, han sido señalados por todos los expertos como una posibilidad interesante, lo que sugiere que su relación coste/eficiencia es muy favorable.

En quinto lugar, cabe señalar la gran cantidad de combinaciones posibles que producen soluciones igualmente válidas y la existencia de una alta variabilidad en el coste de las medidas dependiendo de la edificación sobre la que se aplican. De esto se puede deducir la importancia de estudiar en profundidad las diferentes alternativas disponibles a la hora de proyectar y construir edificios sostenibles.



Para una información más detallada sobre los resultados del análisis Delphi desarrollado puede consultarse el documento resumen de esta fase del proyecto en: <http://sustainability.ugr.es/wp-content/uploads/2018/04/R3.3-Documento-resumen-Delphi.pdf>

Herramientas web

Como resultado del proyecto de “Adaptación al cambio climático en el sector de la construcción” se han desarrollado dos herramientas online, con el objetivo de proporcionar a los usuarios una orientación para la mejora y adaptación de sus proyectos al cambio climático.

1. Base de datos tutorizada para la identificación de medidas de adaptación al cambio climático. Disponible en: <http://sustainability.ugr.es/base-de-datos-tutorizada/>
2. Herramienta para el análisis de costes y beneficios de acciones de adaptación al cambio climático. Disponible en: <http://sustainability.ugr.es/herramienta-de-analisis-coste-beneficio/>



Análisis coste-beneficio

INTRODUCCIÓN

El análisis coste beneficio es un tipo de análisis económico que expresa la rentabilidad de llevar a cabo una alternativa en términos monetarios. La aplicación de la metodología coste beneficio permitirá comparar la rentabilidad de diferentes alternativas de adaptación al cambio climático en el sector de la edificación. Esta rentabilidad se puede expresar en términos absolutos (valor actual neto expresado en unidades monetarias) o en términos relativos (tasa interna de retorno expresada en términos porcentuales). El valor actual neto (VAN) expresado en unidades monetarias permite conocer en cuánto hace aumentar el valor de la empresa la puesta en marcha del proyecto. La tasa interna de retorno (TIR) determina la rentabilidad relativa bruta de un proyecto de inversión, es decir, la rentabilidad que proporciona el proyecto con independencia de lo que cuesta financiarlo. El criterio de la TIR se define como el valor de la tasa de descuento que hace igual a cero el VAN.

Para aplicar el análisis coste beneficio a un proyecto específico es necesario conocer:

- Los costes del proyecto que incluyen tanto las inversiones iniciales como los costes de operación y mantenimiento asociados durante el período analizado (Solaun et al., 2016).
- Los ingresos del proyecto que son las ganancias en términos monetarios que se obtienen con la puesta en marcha del citado proyecto. Es importante señalar

que el cálculo de la rentabilidad los costes e ingresos se valorarán en términos de flujos de dinero líquido, de este modo se eliminan algunos sesgos que están asociados con el cálculo de costes e ingresos, tales como la posible aplicación de diferentes sistemas de amortización o de valoración de existencias.

- El horizonte temporal de la inversión que representa el número de periodos de tiempo durante los cuales se originan las corrientes de cobros y pagos del proyecto.
- Además, para calcular el Valor Actual Neto es necesario considerar la tasa de interés (o más formalmente tasa de descuento) y permite transformar dinero que se recibirá (o pagará) en distintos periodos a unidades monetarias del día de hoy. Es necesario aplicar esta tasa de descuento dado que el dinero tiene diferente valor dependiendo del tiempo en el que se recibe. Varias son las razones que permiten justificar la anterior afirmación. En primer lugar, la inflación hace que una determinada cantidad de dinero hoy permita disfrutar de una capacidad adquisitiva mayor que en momentos temporales posteriores. En segundo lugar, si se dispone de una cantidad de dinero, existe la posibilidad de realizar otra inversión capaz de generar ganancias, por tanto, existe un coste de oportunidad si ese dinero se destina a una inversión en concreto. Una tercera razón tiene que ver con el riesgo que hay que asumir por esperar a recibir una determinada cantidad en el futuro.

Para aplicar la metodología de análisis coste beneficio a un proyecto concreto seguiremos los pasos siguientes (ONU medio ambiente, 2017):

1. Definición del proyecto.
2. Identificación y caracterización de las alternativas para el desarrollo del proyecto (descripción de las alternativas en términos de los costes y beneficios que generan).
3. Recopilación de información para asignar un valor monetario a los costes e ingresos de las alternativas en función de los escenarios futuros.
4. Cálculo del Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) de cada alternativa.
5. Priorización de las alternativas a partir de sus rentabilidades.

ANÁLISIS COSTE BENEFICIO DE VIVIENDAS NUEVAS: SIMULACIÓN PARA UN CASO DE ESTUDIO

La mejora en la calificación energética de los edificios, supone costes y beneficios para los distintos actores implicados, que son principalmente los compradores de viviendas, los promotores inmobiliarios y el estado. Algunos de los puntos de interés para las distintas partes implicadas se presentan en la imagen 1.

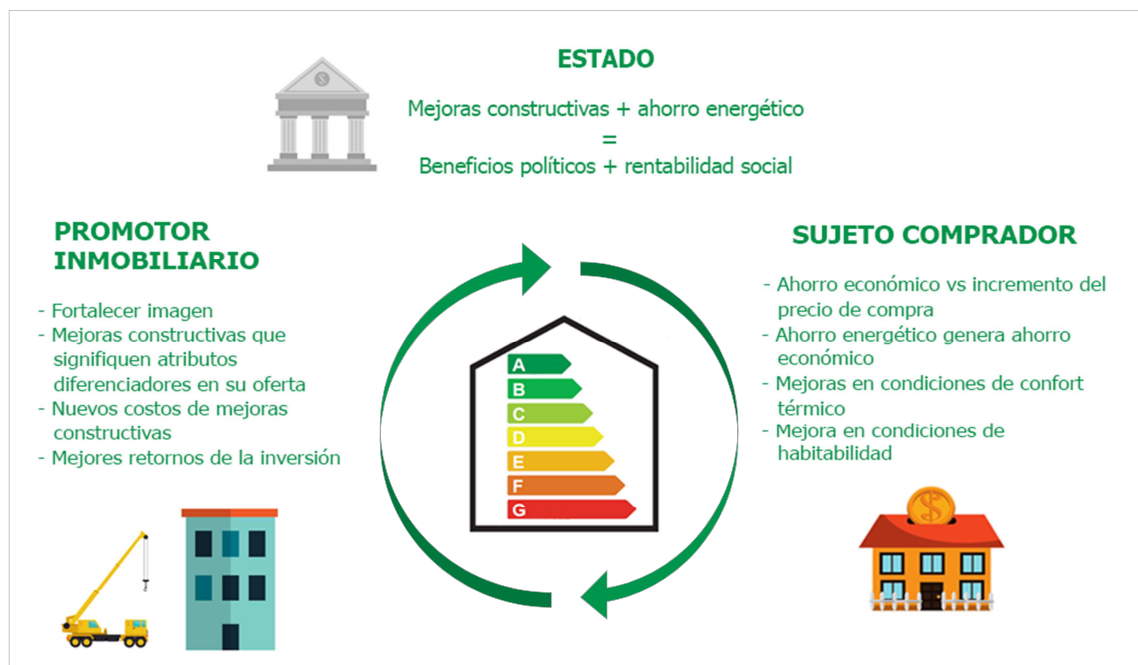


Imagen 1: Puntos de interés y relaciones entre stakeholders. Adaptado de Flández-Cárcamo et al. (2017)

Para lograr que la construcción sostenible se convierta en el nuevo estándar del sector, es necesario que se den una serie de circunstancias dependientes de estos grupos de interés. En primer lugar, el estado, bien por iniciativa propia o de la Unión Europea, debe apoyar el desarrollo de este tipo de construcción configurando un marco regulatorio que la incentive. Un ejemplo de actuaciones estatales que favorecen la construcción sostenible podría ser la concesión de subvenciones o ventajas fiscales a promotores que acometan este tipo de proyectos o a particulares que las adquieran o que rehabiliten su actual vivienda.

Uno de los obstáculos que afrontan los promotores en estos casos es la incertidumbre sobre si es posible o no obtener beneficios con este tipo de proyectos, ya que la

incorporación de medidas de adaptación implica un incremento de coste que no es evidente que se pueda recuperar en el precio de venta sin reducir la demanda. En un sector en el que en muchas ocasiones se trabaja con márgenes de beneficio ajustados, la reducción de los costes de construcción suele ser una de las prioridades. Para conseguir que la inversión sea rentable, es necesario que los consumidores conozcan y valoren el impacto positivo que tienen las viviendas sostenibles tanto en el medio ambiente como en su factura de la luz. Esto último puede permitir en muchos casos recuperar la inversión en términos económicos.

Para ilustrar el cálculo e interpretación de los indicadores de rentabilidad VAN y TIR presentamos un caso de estudio para un proyecto concreto. El análisis desarrollado se realiza desde el punto de vista del promotor inmobiliario que, como se ha expuesto, puede considerarse uno de los impulsores principales de la adaptación al cambio climático en el sector de la construcción.

1. Definición del proyecto.

En la Tabla 5 se presentan las características principales del proyecto tomado como ejemplo para el análisis de rentabilidad.

TABLA 5: CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO	
Coste del terreno	1.281.680 €
Impuestos y otras tasas asociados a la compra del terreno (Licencia de obra, compra del terreno, plusvalías...)	515.235 €
Total Terreno	1.796.915 €
Ubicación	Ciudad de 550.000 habitantes aprox.
Metros cuadrados construidos	4.600
Coste de construcción por metro cuadrado	700 €
Impuestos y otras tasas asociados a la construcción (declaración de obra nueva, escrituras, venta de viviendas...)	297.260 €
Total Construcción	3.517.260 €
Calificación energética	B
Gastos generales imputables al proyecto	531.418 €
Beneficio industrial (margen)	6%

2. Identificación y caracterización de las alternativas para el desarrollo del proyecto.

El análisis coste beneficio se realiza sobre dos alternativas, por un lado, el proyecto original y por otro el proyecto mejorado con una serie de medidas de adaptación al cambio climático. Para la identificación de las medidas de adaptación se ha utilizado la “Herramienta para el análisis de costes y beneficios de acciones de adaptación al cambio climático en el sector de la construcción” (disponible en: <http://sustainability.ugr.es/herramienta-de-analisis-coste-beneficio/>). Mediante esta aplicación, obtenemos un paquete de medidas recomendado por expertos para mejorar la calificación energética del edificio hasta la categoría “A”.



The screenshot shows the welcome page of the application. At the top, there are logos for SRT (Generating Sustainability Knowledge), the University of Granada, and the Spanish Government (GOBIERNO DE ESPAÑA, MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE). Below these are logos for Fundación Biodiversidad, 20 AÑOS, and the University of Granada. The main title is "Herramienta para el análisis de costes y beneficios de acciones de adaptación al cambio climático en el sector de la construcción". The text explains that the tool was developed as a result of a project funded by the University of Granada and Fundación Biodiversidad, involving a panel of experts. It states that the analysis considers the need for higher energy efficiency to maintain quality of life in a more extreme climate, but without increasing energy consumption. It also mentions that reaching an energy rating of 'A' can be achieved through various combinations of measures, and the tool allows users to customize recommendations based on their specific project data (construction cost per square meter, energy rating, etc.). A green button labeled "ACCEDER" is located at the bottom.

Imagen 2: Pantalla de bienvenida de la “Herramienta para el análisis de costes y beneficios de acciones de adaptación al cambio climático en el sector de la construcción”

En esta aplicación, se seleccionan como datos de partida la calificación energética del proyecto inicial, el coste de construcción por metro cuadrado y tres medidas de adaptación prioritarias. En este caso, se eligieron como medidas prioritarias por su gran aceptación entre los expertos consultados:

1. Estudio y eliminación de puentes térmicos
2. Adición de aislamiento en ventanas
3. Instalación o mejora de equipos de recuperación de calor

Para poder ofrecerle una información más ajustada a su caso, por favor marque la calificación energética y facilite el coste de construcción aproximado de partida del proyecto de edificación que usted está considerando pasar a un proyecto con certificación energética "A"

Calificación energética inicial

Coste de construcción en €/m²(sin gastos generales ni beneficio industrial)

Seleccione 3 medidas de adaptación al cambio climático que usted esté considerando aplicar en su edificación.

- Orientación de la edificación o de las estancias
- Forma del Edificio/Compacidad
- Distribución y tamaño de los huecos
- Estudio y eliminación de puentes térmicos
- Estudio de Sombreado/Soleamiento y diseño de elementos de control como velos, toldos, persianas, pérgolas...
- Estudio de Ventilación Natural y diseño de elementos para ventilación cruzada, con tiro térmico, inducida...
- Adición de aislamiento térmico en suelos
- Adición de aislamiento térmico en cubierta
- Adición de aislamiento por el exterior
- Adición de aislamiento por el interior o relleno de cámara de aire
- Fachada ventilada
- Adición de aislamiento en ventanas (marcos y cristales)
- Sustitución de calderas por otras de mayor eficiencia, manteniendo el combustible y tipo de caldera
- Sustitución de sistemas de iluminación
- Instalación o mejora de equipos de recuperación de calor
- Incorporación o ampliación de uso de energía solar-térmica
- Incorporación o ampliación de uso de energía solar-fotovoltaica
- Incorporación o ampliación de uso de energía aero-térmica

Imagen 3: Introducción de datos de partida en la "Herramienta para el análisis de costes y beneficios de acciones de adaptación al cambio climático en el sector de la construcción"

La salida de la aplicación recomienda una serie de medidas adicionales a las elegidas como prioritarias, así como una estimación del incremento de coste por metro cuadrado al implementarlas.

SRT | Generating Sustainability Knowledge | **UNIVERSIDAD DE GRANADA**

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE | Fundación Biodiversidad | 20 AÑOS | PIMA ANDALUZ | UNIVERSIDAD DE GRANADA

Herramienta para el análisis de costes y beneficios de acciones de adaptación al cambio climático en el sector de la construcción

Usted seleccionó las tres medidas que se muestran a continuación como prioritarias

MEDIDAS PRIORITARIAS ELEGIDAS
Estudio y eliminación de puentes térmicos
Adición de aislamiento en ventanas (marcos y cristales)
Instalación o mejora de equipos de recuperación de calor

Para alcanzar la calificación energética A, además de las tres medidas elegidas por usted, el panel de expertos consideró oportuno aplicar las siguientes medidas.

MEDIDAS ADICIONALES RECOMENDADAS
Orientación de la edificación o de las estancias
Forma del Edificio/Compacidad
Distribución y tamaño de los huecos
Estudio de Sombreado/Soleamiento y diseño de elementos de control como velos, toldos, persianas, pérgolas...
Estudio de Ventilación Natural y diseño de elementos para ventilación cruzada, con tiro térmico, inducida...
Adición de aislamiento térmico en suelos
Adición de aislamiento térmico en cubierta
Adición de aislamiento por el interior o relleno de cámara de aire
Sustitución de calderas por otras de mayor eficiencia, manteniendo el combustible y tipo de caldera
Incorporación o ampliación de uso de energía solar-fotovoltaica
Incorporación o ampliación de uso de energía aero-térmica
Incorporación de contadores individuales en sistemas centralizados

Coste adicional por m² estimado del paquete de medidas **62.5€/m²**

Imagen 4: Salida de datos de la “Herramienta para el análisis de costes y beneficios de acciones de adaptación al cambio climático en el sector de la construcción”

El incremento de coste para alcanzar la calificación energética “A” obtenido es 62,5 €/m². Este el valor que se utilizará más adelante para evaluar el proyecto con una calificación energética A y compararlo con el proyecto inicial.



3. Recopilación de información para asignar un valor monetario a los costos y beneficios de las alternativas en función de los escenarios futuros.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, la incertidumbre sobre la rentabilidad de proyectos que incorporan medidas de adaptación al cambio climático puede suponer una barrera para las inversiones de los promotores. Mediante el análisis del impacto que tiene la calificación energética de una vivienda en su precio de venta, se puede conseguir una mayor claridad sobre la viabilidad de la inversión. Ya existen algunos estudios que han estudiado la relación entre calificación energética y precio de venta. De Ayala y sus colegas (2016) presentan una recopilación de las conclusiones extraídas por algunos de estos estudios (ver Tabla 6).

Por su parte, Brounen y Kok (2011) encontraron que existe un incremento de un 10% en el precio de venta de las viviendas con calificación energética "A" respecto a las de categoría "D", para una muestra de viviendas de los Países Bajos. El trabajo de Bio Intelligence Service (2013) para la Comisión Europea, reveló incrementos del precio de venta de las viviendas de entre un 2.8% (Irlanda) y un 8% (Austria) al aumentar en un nivel la calificación energética.

Otros estudios fuera de Europa observaron que para viviendas con certificación energética, se registraron aumentos del precio de venta de un 13% (Addae - Dapaah and Chieh, 2011, Singapur), 9% (Kok y Kahn, 2012, California, EEUU) y un 17% (Zheng et al., 2012, Pekín, China).

Para el mercado español, De Ayala et al. (2016) encontraron que las viviendas con las calificaciones energéticas más altas (A, B, C) estaban valoradas en un 9.8% más que las de calificaciones (D, E, F, G). Además, concluyen que una mejora de la calificación energética desde la categoría "E" a la "C", puede reducir el consumo energético a la mitad, generando un ahorro de más de 800 € anuales para una vivienda de 80 m².

TABLA 6: ADAPTACIÓN DE RESUMEN DE REVISIÓN DE LA LITERATURA (DE AYALA ET AL, 2016)

Referencia	País	Variable dependiente	Principales conclusiones
Brounen y Kok (2011)	Países Bajos	Precio transacción \$/m ² (venta)	Incremento precio de venta respecto a categoría D en Certificado Rendimiento Energético (EPC): A=10%; B=5.5%; C=2%; E=-0.5%; F=-2.5%; G=-5% Mejora de una categoría en EPC conlleva un incremento de precio de venta Austria=8% (venta), 4.4% (alquiler)
Bio Intelligence Service et al. (2013)	Algunos países de la UE	Precio trans. € (venta y alquiler)	Bélgica: Flandes=4.3 (venta), 3.2% (alquiler); Valonia=5.4% (venta), 1.5% (alquiler); Bruselas=2.9% (venta), 2.2% (alquiler) Francia: Marsella=4,3%(venta); Lille: 3.2% (venta) Irlanda=2.8% (ventas), 1.4% (alquiler) Oxford (RU)= -4% (venta)
Caijas y Piazzolo (2013)	Alemania	Valor de mercado y €/m ² (venta y alquiler)	Incremento de 1% en el ahorro de energía incrementó el valor de mercado en 0.45% y el precio de alquiler un 0.08%
Hyland et al. (2013)	Irlanda	Precio \$ (venta y alquiler)	Incremento del precio de venta respecto a categoría D en EPC: A=9.3% (venta), 1.8% (alquiler); B=5.5% (venta), 3.9%(alquiler); C=1.7% (sales), 0.6% (alquiler); E= - 0.4% (venta), -1.9%(alquiler); F/G= - 10.6% (venta), -3.2% (alquiler)
Fuerst et al. (2015)	Inglaterra	Precio trans. £/m ² (venta)	Incremento del precio de venta respecto a categoría D en EPC: A/B=5%; C=1.8%; E= -0.7%; F= -0.9%
Australian Bureau of Statistics (2008)	Territorio Capital Australiana	Precio trans. \$ (venta)	Incremento de precio de 1.23% (2005) y 2% (2006) por un incremento de 0.5 en la escala de Eficiencia Energética
Bloom et al. (2011)	Colorado, EEUU	Precio trans. \$/ft ² (venta)	Viviendas con etiqueta de ENERGY STAR se vendieron por 8.7 \$/ft ² más que las que no la tenían
Kok y Kahn (2012)	California, EEUU	Precio trans. \$ (venta)	Viviendas con etiqueta de ENERGY STAR se vendieron por un 9% más que las que no la tenían
Addae - Dapaah and Chieh (2011)	Singapur	Precio trans. \$ (venta)	Viviendas con Green Mark Certification se vendieron por un 13% más
Deng et al. (2012)	Singapur	Precio trans. \$/m ² (venta)	Viviendas con Green Mark Certification se vendieron por un 15% más de media.
Zheng et al. (2012)	Pekín (China)	Precio transacción yuan/m ² (venta y alquiler)	Las viviendas “verdes” se vendieron inicialmente por un 17.7% más, pero se revendieron y alquilaron a un precio un 11% y un 8.5% menor respectivamente.
Yoshida y Sugiura (2010)	Tokio (Japón)	Precio trans. yen/m ² (venta)	Los condominios “verdes” se vendieron a un precio un 5.6% menor
Amecke (2012)	Alemania	Criterio de compra (venta)	La efectividad de los EPC es limitada en las decisiones de compra

Fuente: Adaptado de De Ayala et al. (2016, pág. 18)

Por otro lado, existen también factores externos que pueden afectar sustancialmente el éxito de un proyecto. Los futuros escenarios en términos económico, tecnológico y regulatorio, pueden tener una incidencia determinante en la rentabilidad de la inversión para el promotor. En un escenario optimista, las soluciones constructivas orientadas a la adaptación al cambio climático podrían convertirse en el nuevo estándar, lo que permitiría reducir su coste. Además, los tipos de interés serían más bajos y los cobros por la venta de las viviendas se recibirían antes en el tiempo, reduciendo el coste financiero que tiene que soportar el proyecto. Esta situación, acompañada de una exigencia regulatoria reforzada, constituye un escenario favorable para la proliferación de proyectos sostenibles.

TASA DE DESCUENTO

Para la determinación de la tasa de descuento existen diferentes opciones. Por un lado, esta tasa puede reflejar la rentabilidad de proyectos similares en el sector. Por otro lado, la tasa de descuento puede hacer referencia al coste de los recursos financieros utilizados para ejecutar dicha inversión.

Para determinar la tasa de descuento a aplicar en nuestro caso de estudio se ha consultado información publicada por Banco de España relativa a tipos de interés aplicados a nuevas operaciones: Hogares e Instituciones Sin Fines de Lucro al Servicio de los Hogares (ISFLSH) y Sociedades No Financieras (ver tabla 7). A partir de dicha información se ha estimado el coste de los recursos financieros utilizados en el caso de estudio que presentamos. No obstante, hemos de señalar que la herramienta diseñada permite realizar simulaciones para diferentes tasas de descuento.

TABLA 7: TIPOS DE INTERÉS APLICADOS A NUEVAS OPERACIONES

Año	Hogares e ISFLSH	Sociedades no financieras
2013	2,99	3,34
2014	2,56	2,57
2015	1,98	2,37
2016	1,91	2,00
2017	1,83	1,83
2018 (marzo)	1,97	1,87

Fuente: Banco de España, consulta web

<https://www.bde.es/webbde/es/estadis/infoest/epb.html>

4. Cálculo del Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) de cada alternativa.

Para la evaluación de las dos inversiones propuestas (la inicial, y la del proyecto con calificación energética "A"), se ha utilizado la herramienta de cálculo desarrollada por el equipo del proyecto disponible en <http://sustainability.ugr.es/wp-content/uploads/2018/05/Herramienta-analisis-coste-beneficio.xlsx>

TABLA 8: DATOS DE ENTRADA PARA EL ANÁLISIS FINANCIERO

PARÁMETRO	PROYECTO INICIAL	PROYECTO MEJORADO
Calificación energética	B	A
Coste estimado por m2 (€)	700	762,5
Superficie construida (m2)	4.600	4.600
Coste de los terrenos (€)	1.796.915	1.796.915
Gastos generales (€)	531.418	531.418
Margen de beneficio (%)	6	6
Coste de construcción desembolsado el primer año (%)	40	40
Coste de construcción desembolsado el segundo año (%)	60	60
Nº de años para la venta	2 años desde inicio construcción	
% de la venta a cobrar sobre plano	10	10
% de la venta a cobrar al año desde el inicio de la construcción	50	50
% de la venta a cobrar a los dos años desde el inicio de la construcción	40	40
% de Gastos generales a pagar durante el primer año	40	40
% de Gastos generales a pagar a los dos años desde el inicio de la construcción	40	40
% de Gastos generales a pagar al año desde el inicio de la construcción	20	20
% en que se incrementarán los cobros de cada periodo en un escenario optimista	30	35
% en que disminuirán los cobros de cada periodo en un escenario pesimista	40	55

La Tabla 8 muestra los valores tomados para el análisis de las alternativas. Se asumen los mismos costes de partida y distribución de flujos de caja en ambos casos. Sin

embargo, se considera que el efecto que tendrían los escenarios pesimista y optimista en la rentabilidad de los proyectos sería más pronunciado en el caso del proyecto de calificación energética "A". Se entiende que en un escenario optimista, el aumento de las ventas sería mayor para la alternativa mejorada y que en un escenario pesimista, la reducción en las ventas también sería mayor.

Las tasas de descuento utilizadas toman como referencia las presentadas en la tabla 7. Siendo las tasas seleccionadas para cada escenario las siguientes:

- Escenario optimista: **1 %**
- Escenario realista: **1.87 %**
- Escenario pesimista: **2.87 %**

En la Tabla 9 se presentan los resultados obtenidos del análisis de alternativas

TABLA 9: RESULTADOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO EN DISTINTOS ESCENARIOS			
VAN de los proyectos según escenarios	OPTIMISTA	REALISTA	PESIMISTA
Para el proyecto inicial con calificación energética B (€)	303.570,6	256.634,2	90.800,3
Para el proyecto con calificación energética A (€)	323.997,0	274.700,9	85.837,1
Variación en el VAN calculado (calificación A versus B)	6,7%	7,0%	-5,5%
TIR de los proyectos según escenarios	OPTIMISTA	REALISTA	PESIMISTA
Para el proyecto inicial con calificación energética B	12,75%	9,07%	4,07%
Para el proyecto con calificación energética A	14,97%	9,72%	3,90%
Variación en la TIR calculada (calificación A versus B)	17,37%	7,13%	-3,96%

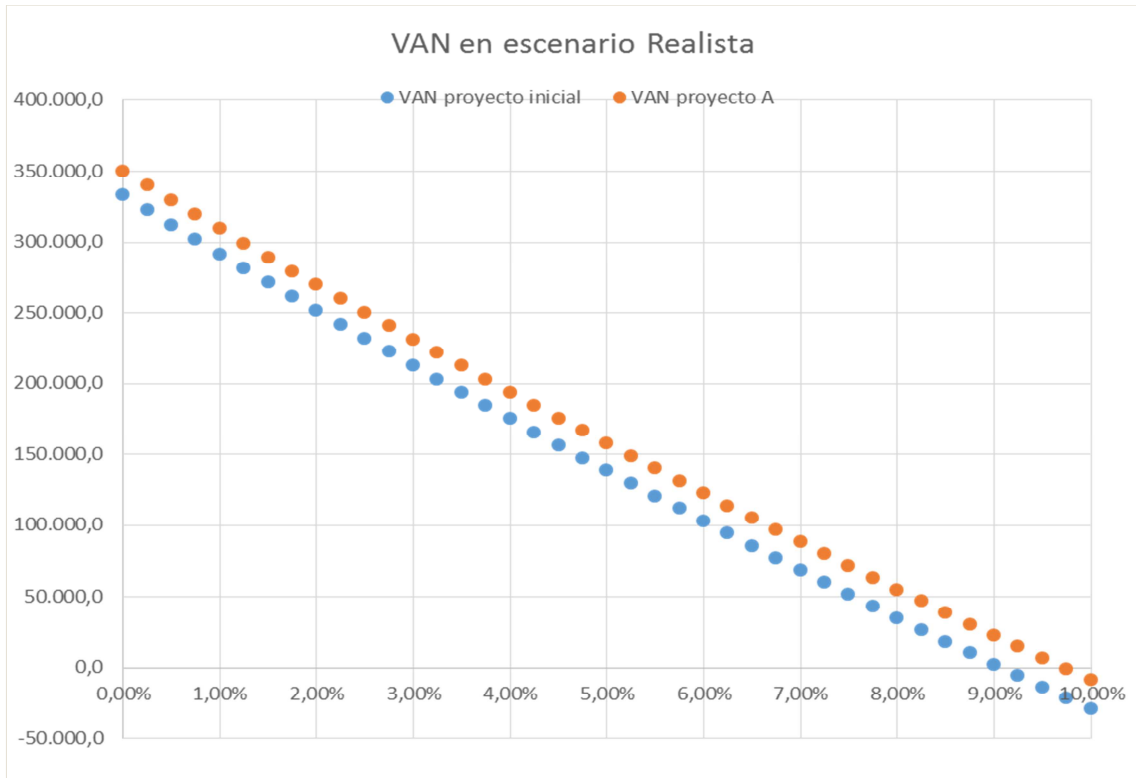


Gráfico 4: VAN frente a tasa de descuento en escenario realista

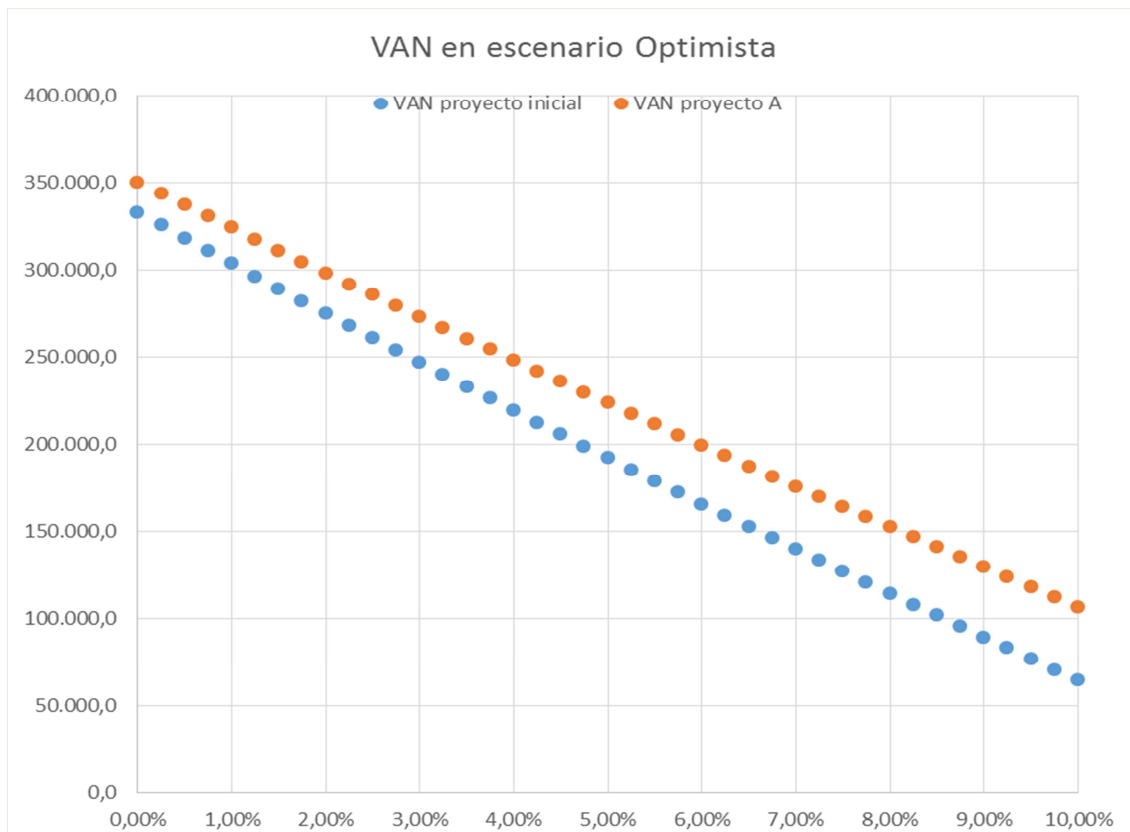
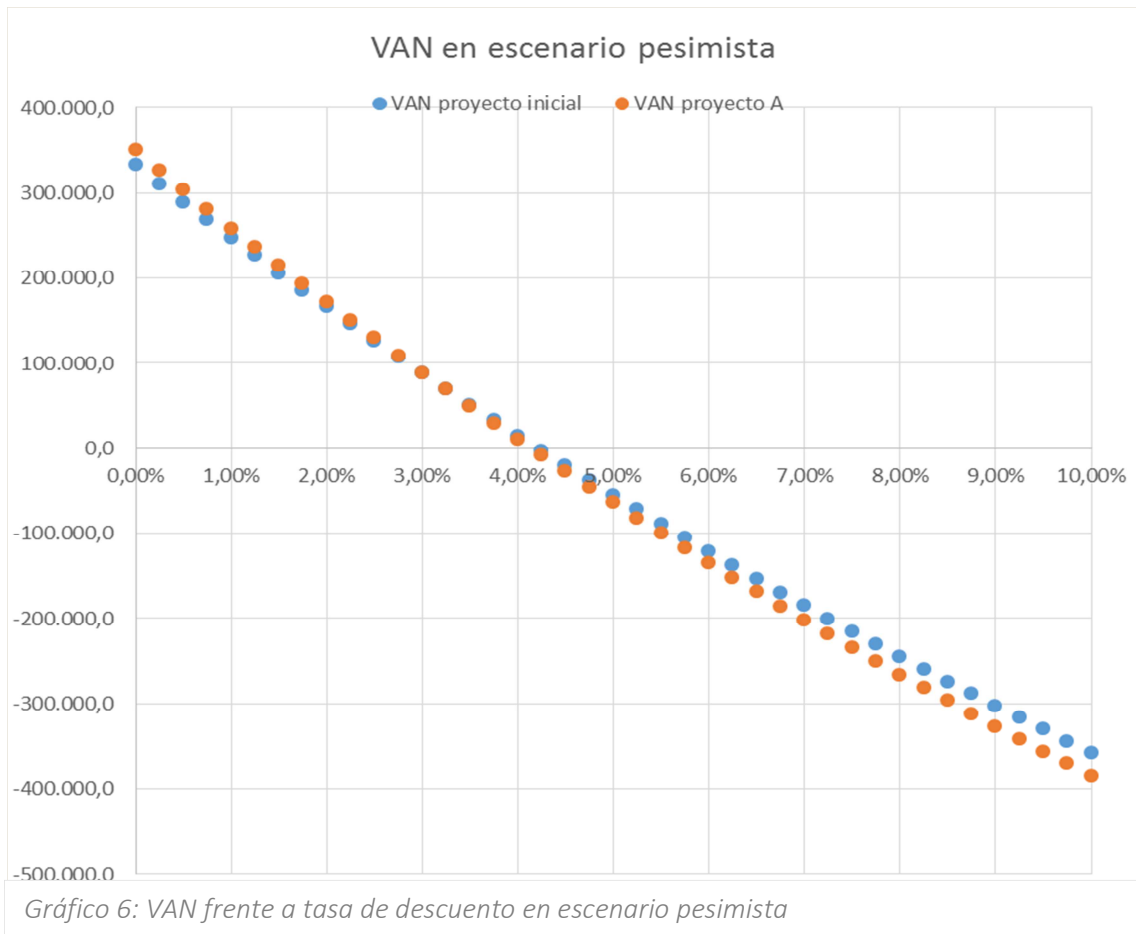


Gráfico 5: VAN frente a tasa de descuento en escenario optimista



5. Priorización de las alternativas a partir de sus rentabilidades

Los resultados obtenidos muestran que bajo los escenarios optimista y realista, el Valor Actual Neto (VAN) de la inversión en el proyecto mejorado a calificación energética "A" es superior al del proyecto original. Para el escenario **realista** el VAN del proyecto con calificación "A" es un 7% mayor que para el proyecto original, mientras que en un escenario **optimista**, el proyecto mejorado supera también el resultado económico del inicial en un 6,7%.

Por otro lado, en este caso de estudio se ha supuesto que los efectos negativos de un escenario **pesimista** afectarían de una manera más acusada a la alternativa que incorpora medidas de construcción sostenible. En este caso, en condiciones de entorno desfavorables, el proyecto con calificación "A" tendría un VAN un 5,5% menor al proyecto inicial, aunque ambos seguirían obteniendo beneficios.

Es importante señalar las limitaciones que presenta aplicar el análisis coste beneficio considerando la alta incertidumbre implícita en los proyectos analizados. Los analistas deben lidiar con el desconocimiento sobre cuáles serán las regulaciones de obligado

cumplimiento y sobre las condiciones económicas que se presentarán para horizontes temporales a medio y largo plazo, lo que contribuye a una mayor complejidad analítica.

Finalmente, es importante tener presente que el análisis coste beneficio 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, pueden cambiar de forma sustancial los resultados. De hecho, como se observa en el gráfico 6, la curva del VAN de ambas alternativas de proyecto se cruzan. Esto quiere decir que para tasas de descuento menores al punto de corte (2,17% aproximadamente), el proyecto mejorado a calificación "A" obtiene rentabilidades superiores. De ello se desprende que la realización de ciertos análisis básicos de sensibilidad es una buena práctica para aliviar este inconveniente.

Herramienta web

Si desea analizar en profundidad la rentabilidad económica de su proyecto, puede consultar la siguiente aplicación en formato Excel:

<http://sustainability.ugr.es/wp-content/uploads/2018/05/Herramienta-analisis-coste-beneficio.xlsx>



Referencias

- Addae-Dapaah, K., y Chieh, S. J. (2011). Green mark certification: does the market understand? *Journal of Sustainable Real Estate*, 3(1), 162-191.
- 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 (acceso el 2 de noviembre de 2017)
- Bio Intelligence Service, Ronan Lyons and IEEP (2013) Energy performance certificates in buildings and their impact on transaction prices and rents in selected EU countries, Final report prepared for European Commission (DG Energy) Disponible en: <https://www.buildingrating.org/document/energy-performance-certificates-buildings-and-their-impact-transaction-prices-and-rents> (acceso el 20 de mayo de 2018)
- Brounen, D., Kok, N., 2011. On the economics of energy labels in the housing market. *Journal of Environmental Economics and Management*, 62(2), 166-179. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2010.11.006> (acceso el 17 de mayo de 2018)
- de Ayala, A., Galarraga, I., Spadaro, J. V., 2016. The price of energy efficiency in the Spanish housing market. *Energy Policy*, 94, 16-24. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.03.032> (acceso el 10 de mayo de 2018)

Flández-Cárcamo, M.A., Pallares-Torres, M.E., Roldán-Rojas, J.A., 2017. Análisis costo-beneficio al implementar mejoras constructivas térmicas para lograr una mayor calificación energética. Caso de estudio: viviendas nuevas en los segmentos medios en Santiago.

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 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 (acceso el 2 de noviembre de 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 (acceso el 15 de octubre de 2017)

Kok, N., Kahn, M. E. (2012). The value of green labels in the California housing market: an economic analysis of the impact of green labeling on the sales price of a home. Informe, julio

Lindgren, M., Bandhold, H. (2003). Scenario Planning: The link between future and strategy. Palgrave Macmillan, Reino Unido

Ministerio de Ciencia e Innovación (2011). Informe de prospectiva de medio ambiente y servicios públicos. <https://icono.fecyt.es/informes-y-publicaciones/informe-de-prospectiva-de-medio-ambiente-y-servicios-publicos>

- 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/que-es-el-cambio-climatico-y-como-nos-afecta/> (acceso 15 de octubre de 2017)
- ONU medio ambiente, 2018. Análisis coste-beneficio de medidas de adaptación al cambio climático en áreas urbanas de américa latina. Disponible en: <https://web.unep.org/americalatinacaribe/sites/unep.org.americalatinacaribe/files/An%C3%A1lisis%20costo-beneficio%20de%20medidas%20de%20adaptaci%C3%B3n%20al%20cambio%20clim%C3%A1tico%20en%20%C3%A1reas%20urbanas%20de%20Am%C3%A9rica%20Latina.pdf> (acceso el 27 de abril de 2018)
- Solaun, K., Gómez, I., Urban, J. Gómez, J.C., 2016. 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 (acceso el 2 de noviembre de 2017)
- Zheng, S., Wu, J., Kahn, M. E., Deng, Y. (2012). The nascent market for “green” real estate in Beijing. *European Economic Review*, 56(5), 974-984. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.euroecorev.2012.02.012> (acceso el 21 de mayo de 2018)