

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. Sector energético

2014



Con el apoyo de



Índice

1. Introducción	5
2. Metodología	6
3. Descripción del caso piloto	14
4. Definición de medidas de adaptación al cambio climático	30
5. Análisis de medidas para la adaptación al cambio climático	36
5.1. Análisis coste-beneficio de las medidas	36
5.2. Análisis multicriterio	37
6. Priorización de las medidas	39
7. Principales referencias	40
Anexo I: Cálculos del análisis coste-beneficio de las medidas	41

Acrónimos

ACB	Análisis Coste-Beneficio
ACE	Análisis Coste-Eficiencia
AEMET	Agencia Estatal de Meteorología
IPCC	Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático
MCA	Análisis multicriterio
OECC	Oficina Española de Cambio Climático
SIG	Sistema de Información Geográfica
UNDP	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
UNFCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

1. Introducción

Este documento se encuadra en el marco del proyecto ADAPTA, impulsado por la Oficina Española de Cambio Climático, que busca integrar la adaptación al cambio climático en la estrategia empresarial de las organizaciones españolas. La adaptación al cambio climático es un ámbito mucho menos desarrollado que la mitigación, más aún en los sectores privados.

Así como en el sector público se han realizado numerosos avances para analizar e incrementar la capacidad de adaptación a nivel nacional, en el sector privado este tipo de iniciativas son menos numerosas. Sin embargo, la vulnerabilidad al cambio climático no distingue entre sector público y sector privado y los impactos a afrontar pueden tener consecuencias importantes en ambos sectores.

En vista de la necesidad de impulsar las acciones relacionadas con la adaptación al cambio climático, la OECC decidió desarrollar este proyecto. Así, en una primera fase, el proyecto se centró en analizar la vulnerabilidad al cambio climático de cinco organizaciones piloto y, paralelamente, establecer una metodología de referencia a emplear por cualquier empresa nacional en el caso de que desee analizar su vulnerabilidad al cambio climático.

Una vez concluido el análisis de la vulnerabilidad de la organización, el siguiente paso sería el de identificar las prácticas y medidas que puedan ayudar a reducir su vulnerabilidad, tanto presente, como futura, al cambio climático. En este documento se detallan las medidas identificadas y además se muestran los resultados del análisis de las mismas, que ha incluido la cuantificación de sus costes y beneficios y la realización de un análisis multicriterio que permite incluir criterios cualitativos a la hora de valorarlas y priorizarlas.

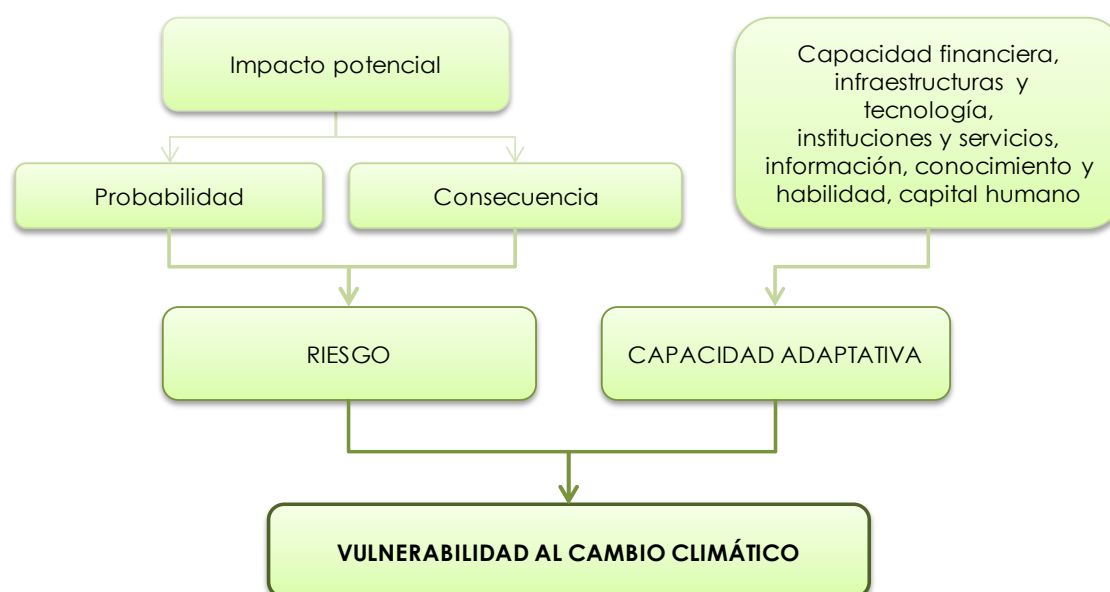
2. Metodología

Análisis de vulnerabilidad climática

El desarrollo del Caso Piloto incluido en este documento se basa en la metodología desarrollada por la OECC, presentada en la Guía metodológica para la evaluación de los impactos y la vulnerabilidad en el sector privado (Solaun et al, 2014). No obstante, para comprender el desarrollo metodológico realizado, es necesario entender los componentes de la adaptación al cambio climático, a partir de los cuales se desarrolla la metodología.

En el cuadro siguiente se observan los principales componentes de la adaptación y cómo actúan sobre la vulnerabilidad de los sistemas al cambio climático:

Figura 1. Componentes de la adaptación al cambio climático.
Fuente: Elaboración propia.



Por una parte, los impactos del cambio climático son los efectos del mismo y se definen como los potenciales daños u oportunidades producidos en los sistemas como resultado de los efectos del cambio climático (UNDP, 1994). Para cada impacto se ha definido la magnitud y probabilidad, ya que estas componentes son las que definen el riesgo derivado de cada impacto.

Paralelamente a la definición del riesgo, se ha de establecer la capacidad adaptativa, que se considera como la habilidad que tiene un sistema que

experimenta un impacto climático, de ajustarse a los cambios en el clima, de amortiguar el daño potencial, aventajarse de las oportunidades que presentan los impactos positivos y lidiar con las consecuencias negativas derivadas, mediante la modificación de comportamientos y el uso de los recursos y tecnologías disponibles (IPCC, 2007).

Finalmente, a partir del riesgo y la capacidad adaptativa, se determina la vulnerabilidad al cambio climático. Así, se define la vulnerabilidad como el grado en que un sistema es incapaz de presentar una respuesta efectiva a los impactos derivados del cambio climático. Es decir, la propensión o susceptibilidad del sistema a ser afectado negativamente por los riesgos derivados (IPCC, 2007).

La metodología empleada se ha desarrollado a través de las experiencias piloto llevadas a cabo en cinco empresas seleccionadas por su iniciativa en este ámbito, una empresa de cada sector estudiado. El objetivo es el de lograr un entendimiento de los impactos del cambio climático en el sector privado para lograr una respuesta planificada y preventiva de las empresas.

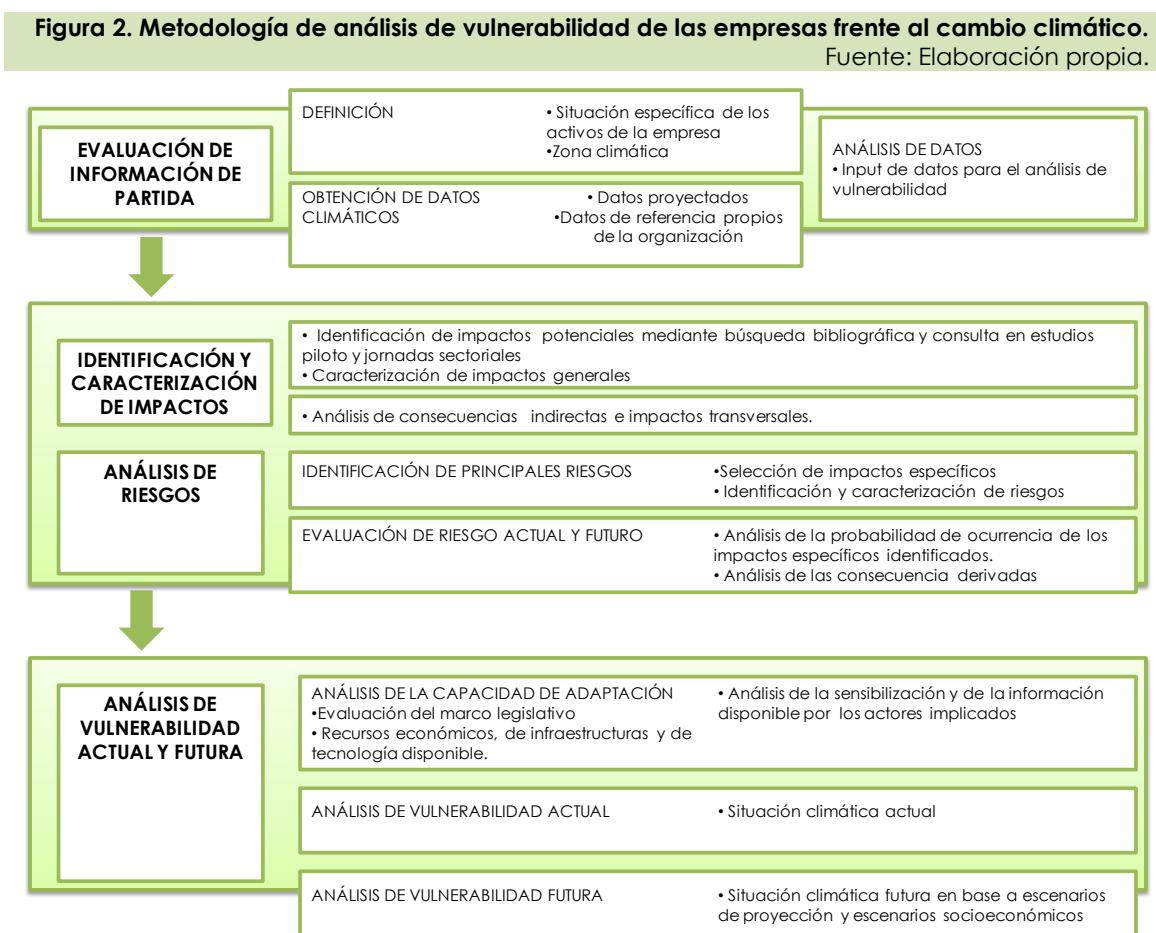
Con el objetivo de conocer cuál es la situación actual del tejido empresarial en España y su posibilidad de actuación para reducir el riesgo al que se enfrentan los sectores clave se definen, para cada uno, los principales impactos y consecuencias esperados debido al cambio climático. El análisis se debe llevar a cabo siguiendo los pasos que se muestran a continuación:

- 1. Identificación de impactos potenciales principales en cada sector.** A través del análisis de las proyecciones de escenarios climáticos futuros, condiciones climáticas actuales e históricas, que permiten 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 debe analizar 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.

En la figura inferior se muestra la metodología del análisis de vulnerabilidad llevada a cabo en las empresas piloto incluidas en el proyecto.



Una vez definida la vulnerabilidad de cada una de las organizaciones, el siguiente paso es la determinación de las medidas de adaptación al cambio climático a aplicar en base a los resultados logrados. Con estas medidas se busca minimizar las consecuencias de dichos impactos que pueda sufrir la organización.

La toma de decisión empresarial en este ámbito es compleja, no sólo por la naturaleza de los impactos a considerar, sino también por la incertidumbre asociada y por los períodos de tiempo considerados. Desde un punto de vista estructural, de acuerdo

con la teoría de la decisión¹, podemos distinguir tres etapas que deben cubrirse: identificación, desarrollo y selección.

- **Identificación.** Deben reconocerse los problemas y oportunidades asociados, así como un diagnóstico de los mismos. En este sentido, la metodología estándar a aplicar sería el análisis de vulnerabilidad, que nos proporciona una representación completa de los mismos.
- **Desarrollo.** Deben definirse y clarificarse las opciones de actuación, mediante la búsqueda de opciones existentes o el diseño de nuevas alternativas de actuación.
- **Selección.** En esta etapa se analizan, evalúan y autorizan las opciones de acción planteadas. Este proceso es particularmente complejo en nuestro campo, empleándose el análisis coste-beneficio cuando se dispone de información robusta. En otros casos, el análisis multicriterio y la participación abierta pueden aportar información suficiente para la toma de decisión.

Análisis de medidas de adaptación al cambio climático.

Para facilitar la toma de decisión en materia de adaptación al cambio climático es importante el estudio de los costes económicos ligados a sus impactos. Esta información supone la base para el análisis de las medidas que permitan la adaptación.

En los últimos años, diversas organizaciones a nivel mundial han desarrollado estudios y metodologías encaminadas a estimar los costes del cambio climático, es decir, los costes de la no adaptación. Posteriormente, organizaciones muy diversas han trabajado en el desarrollo de metodologías que ahondan en analizar los costes de la adaptación al cambio climático como tal.

Tabla 1. Clasificación de las principales metodologías disponibles para evaluar los impactos económicos a la adaptación al cambio climático.

Fuente: Elaboración propia a partir de diferentes fuentes.

Metodologías	Objetivo principal	Fuente
Economía de la adaptación al cambio	Modelo para calcular los costes económicos de la adaptación al cambio climático, con el objetivo de	Banco Mundial, 2010.

¹ Se ha seleccionado aquí el modelo no secuencial de Mintzberg, Raisinghani y Théorêt (Mintzberg et al., 1976).

Metodologías	Objetivo principal	Fuente
climático	restaurar el bienestar del escenario sin cambio climático.	
Economía de la adaptación al clima	Metodología para evaluar el riesgo climático total que afronta una economía y calcular los costes económicos de la adaptación al cambio climático con el objetivo de minimizarlos.	Grupo de trabajo de ECA, 2009.
Otras metodologías	Guías para calcular los costes y beneficios de los impactos del cambio climático. Metodología para evaluar los riesgos derivados del cambio climático y evaluar las opciones de adaptación, a través de un proceso enfocado más en el diálogo entre expertos y partes interesadas.	Metroeconomica, 2004; Van Beukering et al., 2007; entre otros Australian Greenhouse Office, 2006.

Sin embargo, su aplicación directa en el sector privado presenta complicaciones por diferentes motivos. Por un lado, estas metodologías tienen un enfoque temporal y espacial amplio, excediendo los límites que suelen aplicarse en el caso de la toma de decisiones en el sector privado. Por otra parte, el objetivo principal de estas metodologías es facilitar la toma de decisiones en el ámbito público, con lo que los estudios realizados hasta el momento tienen muy pocos ejemplos donde se haya incluido también la vertiente privada (excepto en algunos ámbitos, como puede ser la agricultura, por su marcado carácter social a nivel mundial).

Por ello, para su aplicación en el sector privado, se muestran a continuación las metodologías clásicas de análisis de diferentes opciones ajustadas a las particularidades de las medidas de adaptación al cambio climático.

Tabla 2. Métodos para analizar las opciones de adaptación en el sector privado.

Fuente: Elaboración propia a partir de GIZ y UNFCC.

Método	Tipo	Descripción	Comentarios
Análisis coste-eficiencia (ACE)	Cuantitativo, mixto	Se comparan los costes de poner en marcha una medida con los resultados que se obtienen.	<ul style="list-style-type: none"> Únicamente necesitan ser cuantificados monetariamente los costes de las medidas, los beneficios se miden en unidades físicas. Las medidas deben tener la misma unidad física de beneficio, por lo que no se puede comparar una gama amplia de medidas para diferentes sectores que tengan beneficios diferentes.
Análisis coste-beneficio (ACB)	Cuantitativo, monetario	Determina si los beneficios totales de una medida superan los costes de la misma y qué opción (dentro del grupo analizado)	<ul style="list-style-type: none"> Se basa en los flujos de beneficios y costes, por lo que prioriza la eficiencia de las medidas, dejando fuera criterios como la urgencia o importancia. El cálculo de los costes y beneficios

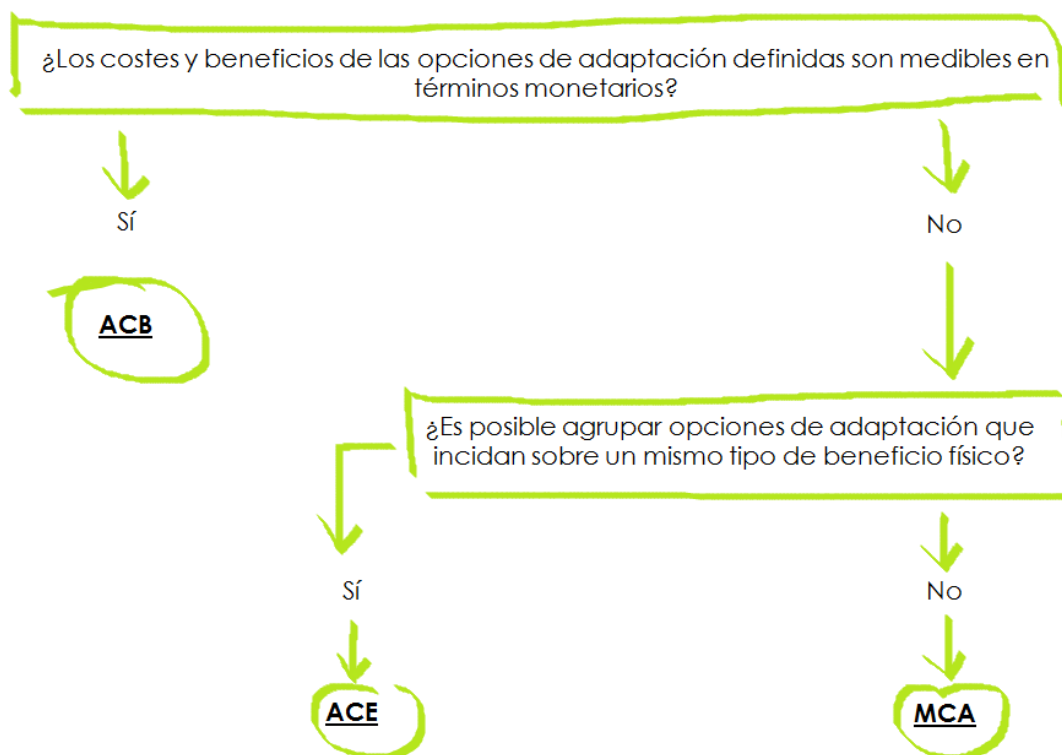
		produce el mayor beneficio neto.	de bienes no de mercado requiere de mucha información y recursos, pudiendo ser no viable en determinadas ocasiones. <ul style="list-style-type: none"> • Es importante realizar un análisis de sensibilidad para conocer el efecto de la tasa de descuento a aplicar.
Análisis multicriterio (MCA)	Cualitativo / semi-cuantitativo	Introduce distintas variables, comparándolas pero sin reducirlas a una única magnitud. Las opciones son evaluadas utilizando una gama amplia de criterios ponderados a través de una valoración cualitativa o semi-cuantitativa.	<ul style="list-style-type: none"> • No limita el análisis a variables monetarias o físicas, permitiendo incorporar otro tipo de criterios. • Se puede compaginar con métodos más economicistas para ampliar las variables evaluadas. • Se basa en la opinión de expertos, por lo que es interesante involucrar a diferentes expertos para nutrir el análisis.

Generalmente, las medidas de reducción de emisiones de GEI se analizan desde la óptica coste-eficiencia (analizando los costes de implantarlas frente a las reducciones que se obtienen), mientras que las medidas de adaptación se analizan a través de un coste-beneficio, comparando los costes de una medida con los beneficios que pueden obtenerse, por ejemplo, a través de una reducción de la vulnerabilidad al aumentar la capacidad de adaptación.

Hay que tener presente, como se comenta en la tabla anterior, que la principal dificultad que presenta el ACB aplicado a la acción para la adaptación al cambio climático, es la dificultad de monetizar muchos de los impactos del cambio climático, especialmente cuando se trabaja desde una óptica pública. Por ello, en muchos casos, será necesario recurrir a un análisis mixto de las medidas de adaptación, es decir, aplicando diferentes metodologías para obtener una única priorización de las mismas. En la siguiente figura se muestra un árbol de decisión para conocer el tipo de análisis que se puede aplicar, en función de la tipología de medidas definidas y la información de que se disponga en cada caso.

Figura 3. Árbol de decisión para la definición de la metodología a aplicar en el análisis de medidas de adaptación al cambio climático.

Fuente. Elaboración propia a partir de GIZ y UNFCC.



Aunque el análisis coste-eficiencia es también considerado para la priorización de medidas de adaptación al cambio climático, en este caso no se ha incluido en la metodología a aplicar. La principal razón es la dificultad de identificar una única variable física que aplicar a un conjunto de medidas, puesto que los beneficios físicos de la adaptación al cambio climático son muchos y muy diversos, en función del sector y tipología de impactos y consecuencias en el que se realice el estudio.

Por ello, la metodología que se plantea en este caso para la priorización de medidas de adaptación al cambio climático es una combinación del análisis coste-beneficio, junto con el análisis multicriterio de las medidas definidas.

A continuación se presenta la metodología planteada en este sentido.

1. **Análisis coste-beneficio de las medidas definidas**, estimando los costes y los beneficios de las mismas y analizando el ratio global resultante para cada una de beneficios frente a costes. Requiere la definición del horizonte temporal, la tasa de descuento y la línea de base, es decir, la situación en ausencia de adaptación al cambio climático. Es muy aconsejable incorporar costes y

beneficios desde un enfoque social. Sólo de esta forma se tendrá en cuenta plenamente la acción de la empresa en el contexto de adaptación al cambio climático en un determinado entorno, en un marco de responsabilidad social.

2. **Análisis multicriterio de las medidas definidas**, definiendo previamente un conjunto de criterios o variables con las que se evalúa cada medida, como importancia, urgencia, no-regret, efectos secundarios y efectos de mitigación; e identificando aquellas que resulten con una mayor puntuación final, de acuerdo con la ponderación que se considera para cada uno de los criterios. Las medidas reciben un valor de categoría, calificación, o puntuación en una escala predeterminada para cada variable definida.
3. **Interpretación y priorización** de las medidas en función de los resultados de ambos métodos, dándole el peso preciso a la variable puramente económica y teniendo presentes también los criterios más cualitativos analizados en el segundo paso. Una buena práctica en el caso de ausencia de una estrategia previa de adaptación al cambio climático, es comenzar priorizando acciones que tengan un carácter más estratégico, que sean proactivas y flexibles, así como las clasificadas como no-regret.

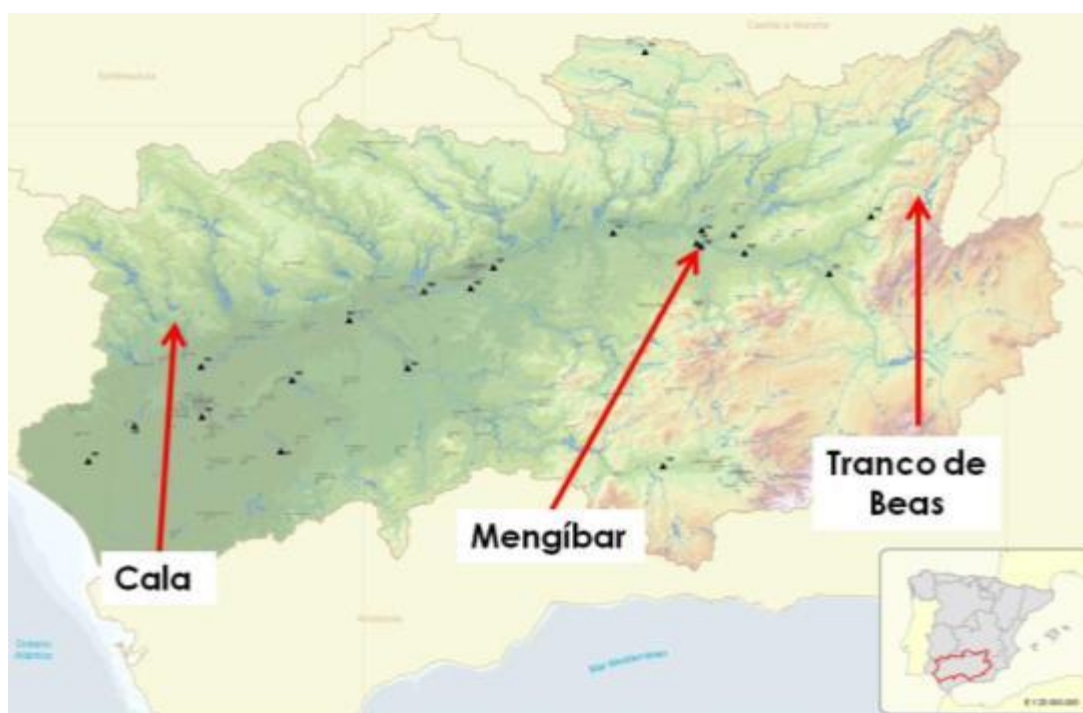
3. Descripción del caso piloto

Para el desarrollo del caso piloto de adaptación al cambio climático se ha seleccionado una de las tecnologías de generación eléctrica, la energía hidroeléctrica. Esta tecnología puede ser particularmente vulnerable a las consecuencias del cambio climático, ya que su producción depende en gran medida de las condiciones climáticas y meteorológicas.

Las centrales objeto de estudio se encuentran todas ellas en la cuenca de Guadalquivir, en las localizaciones que se muestran en el siguiente mapa.

Figura 4: Mapa de localización de los embalses de Cala y El Tranco de Beas y la central fluyente de Mengíbar.

Fuente: Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.



La central de Cala es una central de embalse, situada en el río Rivera de Cala, próxima a la cabecera de la cuenca. El funcionamiento del embalse es anual, es decir, depende del régimen de precipitaciones que tenga lugar en cada año hidrológico. El objetivo de la central es la producción hidroeléctrica, aunque también proporciona agua a embalses situados aguas abajo, destinados al abastecimiento de agua a la ciudad de Sevilla.

La central de El Tranco es también una central de embalse, y se sitúa en el alto Guadalquivir, en el parque natural de Cazorla, Segura y Las Villas. Se trata de una presa con mayor capacidad de almacenamiento que la anterior, cuyo funcionamiento es hiperanual: no depende del régimen de precipitaciones de cada año, sino del de los últimos años. El agua almacenada en esta presa se destina principalmente al riego de cultivos aguas abajo de la misma (sobre todo de olivares).

Las centrales hidroeléctricas de embalse cuentan con la ventaja de poder liberar agua y, por tanto, generar energía en el momento en el que se desee, si bien es cierto que la liberación de caudales en las centrales de Cala y El Tranco está condicionada a las necesidades de suministro de agua y riego, respectivamente.

Figura 5: Esquema de funcionamiento de una central hidroeléctrica de embalse.

Fuente: Junta de Andalucía.



En cuanto a la central de Mengíbar, ésta es una central fluyente, es decir, situada en el cauce del río y sin posibilidad de almacenamiento de agua, lo cual implica que la generación eléctrica depende del caudal que llegue en cada momento a la planta.

Figura 6: Esquema de funcionamiento de una central hidroeléctrica fluyente.
(Vista en planta).

Fuente: Sociedad Andaluza de Educación Matemática Thales.



Para conocer cómo puede variar a futuro el clima de las cuencas que vierten agua a las centrales eléctricas objeto del presente análisis, se han analizado las proyecciones climáticas realizadas para Andalucía por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET, 2009) y por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía en 2008 (Moreira, 2008) y 2013 (Junta de Andalucía, 2013), teniendo en cuenta todos los escenarios contemplados en dichas proyecciones.

A partir de estas proyecciones, y mediante sistemas de información geográfica (SIG) digitales, se han analizado estas proyecciones climáticas para las localizaciones de las tres centrales hidroeléctricas, para las siguientes variables climáticas:

- Temperatura máxima diaria (promedio)
- Temperatura mínima diaria (promedio)
- Precipitación anual
- Número de días de calor

De acuerdo a las proyecciones de AEMET, las temperaturas máximas, que actualmente se encuentran entre 18 y 24,25 ° C para la zona de estudio, podrían experimentar un aumento de entre 1 y 2°C para mediados del siglo XXI, y de entre 2 y 4,5°C para finales del mismo. Al mismo tiempo, las temperaturas mínimas, que actualmente se encuentran entre 6,5 y 10,5 ° C para la zona de estudio, podrían

presentar aumentos de entre 1 y 2°C para el año 2050 y entre 1 y 4°C para el año 2100, variando en función del escenario de emisiones de GEI considerado.

Por otra parte, de acuerdo a la regionalización de proyecciones climáticas elaborada por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, las temperaturas variarían a lo largo del siglo XXI en toda la comunidad, cambiando la distribución de los distintos tipos de regiones climáticas andaluzas.

En concreto, para las centrales objeto de estudio en el presente análisis, se debería indicar que las temperaturas mínimas en el área de la cuenca que vierte a la central de Cala podrían subir en 2°C en la década 2051-2060 y 3,63°C en la década 2091-2100. En el caso de la cuenca que vierte a la central de El Tranco, las proyecciones de evolución de las temperaturas mínimas son similares a las anteriores: aumentos de 2,03°C para mediados del siglo XXI, y de 3,38°C para finales del mismo. Respecto a la cuenca que vierte a Mengíbar, los aumentos de temperatura serían, según las proyecciones, de 2,64°C para mediados del siglo XXI, y de 4,46°C para finales del siglo XXI.

En todos los casos, los aumentos de temperatura serían más notables en los meses de primavera y verano, y en menor medida el resto del año. La siguiente tabla muestra los incrementos proyectados en las temperaturas mínimas en las cuencas que vierten a las tres centrales:

Tabla 3: Incrementos en las temperaturas mínimas en las cuencas de las tres centrales a lo largo del siglo XXI.
Fuente: Moreira, 2008.

Central	Cala	El Tranco	Mengíbar
2001-2010	0,58°C	0,56°C	0,71°C
2011-2020	0,74°C	0,71°C	0,91°C
2021-2030	1,10°C	1,02°C	1,34°C
2031-2040	1,39°C	1,31°C	1,67°C
2041-2050	1,69°C	1,59°C	2,05°C
2051-2060	2,17°C	2,03°C	2,64°C
2061-2070	2,52°C	2,26°C	3°C
2071-2080	2,86°C	2,67°C	3,49°C
2081-2090	3,29°C	3,05°C	4,01°C
2091-2100	3,63°C	3,38°C	4,46°C

Los resultados obtenidos para la evolución de las medias de las temperaturas máximas y mínimas diarias a partir de los Escenarios de Cambio Climático actualizados al 4°

Informe del IPCC para las localizaciones de las tres centrales bajo el escenario A2 son los que se muestran a continuación:

Tabla 4: Proyección de las temperaturas máximas y mínimas diarias en las localizaciones de las tres centrales a lo largo del siglo XXI.

Tmax=media de las máximas diarias

Tmin=media de las mínimas diarias

Fuente: elaboración propia a partir de Junta de Andalucía, 2013.

Central	Cala		El Tranco		Mengíbar	
	Tmax	Tmin	Tmax	Tmin	Tmax	Tmin
Valores históricos	22,50 °C	9,50 °C	18,00 °C	6,50 °C	24,25 °C	10,50 °C
2011-2040	23,50 °C	10,75 °C	21,50 °C	8,00 °C	25,00 °C	11,00 °C
2041-2070	25,50 °C	11,25 °C	22,50 °C	9,50 °C	26,50 °C	12,00 °C
2071-2100	27,25 °C	12,50 °C	25,00 °C	10,50 °C	28,00 °C	13,50 °C

En cuanto a las precipitaciones, que actualmente se encuentra entre 500 mm y 950 mm para la zona de estudio, las proyecciones realizadas por AEMET para Andalucía indican unas reducciones en los volúmenes de precipitación anual de hasta el 15% para el año 2050, y de entre el 5 y el 20% para el año 2100.

Por otra parte, las proyecciones realizadas por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía apuntan a unas disminuciones para la cuenca que vierte a la central de Cala de entre el 12,75% y el 11,75% para mediados del siglo XXI, y de entre el 15,88% y el 16,75% para finales del siglo XXI.

Para la cuenca que vierte a la central de El Tranco, las proyecciones de disminución de la precipitación son del 12,67% para mediados del siglo XXI, y del 18,94% para finales del mismo siglo. En cuanto a la cuenca que vierte a Mengíbar, las reducciones en el volumen de precipitación proyectadas serían de entre el 10,9% y el 11,86% para mediados del siglo XXI, y de entre el 25,9% y el 16,95% para finales del mismo siglo.

La siguiente tabla muestra las proyecciones de disminución de la precipitación para las cuencas que vierten a las tres centrales.

Tabla 5: Diminuciones de las precipitaciones en las cuencas que vierten a las tres centrales a lo largo del siglo XXI.

Fuente: Moreira, 2008.

Central	Cala	El Tranco	Mengíbar
2011-2040	-5,67-9,34%	-6,04%	-8,16-9,8%
2041-2070	-11,01-12,75%	-12,67%	-10,09-11,86%

Central	Cala	El Tranco	Mengíbar
2071-2100	-16,75-15,88%	-18,94%	-16,95-25,9%

Los resultados obtenidos para la evolución de las precipitaciones anuales a partir de los Escenarios de Cambio Climático actualizados al 4º Informe del IPCC para las localizaciones de las tres centrales bajo el escenario A2 son los que se muestran a continuación:

Tabla 6: Proyección de las precipitaciones medias anuales en las localizaciones de las tres centrales a lo largo del siglo XXI.

Fuente: elaboración propia a partir de Junta de Andalucía, 2013.

Central	Cala	El Tranco	Mengíbar
Valores históricos	740 mm	950 mm	500 mm
2011-2040	600 mm	680 mm	400 mm
2041-2070	580 mm	640 mm	350 mm
2071-2100	500 mm	560 mm	300 mm

En cuanto a las olas de calor, las proyecciones de variación en la duración de las mismas realizadas por AEMET para Andalucía apuntan a incrementos de entre 5 y 10 días al año para el año 2050, y de entre 5 y 40 días al año para el año 2100.

Los resultados obtenidos para los días de calor a partir de los Escenarios de Cambio Climático actualizados al 4º Informe del IPCC para las localizaciones de las tres centrales bajo el escenario A2 son los que se muestran a continuación:

Tabla 7: Proyección del número de días de calor anuales en las localizaciones de las tres centrales a lo largo del siglo XXI.

Fuente: Fuente: elaboración propia a partir de Junta de Andalucía, 2013.

Central	Cala	El Tranco	Mengíbar
Valores históricos	35 días	20 días	50 días
2011-2040	55 días	35 días	70 días
2041-2070	85 días	55 días	95 días
2071-2100	110 días	85 días	110 días

Respecto a las precipitaciones intensas, las proyecciones apuntan a una tendencia a una ligerísima disminución en la media anual, con una variabilidad interanual situada entre el -10% y el +5%.

A la vista de las proyecciones climáticas mostradas, las variaciones esperadas serían las que se resumen en la tabla inferior:

Tabla 8: Proyecciones climáticas para las áreas objeto de estudio.

Fuente: Moreira, 2008 y AEMET, 2009.

	Central	Cala	El Tranco	Mengíbar
Aumento de la temperatura	2051-2060	2,17°C	2,03°C	2,64°C
	2091-2100	3,63°C	3,38°C	4,46°C
Disminución de las precipitaciones	2041-2070	-11,01-12,75%	-12,67%	-10,09-11,86%
	2071-2100	-16,75-15,88%	-18,94%	-16,95-25,9%

En cuanto a los eventos meteorológicos extremos, las proyecciones de las olas de calor muestran una tendencia a que éstas se prolonguen, de modo que a finales del siglo XXI su duración podría incrementarse en un número de días al año entre 5 y más de 40, variando en función del escenario de emisiones de GEI contemplado. Además, el número de días de helada al año muestra en las proyecciones una tendencia a reducirse hasta en torno a 10 días al año para el año 2100.

Por último, las proyecciones de precipitaciones intensas apuntan a una ligerísima disminución de las mismas.

Hay que llamar la atención sobre el hecho de que Andalucía cuenta con climatologías bien diferenciadas. Para los objetivos del presente trabajo, habría sido idóneo contar con proyecciones climáticas regionalizadas a escala de las cuencas que vierten a las centrales objeto de estudio para las olas de calor y las precipitaciones intensas, en lugar de a escala de toda Andalucía. Sin embargo, se ha optado por considerar estas últimas para las tres variables, ya que no se ha podido constatar la existencia de proyecciones climáticas regionalizadas a menor escala, lo cual implica que estas proyecciones climáticas están sujetas a un grado de incertidumbre adicional asociado a las diferencias climáticas entre distintas áreas dentro de Andalucía.

Conforme a la metodología seguida, conocidas las consecuencias de los impactos climáticos y las probabilidades de los mismos, se ha determinado el riesgo asociado a cada impacto climático, para cada una de las centrales. Los riesgos resultantes son los que se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 9: Riesgos de los impactos climáticos en la central de Cala.
 (T=temperatura media, P=precipitación media anual, EE=eventos extremos, NM=nivel del mar,
 0=actualidad, 1=2015-39, 2=2040-69, 3=2070-99).
 Fuente: elaboración propia.

1. PROBABILIDAD	2. CONSECUENCIA						
	Despreciable	Mínima	Menor	Significativa	Importante	Grave	Muy grave
Improbable							
Muy poco probable							
Poco probable		TO; EE0					
Probable		P0	T1; EE1; EE2	EE3			
Bastante probable			P1	T2			
Muy Probable			P2	P3	T3		

Como se puede comprobar en la tabla anterior, en el caso de la central de Cala, los mayores niveles de riesgo serían los asociados al incremento de las temperaturas y a la disminución de la precipitación, por su repercusión directa sobre las aportaciones, estrechamente relacionadas con la producción y las posibilidades de venta de la energía producida en momentos de mayores precios en el mercado eléctrico. Los riesgos comenzarían en la actualidad en un nivel muy bajo (nivel 1), en el caso del aumento de la temperatura, y bajo (nivel 2), en el caso de la disminución de las precipitaciones, terminando en el último período del siglo XXI en niveles altos (nivel 4).

Con respecto a los riesgos asociados a los eventos extremos, éstos serían muy bajos en la actualidad (nivel 1) y no pasarían de un nivel medio (nivel 3) en el último período estudiado, recomendándose la evaluación de acciones al respecto.

En cuanto a la central de El Tranco, los riesgos de los impactos climáticos serían los que se muestran a continuación.

Tabla 10: Riesgos de los impactos climáticos en la central de El Tranco.
 (T=temperatura media, P=precipitación media anual, EE=eventos extremos, NM=nivel del mar,
 0=actualidad, 1=2015-39, 2=2040-69, 3=2070-99).
 Fuente: elaboración propia.

1. PROBABILIDAD	2. CONSECUENCIA						
	Despreciable	Mínima	Menor	Significativa	Importante	Grave	Muy grave
Improbable							
Muy poco probable							
Poco probable		T0	EE0				
Probable			P0; T1	EE1; EE2; EE3			
Bastante probable				P1; T2			
Muy Probable				P2	T3; P3		

Según se observa en la tabla anterior, los mayores niveles de riesgo serían los asociados al incremento de las temperaturas y a la disminución de la precipitación, por su repercusión directa sobre las aportaciones y las necesidades de riego aguas debajo de la central, las cuales condicionan la producción y las posibilidades de venta de la energía producida en momentos de mayores precios en el mercado eléctrico. Los riesgos comenzarían en la actualidad en un nivel muy bajo (nivel 1), en el caso del aumento de la temperatura, y bajo (nivel 2), en el caso de la disminución de las precipitaciones, finalizando ambos riesgos en el último período del siglo XXI en niveles altos (nivel 4).

Con respecto a los riesgos asociados a los eventos extremos, éstos serían de nivel bajo en la actualidad (nivel 2) y no pasarían de un nivel medio (nivel 3) en el último período estudiado, recomendándose la evaluación de acciones al respecto.

Por último, los riesgos de los impactos climáticos en la central de Mengíbar serían los que se observan en la siguiente tabla.

Tabla 11: Riesgos de los impactos climáticos en la central de Mengíbar.

Fuente: elaboración propia.
 (T=temperatura media, P=precipitación media anual, EE=eventos extremos, NM=nivel del mar, 0=actualidad, 1=2015-39, 2=2040-69, 3=2070-99).

1. PROBABILIDAD	2. CONSECUENCIA						
	Despreciable	Mínima	Menor	Significativa	Importante	Grave	Muy grave
Improbable							
Muy poco probable							
Poco probable		T0	EE0				
Probable			P0; T1	EE1	EE2; EE3		
Bastante probable				P1; T2			
Muy Probable					P2; T3; P3		

Conforme muestra la tabla anterior, los mayores niveles de riesgo serían los asociados al incremento de las temperaturas y a la disminución de la precipitación, por sus implicaciones directas sobre las aportaciones y las necesidades de riego, disminuyendo la producción de la central. Estos riesgos comenzarían en la actualidad en un nivel muy bajo (nivel 1), en el caso del aumento de la temperatura, y bajo (nivel 2), en el caso de la disminución de las precipitaciones, y terminarían en último período del siglo XXI en niveles altos (nivel 4).

Con respecto a los riesgos asociados a los eventos extremos, éstos serían bajos en la actualidad (nivel 2) y no pasarían de un nivel medio (nivel 3) en el último período estudiado, siendo recomendable la evaluación de acciones al respecto. Debe tenerse en cuenta que las precipitaciones intensas podrían provocar la aportación de grandes caudales con arrastre de sedimentos y sólidos en suspensión, imposibilitándose la turbinación. Un factor que agudiza este efecto es que las prácticas agrícolas a menudo tienden a eliminar el estrato herbáceo en los terrenos de cultivo, facilitándose de este modo el arrastre de sedimentos y materiales a los cauces.

Una vez determinados los riesgos, para analizar la vulnerabilidad de las plantas, se ha de valorar su capacidad de adaptación a los impactos del cambio climático que se puedan presentar. La siguiente tabla muestra la valoración de la capacidad de adaptación las tres centrales.

Tabla 12: Valoración de la capacidad de adaptación en las centrales de Cala, El Tranco y Mengíbar.

Fuente: elaboración propia a partir de información proporcionada por Endesa.

Variable	Cuestiones clave	Disponibilidad	Justificación
Planificación gubernamental y empresarial	¿Existen políticas, estándares, regulación, legislación o directrices de prevención de los riesgos derivados del cambio climático, ya sea fruto de la planificación pública, o como iniciativa estratégica propia de la empresa?	Media	<p>Endesa cuenta con trabajos de evaluación del riesgo asociado al cambio climático en sus activos, dentro los que se incluyen, de modo genérico, las centrales hidráulicas.</p> <p>En cuanto a la regulación pública, la Ley de Aguas 9/2010 de Andalucía contempla en su artículo 21 limitaciones destinadas a la conservación de la biodiversidad y del estado natural de los ríos, cuyo escenario base podrá verse afectado por los cambios derivados del cambio climático. Además, a nivel nacional, se está trabajando en la integración de la adaptación al cambio climático en la legislación, tal y como se comenta en el capítulo 2.3 de esta publicación.</p>
Recursos económicos	¿Se dispone de suficientes recursos económicos o fuentes de financiación para hacer frente a los riesgos detectados? ¿Es posible explotar oportunidades de mercado derivadas de la adaptación?	Media	<p>No es posible explotar oportunidades de mercado derivadas de la adaptación al cambio climático.</p> <p>Al mismo tiempo, Endesa tiene capacidad para hacer frente a grandes inversiones. Además, la actuación en materia de energía hidroeléctrica y aguas requiere de la coordinación con otros agentes públicos (confederaciones hidrográficas y comunidades de regantes) que no siempre cuentan con la misma disponibilidad de recursos o con las mismas prioridades de actuación.</p> <p>Por otra parte, un menor volumen de precipitación y un aumento de temperatura contribuyen a disminuir los caudales en los ríos, lo cual se traduce en general en una menor producción hidroeléctrica, con independencia de los recursos económicos de que se disponga.</p>

Variable	Cuestiones clave	Disponibilidad	Justificación
Infraestructuras	¿Se dispone de las infraestructuras necesarias y suficientes para hacer frente a los riesgos identificados?	Baja	No existen infraestructuras que permitan gestionar los riesgos asociados a la falta de precipitación y el aumento de la temperatura. Además, la imposición de caudales ecológicos y las necesidades de riego y abastecimiento de agua determinan mucho la capacidad de actuación en la gestión del recurso hídrico. Las tres centrales cumplen con la legislación vigente en materia de seguridad de presas, si bien es cierto que ello no evita las reducciones en la generación hidroeléctrica que se puedan presentar como consecuencia de un menor volumen de precipitación.
Información y conocimiento	¿La organización dispone de información sobre riesgos y/o oportunidades ligados al cambio climático? ¿Existen precedentes de actuación y metodologías al respecto? ¿Existen programas de entrenamiento al respecto? ¿Se dispone de información de estudios de caso? ¿Cuál es el grado de conocimiento e implicación por parte de la plantilla, los clientes y las comunidades del entorno?	Alta	Endesa cuenta con un gran conocimiento de los efectos de la meteorología sobre la gestión hidroeléctrica, adquirido tras décadas de manejo de centrales hidráulicas de todo tipo en España y en el extranjero.

Con base en la información mostrada en la tabla anterior, la capacidad de adaptación resulta valorada como media (CA2) para las tres centrales. Partiendo de esta valoración de la capacidad de adaptación y de los valores de riesgo de cada impacto, se ha estimado la vulnerabilidad actual y futura a los impactos climáticos de las tres centrales, que se muestra en los gráficos inferiores.

Gráfico 1: Vulnerabilidad de la central de Cala a los impactos climáticos.

(T=temperatura media, P=precipitación media anual, EE=eventos extremos, 0=actualidad, 1=2015-39, 2=2040-69, 3=2070-99).

Fuente: elaboración propia.

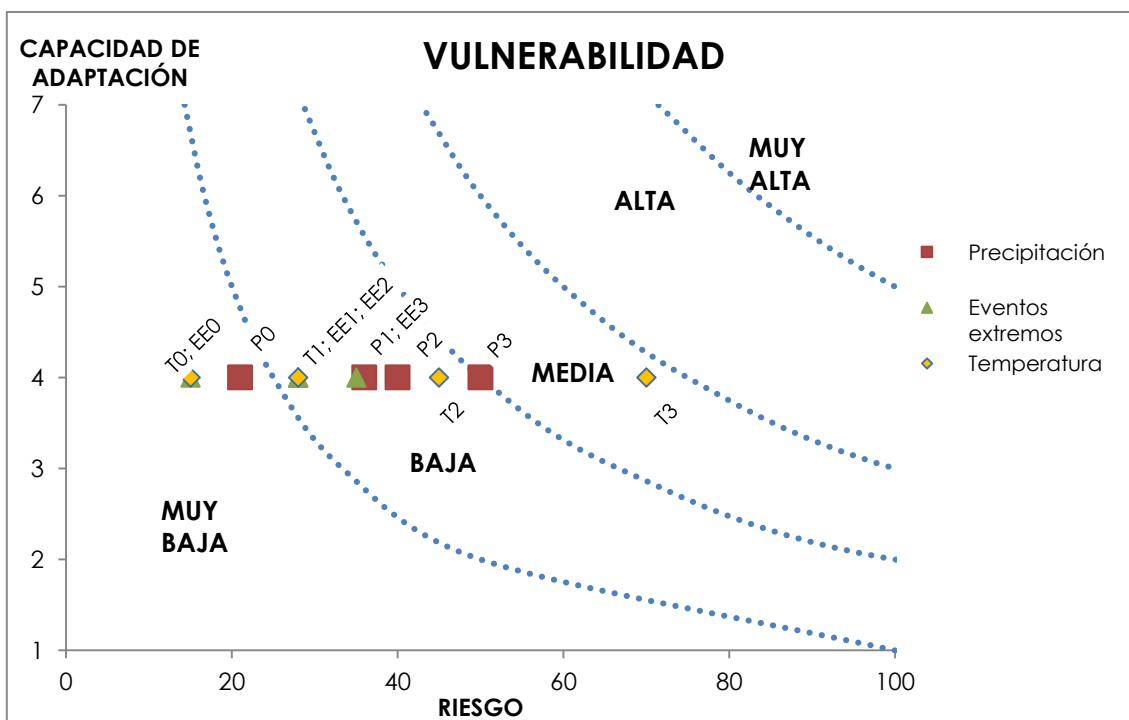
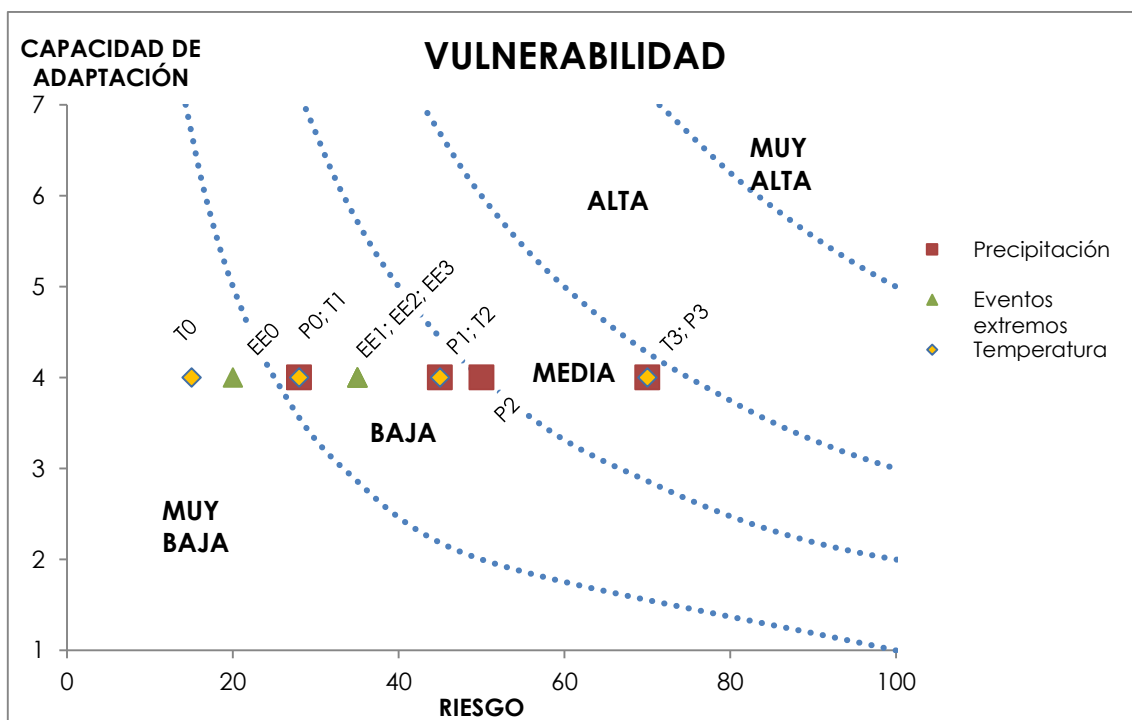


Gráfico 2: Vulnerabilidad de la central de El Tranco a los impactos climáticos.
 (T=temperatura media, P=precipitación media anual, EE=eventos extremos, 0=actualidad, 1=2015-39, 2=2040-69, 3=2070-99).

Fuente: elaboración propia.



Los gráficos anteriores muestran los resultados globales del análisis realizado para las centrales de Cala y El Tranco, cruzando la valoración del riesgo (entre 0 y 100, de menor a mayor riesgo) y la capacidad de adaptación (de 1 a 7, de mayor a menor capacidad de adaptación).

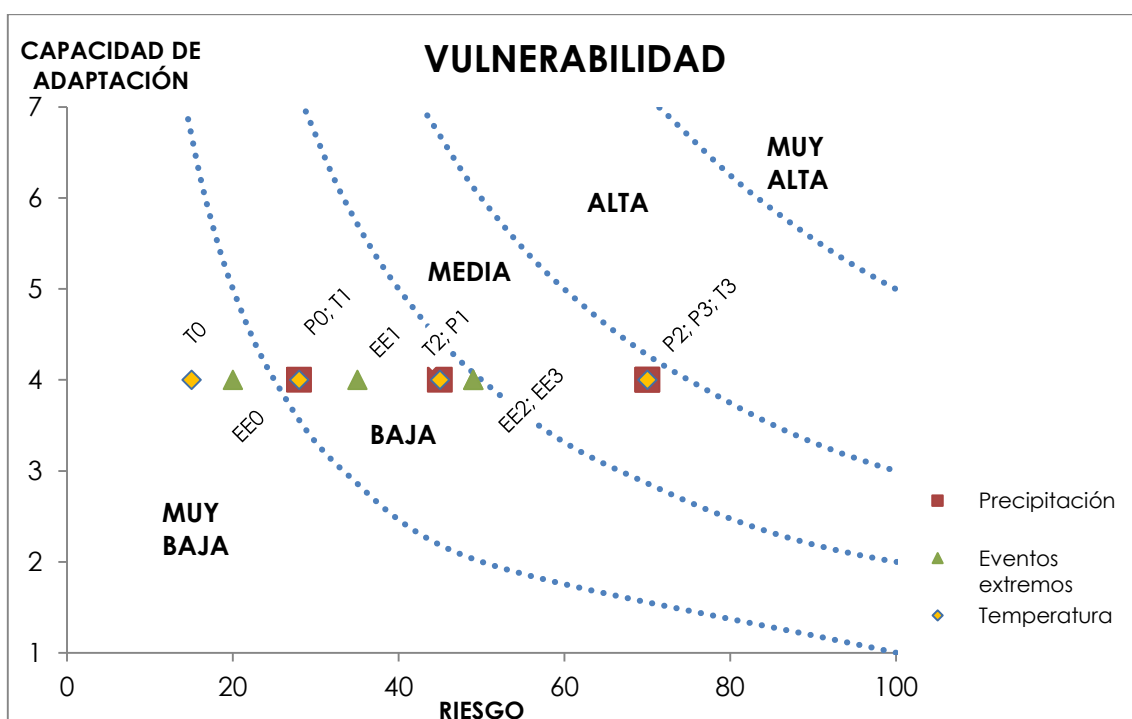
Las mayores vulnerabilidades en las dos centrales serían las correspondientes al aumento de las temperaturas. Éstas empezarían en un nivel muy bajo (nivel 1) en la actualidad, terminando en un nivel medio (nivel 3) en el último período del siglo XXI, debido a su repercusión sobre las aportaciones a las centrales, sobre su producción, sobre las necesidades de abastecimiento de agua y riego aguas abajo, y sobre las posibilidades de turbinar en momentos de mayor necesidad de la energía en el mercado eléctrico.

Con la disminución de las precipitaciones, la situación se agravaría en El Tranco en mayor medida que en Cala. De este modo, la vulnerabilidad al descenso de las precipitaciones comenzaría en un nivel actual muy bajo en Cala (nivel 1) y bajo en El Tranco (nivel 2), pasando en el último período estudiado a un nivel medio (nivel 3) en ambos casos, si bien próximo al nivel bajo en Cala y al nivel alto en El Tranco.

El menor nivel de vulnerabilidad sería en ambos el asociado a los eventos extremos, puesto que no superaría el nivel bajo (nivel 2), no siendo necesario el refuerzo de la capacidad de adaptación al respecto, pero sí llevar a cabo un seguimiento.

En cuanto a la central de Mengíbar, las vulnerabilidades resultarían como se muestra en el gráfico siguiente.

Gráfico 3: Vulnerabilidad de la central de Mengíbar a los impactos climáticos.
 (T=temperatura media, P=precipitación media anual, EE=eventos extremos, 0=actualidad, 1=2015-39, 2=2040-69, 3=2070-99).
 Fuente: elaboración propia.



Las mayores vulnerabilidades son las asociadas al aumento de la temperatura y a la disminución de la precipitación, empezando ambas en valores muy bajos (nivel 1) en la actualidad, y terminando en valores medios (nivel 3) en el segundo y tercer períodos del siglo XXI. Estos niveles de vulnerabilidad estarían relacionados con unas menores aportaciones a la central debidas al descenso de las precipitaciones y a las mayores necesidades de riego aguas arriba de la central, todo lo cual conduciría a un descenso de la producción eléctrica.

En cuanto a la vulnerabilidad asociada a los eventos extremos, comenzaría en un nivel actual muy bajo (nivel 1), y terminaría en valores bajos (nivel 2) a finales del siglo XXI, siendo uno de los principales problemas el arrastre de sedimentos y sólidos en

suspensión en los caudales en momentos de precipitaciones torrenciales. En el caso de estudio, ello se ve acentuado por las prácticas agrícolas de la zona, que aumentan la eliminación del estrato herbáceo de los suelos y, por tanto, la erosión.

Llama la atención el hecho de que, en la actualidad, **los problemas de colmatación de presas e imposibilidad de turbinar caudales por el arrastre de materiales y la gran cantidad de sólidos en suspensión, es mucho más grave en varias centrales de la cuenca del Guadalquivir y otras cuencas andaluzas**, habiéndose reducido notablemente el volumen de algunos embalses y, en consecuencia, su producción hidroeléctrica y su capacidad de suministrar agua para riegos. Tal es el caso, por ejemplo, del embalse de Cordobilla, en el río Genil.

Por último, debe tenerse en cuenta que **los resultados del análisis de vulnerabilidad llevado a cabo están condicionados a la caducidad de las concesiones de las centrales**, y de si éstas van a ser prorrogadas o no. De este modo, a partir de la fecha de caducidad de la concesión para una determinada central, los resultados del análisis de vulnerabilidad dejarían de ser de aplicación, puesto que cesaría la actividad de la central.

La caducidad de las concesiones de las centrales analizadas tendrá lugar en enero del 2027 en la central de Cala, en septiembre de 2028 en la central de El Tranco, y en el 2061 en la central de Mengíbar.

4. Definición de medidas de adaptación al cambio climático

Existe una pluralidad de agentes que se pueden ver afectados por los daños que el cambio climático puede provocar en las infraestructuras.

En cuanto al análisis de detalle llevado a cabo sobre las tres centrales de generación hidroeléctrica de **Cala, El Tranco y Mengíbar**, detalladas en la sección anterior, cabe destacar **que su nivel de vulnerabilidad al cambio climático en el último período del siglo XXI sería medio en el caso del aumento de las temperaturas y al descenso de las precipitaciones**, es decir, podrían tener lugar disminuciones de la producción hidroeléctrica y menores ingresos por ventas en el mercado eléctrico. Ello supondría una necesidad de reforzar la capacidad de adaptación en este sentido.

Al mismo tiempo, **la central de Mengíbar mostraría una vulnerabilidad de nivel medio a las precipitaciones torrenciales**. Este nivel de vulnerabilidad se debería al efecto erosivo de las precipitaciones torrenciales, debido a su potencial intensificación, así como a la escasez de sustrato herbáceo en los suelos adyacentes, lo que podría generar problemas de colmatación en la presa.

Para hacer frente a los potenciales riesgos asociados al cambio climático, se recomienda identificar posibles opciones de adaptación, de entre las cuales se llevará a cabo una selección para su posterior implementación en base a los criterios que sean de mayor importancia para el grupo empresarial. Estos criterios pueden ser, por ejemplo los costes, los beneficios esperados, la existencia de sinergias o la compensación de efectos entre las diferentes medidas planteadas. Con las medidas seleccionadas, se elaborará una estrategia de adaptación del grupo empresarial, con un plan de acción que incluya una hoja de ruta para su implementación.

Se aconseja además **monitorizar y evaluar los costes y resultados** de la estrategia de adaptación. Para ello, es necesario definir una línea de base y unos indicadores de adaptación, cuya supervisión permitirá determinar la necesidad de modificación del plan de adaptación para el siguiente año, si los resultados obtenidos no son los esperados.

Es **fundamental la concienciación** dentro de la organización sobre los riesgos asociados al cambio climático, así como dar a conocer los resultados de la estrategia

de adaptación. Esta práctica puede ayudar a generar confianza entre los inversores al mostrar cómo los riesgos del cambio climático son gestionados.

Además de lo anterior, se recomienda que la planificación estratégica general de la organización incluya la estrategia de adaptación, coincidiendo su diseño en el mismo momento y considerando las oportunidades ligadas a la adaptación al cambio climático. De este modo, es fácil adecuar la estrategia de adaptación de la empresa a las necesidades, objetivos y presupuestos del grupo empresarial.

Respecto al estudio piloto aplicado sobre las centrales hidroeléctricas, las recomendaciones son las siguientes:

- La promoción de la investigación sobre las implicaciones del cambio climático para la generación eléctrica hidráulica en España y para la disponibilidad de agua para riego, e incluso para el consumo humano. En este sentido, se aconseja una estrecha colaboración público-privada, en especial con agricultores, como vía para desarrollar un mayor conocimiento al respecto.
- La monitorización de incidencias climáticas en la actividad de las centrales.
- Para las incidencias de alta probabilidad, se aconseja la evaluación de posibles opciones de adaptación al respecto, analizar sus posibles costes y beneficios, e implementarlas posteriormente, colaborando con los agricultores, la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir y EMASESA (Empresa Metropolitana de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla). Se recomienda también monitorizar costes y resultados reales de las medidas de adaptación. Se presentan a continuación algunos ejemplos indicativos de opciones de adaptación posibles, a llevar a cabo en colaboración con los agentes antes indicados:
 - Promoción del empleo de sistemas de riego más eficientes.
 - Promoción del ahorro en el consumo de agua.
 - Promoción de prácticas agrícolas de conservación y protección de suelos ante la erosión.

De cara a cumplir con dichas recomendaciones, se plantean tres acciones para reducir la vulnerabilidad al cambio climático de las tres centrales hidroeléctricas analizadas. Se trata de distintos tipos de acciones que inciden en diferentes ámbitos,

todas ellas encaminadas a garantizar la producción de las centrales incluso cuando las condiciones climáticas sean desfavorables.

Para ello, las acciones inciden, por una parte, en las mejoras en la gestión de los embalses. Así, se propone actuar sobre la demanda eléctrica, la demanda hídrica y las propias actividades de gestión del embalse, a través de una mejora de las acciones de predicción meteorológica y climática. Se busca con estas acciones poder optimizar la gestión de los embalses de tal forma que se pueda maximizar la producción.

Por otra parte, también la gestión de los sólidos en suspensión y sedimentos es otra de las acciones que se plantea. Con esta acción, se busca promocionar las buenas prácticas en la mejora de la gestión de los suelos adyacentes de los cauces para minimizar los sedimentos arrastrados por los mismos, que se acumulan en los embalses. Estas acumulaciones tienen efectos no solo para la producción hidroeléctrica, sino también para el medio natural.

Por último, se busca también reforzar la prevención frente a los riesgos climáticos mediante la adecuación de los planes de emergencia a las nuevas condiciones climáticas previstas.

Mediante la combinación de todas las medidas se pretende incidir sobre varios aspectos que afectan a la vulnerabilidad de las centrales, minimizando las consecuencias de los riesgos climáticos presentes y futuros. A continuación se presentan las fichas correspondientes a las tres medidas de adaptación que se plantean para las centrales hidroeléctricas de Cala, El Tranco y Mengíbar.

Medida 1	Gestión de la demanda energética
<p>Objetivo</p> <p>Influir en la demanda energética mediante el impulso a acciones de eficiencia energética tales como la sustitución de equipos y el asesoramiento para mejorar la operación de las plantas hidroeléctricas.</p> <p>Consideraciones preliminares</p> <p>Al tratarse de una medida en la que se busca reducir el consumo eléctrico de los usuarios, los resultados logrados van a depender en gran medida del impacto de las acciones llevadas a cabo y de la comunicación de las mismas. Para lograr reducir el consumo eléctrico es necesario considerar este factor en el diseño de las acciones, garantizando la implicación de los clientes.</p> <p>Descripción de la acción</p> <p>Mediante la reducción de demanda energética en los periodos de hora punta se</p>	

logran beneficios desde el punto de vista de la operación de las plantas y la reducción de pérdidas en el transporte de electricidad. De esta forma se consigue un mejor control de la tensión en la red de distribución y la reducción de la energía reactiva.

Una de las acciones que garantiza resultados en la reducción de los consumos eléctricos de los consumidores es el incremento de la eficiencia energética. Generalmente, el margen para la implantación de este tipo de medidas es amplio, ya que, aún hoy, en un gran número de hogares, industrias y otro tipo de entidades se emplean un gran número de dispositivos cuya eficiencia es inferior a la ofrecida por los dispositivos más eficientes del mercado. De la misma forma, existe margen de mejora en cuanto a la mejora de los hábitos de consumo, de tal forma que se pueden llevar a cabo acciones para promocionar buenas prácticas con el objetivo de reducir el consumo eléctrico. Así, se propone una acción con tres componentes que se combinan para facilitar la implementación de medidas de eficiencia energética.

Por una parte, se busca sensibilizar a los clientes y proporcionarles información adicional sobre los beneficios de la implantación de prácticas de eficiencia energética. Para ello se desarrollarán materiales enfocados a los diferentes sectores objetivo, con buenas prácticas tanto comunes como particulares para cada sector. Estos materiales se distribuirán entre los clientes y se incluirán en el portal web de la compañía.

Por otra parte, con el objetivo de promocionar el uso de equipos de mayor eficiencia energética, se crearán programas que faciliten el acceso a los mismos. Se trata de campañas a través de las que los clientes de la compañía, particularmente los del sector doméstico, tienen acceso a equipos de bajo consumo energético a un precio inferior al que estos equipos tienen en el mercado.

Adicionalmente, se creará un servicio de asesoramiento en cuanto a prácticas de eficiencia energética, que permita a los clientes de la compañía resolver sus dudas y obtener más información de cara a plantear medidas de eficiencia energética en sus hogares u organizaciones.

Periodo de implementación

2015-2030

Medida 2

Gestión de la demanda hídrica

Objetivo

Influir en la demanda hídrica mediante el desarrollo de planes y acciones que fomenten y favorezcan prácticas que permitan ahorrar agua y optimizar la gestión del embalse.

Consideraciones preliminares

Al tratarse de una medida en la que se busca reducir el consumo de agua de los consumidores, los resultados logrados van a depender en gran medida del impacto de las acciones llevadas a cabo y de la comunicación de las mismas. Para lograr reducir el consumo de agua es necesario considerar este factor en el diseño de las acciones, garantizando la implicación de los usuarios.

Descripción de la acción

La reducción de la demanda de agua para usos diferentes a la generación eléctrica (abastecimiento, riego...) puede permitir cambios en la gestión del embalse y optimizar el recurso hidráulico. Además, esta acción busca promocionar un uso

consciente de este recurso que no solo permita optimizarlo para la generación eléctrica, sino que, además, reduzca el uso innecesario del mismo. El agua es un recurso limitado e imprescindible y es necesario concienciar a la población sobre la necesidad de hacer un uso responsable del mismo.

Esta medida se vertebra mediante dos tipos de actuaciones. Por una parte, las encaminadas a sensibilizar sobre el consumo eficiente del agua en diferentes sectores. Por otra parte, las que buscan reducir las pérdidas de la red de abastecimiento mediante acciones preventivas y de mejora del sistema.

Las acciones de sensibilización han de realizarse diseñando diferentes acciones y enfoques para los sectores. Así, se tendrán en cuenta las particularidades de cada uno de ellos y se diseñarán materiales y medidas específicas para los sectores doméstico, industrial y agricultura. Mientras que en el sector doméstico las medidas a aplicar dependen en gran medida de los usuarios y apenas requieren de inversión, en el sector agricultura existe un amplio margen de mejora relacionado con las prácticas y equipos de regadío empleados así como con la selección de cultivos, ya que este factor tiene una gran influencia sobre el consumo de agua. En el sector industrial las acciones a llevar a cabo dependen ampliamente del proceso productivo. Por tanto, se desarrollarán contenidos que incluyan acciones para la reducción del consumo en los tres sectores y se dará difusión a los mismos a través de diferentes medios. En el caso de los sectores agricultura e industria, se establecerá contacto con asociaciones sectoriales de cara a mejorar la difusión y la implementación las acciones.

Por otra parte, para reducir las pérdidas en la red de abastecimiento, se establecerá contacto con las autoridades competentes para colaborar en el desarrollo de planes de optimización de recursos. Así, se impulsará el desarrollo de dichos planes mediante la colaboración en algunos de los aspectos técnicos de los mismos y también en su implantación, pudiendo realizar aportaciones económicas para algunas de las acciones.

Periodo de implementación

2015-2030

Medida 3	Programas de predicción meteorológica y climática y gestión de embalses
<p>Objetivo</p> <p>Incrementar la producción de las centrales hidroeléctricas mediante la mejora de la gestión del embalse a través de nuevos modelos matemáticos combinados con la implantación de programas de predicción meteorológica y climática.</p> <p>Consideraciones preliminares</p> <p>Tanto los modelos matemáticos para la gestión de los embalses como los programas de predicción meteorológica y climática son tecnologías innovadoras y, como tales, están en constante evolución. Es por ello que el desarrollo de esta medida ha de estar acompañado en todo momento de acciones de monitorización de dicha evolución científica para ir incorporando las mejoras que se vayan desarrollando en ambos campos y maximizar los resultados de la acción.</p> <p>Descripción de la acción</p> <p>Los diferentes usos del embalse (abastecimiento, riego, control crecidas, producción eléctrica) condicionan la operativa del mismo y la disponibilidad de agua para la generación eléctrica en las centrales hidroeléctricas. Los cambios en las condiciones de diseño y la disponibilidad de datos hidrológicos más abundantes pueden justificar</p>	

la modificación de los modelos de gestión de los mismos con el objetivo de incrementar la producción. De esta forma, la medida busca incorporar estrategias de control avanzadas basadas en nuevos modelos matemáticos a la gestión del embalse.

Además, otro de los factores que condicionan la operativa de los embalses es la disponibilidad de información meteorológica y climática que permita conocer con mayor antelación las previsiones. De esta forma, esta información se puede incorporar a los modelos de gestión del embalse para planificar la producción con mayor margen de tiempo. Por tanto, en la medida se desarrollará un sistema de predicción meteorológica y climática para las plantas hidroeléctricas de la compañía que permita conocer las predicciones más recientes e incorporar dicha información al sistema de gestión de embalses desarrollado.

Periodo de implementación

2015-2030

5. Análisis de medidas para la adaptación al cambio climático

El análisis de las medidas para la adaptación se efectúa de acuerdo a la metodología expuesta anteriormente, efectuando tanto un análisis coste-beneficio, como un análisis multicriterio.

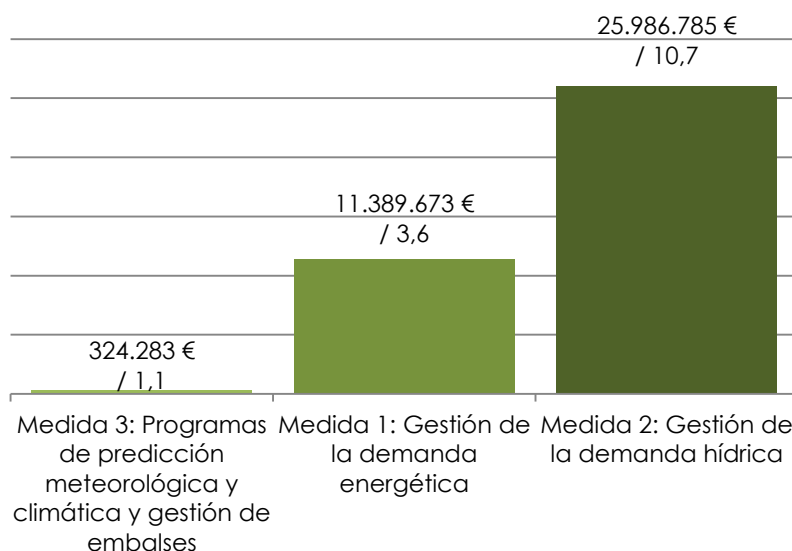
5.1. Análisis coste-beneficio de las medidas

Se ha realizado el análisis coste-beneficio de las medidas tomando un horizonte temporal de 15 años, entre 2015 y 2030. Se han considerado como beneficios los derivados, o bien de la reducción de consumo de electricidad y agua, para la Medida 1 y la Medida 2, respectivamente; o bien los daños y la generación adicional de electricidad evitada, en la Medida 3. Los costes considerados son los asociados a cada caso particular para la implementación de las medidas. Se ha fijado una tasa de descuento del 7%. Con estos supuestos, los resultados del análisis coste-beneficio son los siguientes:

Medida	Coste total	Beneficio total	Valor actual neto	Ratio beneficio-coste
Medida 1: Gestión de la demanda energética	4.324.517,72 €	15.714.190,69 €	11.389.672,97 €	3,6
Medida 2: Gestión de la demanda hídrica	2.681.355,70 €	28.668.141,06 €	25.986.785,36 €	10,7
Medida 3: Programas de predicción meteorológica y climática y gestión de embalses	2.313.017,69 €	2.637.300,23 €	324.282,54 €	1,1

Figura 7. Valor actual neto /Ratio beneficio-coste.

Fuente: elaboración propia.



5.2. Análisis multicriterio

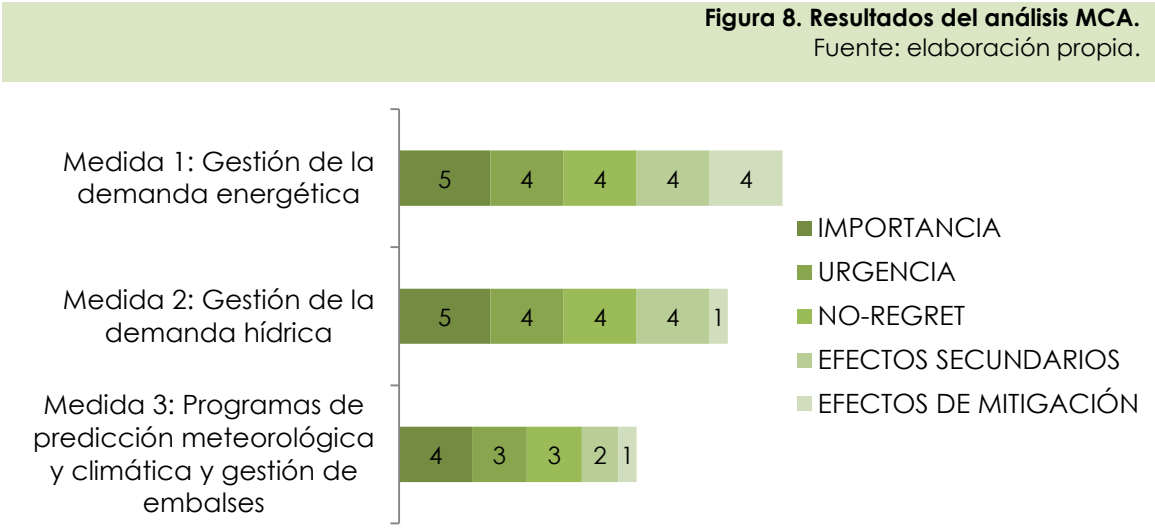
El análisis multicriterio ofrece la posibilidad de incluir en la toma de decisiones otras variables interesantes, además de la puramente económica. Por ello, evalúan las tres medidas en cada uno de los siguientes criterios, con un valor de 1 a 5:

- **Importancia:** el valor que presenta la medida en cuanto a la capacidad de disminuir las consecuencias del cambio climático.
- **Urgencia:** la necesidad con la que la medida debe estar implementada para obtener los máximos beneficios.
- **No-Regret:** la capacidad de la medida de generar beneficios, incluso sin cambio climático.
- **Efectos secundarios:** los beneficios adicionales a la adaptación al cambio climático que presenta la medida.
- **Efectos de mitigación:** el valor del posible efecto colateral de mitigación al cambio climático que presenta la medida.

El peso que tiene cada una de las variables a la hora de priorizar las medidas según el MCA no es el mismo, siendo de orden descendente (Importancia, Urgencia, No-Regret, Efectos secundarios, Efectos de mitigación). Los valores asignados a cada uno de los criterios se recogen en la figura siguiente.

Figura 8. Resultados del análisis MCA.

Fuente: elaboración propia.



Según el MCA realizado, la *Medida 1: Gestión de la demanda energética* obtiene el mejor resultado, por su efecto colateral de mitigación, que la *Medida 2: Gestión de la demanda hídrica*. La *Medida 3: Programas de predicción meteorológica y climática y gestión de embalses* es la de menor valor de las tres.

6. Priorización de las medidas

Una vez aplicados ambos análisis a las medidas definidas, el procedimiento habitual es ponderar la priorización ofrecida por cada uno de ellos, para asignar los recursos financieros de la forma más eficiente, teniendo en cuenta retornos más allá del meramente económico.

En el caso concreto de las tres medidas propuestas, tanto la *Medida 1: Gestión de la demanda energética*, como la *Medida 2: Gestión de la demanda hídrica*, son medidas de gran rentabilidad, corto periodo de retorno y con un importante efecto en adaptación al cambio climático. Se considera de mayor prioridad la *Medida 2*, puesto que aunque tiene una menor valoración global en el análisis multicriterio, su puntuación es igual a la *Medida 1*, a excepción de la variable efecto de mitigación; y al mismo tiempo, es la que ofrece mejores resultados económicos: el mayor beneficio neto y el menor periodo de retorno. Por lo tanto, la *Medida 1* quedaría en segundo lugar en orden de prioridad y la *Medida 3: Programas de predicción meteorológica y climática y gestión de embalses* en tercer y último lugar.

En cualquier caso, se recomienda la aplicación simultánea de las Medidas 1 y 2, siempre que los recursos financieros lo permitan, por ser medidas con un alto valor de no-regret, además de sus ya mencionadas altas rentabilidades y efectos de adaptación.

7. Principales referencias

AEMET. (2009) *Generación de escenarios regionalizados de cambio climático para España*.

IPCC. (2007). *Glossary of terms. Fourth Assessment Report: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge: Cambridge University Press.

Junta de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente. (2013). *Resultados locales de los Escenarios de Cambio Climático actualizados al 4º Informe del IPCC*.

Mintzberg, H., Raisinghani, D., Théorêt, A. (1976). The Structure of 'Unstructured' Decision Processes. *Administrative Sciences Quarterly*, 21(2), 246-275.

Moreira J.M. (2008). *El cambio climático en Andalucía. Escenarios actuales y futuros del clima*. Dirección general de participación e información ambiental. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.

Solaun, K., Gómez, I., Urban, J., Liaño, F., Genovés, A. (2014). *Integración de la adaptación al cambio climático en la estrategia empresarial. Guía metodológica para la evaluación de los impactos y la vulnerabilidad en el sector privado*. Madrid: Oficina Española de Cambio Climático, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

UNDP. (1994). *Vulnerability and Risk Assessment*. 2nd Edition.

Medida 2

Gestión de la demanda hídrica

DATOS AUXILIARES

Coste kits ahorro agua hogar (CAD/kil)	24,85	https://economie.solutionsecoffitt.ca/en	Cuota Endesa mercado nacional	23,80%	CNE 2012
Hogares suministrados por Endesa	4.303.919	Cálculado por los autores	Personas promedio/hogar España	2,57	INE, Censo 2011
Nº total hogares España	18.083.692	INE, Censo 2011	Ahorro agua/hogar España	27.956	Cálculado por los autores
Tasa éxito ahorro	60%	Estimación autores	Hogares suministrados por Endesa	4.303.919	Cálculado por los autores

CÁLCULOS TÉCNICOS

Parámetro	Unidad	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Hogares objetivo/año	nº	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
Hogares acumulados	nº	15.000	30.000	45.000	60.000	75.000	90.000	105.000	120.000	135.000	150.000	165.000	180.000	195.000	210.000	225.000	240.000
Agua ahorrada	m³	251.602	503.204	754.806	1.006.408	1.258.010	1.509.612	1.761.214	2.012.817	2.264.419	2.516.021	2.767.623	3.019.225	3.270.827	3.522.429	3.774.031	4.025.633

CÁLCULOS ECONÓMICOS

Coste/beneficio	Concepto	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Costes	Kits hogares	265.272,90 €	265.272,90 €	265.272,90 €	265.272,90 €	265.272,90 €	265.272,90 €	265.272,90 €	265.272,90 €	265.272,90 €	265.272,90 €	265.272,90 €	265.272,90 €	265.272,90 €	265.272,90 €	265.272,90 €	265.272,90 €
	Coste neto	265.272,90 €	265.272,90 €	265.272,90 €	265.272,90 €	265.272,90 €	265.272,90 €	265.272,90 €	265.272,90 €	265.272,90 €	265.272,90 €	265.272,90 €	265.272,90 €	265.272,90 €	265.272,90 €	265.272,90 €	265.272,90 €
Beneficios	Agua ahorrada	400.047,29 €	800.094,57 €	1.200.141,86 €	1.600.189,15 €	2.000.236,43 €	2.400.283,72 €	2.800.331,01 €	3.200.378,29 €	3.600.425,58 €	4.000.472,87 €	4.400.520,15 €	4.800.567,44 €	5.200.614,73 €	5.600.662,01 €	6.000.709,30 €	6.400.756,59 €
	Beneficio neto	400.047,29 €	800.094,57 €	1.200.141,86 €	1.600.189,15 €	2.000.236,43 €	2.400.283,72 €	2.800.331,01 €	3.200.378,29 €	3.600.425,58 €	4.000.472,87 €	4.400.520,15 €	4.800.567,44 €	5.200.614,73 €	5.600.662,01 €	6.000.709,30 €	6.400.756,59 €
	Flujo de caja neto	134.774,38 €	534.821,67 €	934.868,96 €	1.334.916,24 €	1.734.963,53 €	2.135.010,82 €	2.535.058,10 €	2.935.105,39 €	3.335.152,68 €	3.735.199,96 €	4.135.247,25 €	4.535.294,54 €	4.935.341,82 €	5.335.389,11 €	5.735.436,40 €	6.135.483,68 €
	Flujo de caja acumulado	134.774,38 €	669.596,05 €	1.604.465,01 €	2.939.381,25 €	4.674.344,78 €	6.809.355,60 €	9.344.413,70 €	12.279.519,09 €	15.614.671,77 €	19.349.871,73 €	23.485.118,98 €	28.020.413,51 €	32.955.755,34 €	38.291.144,45 €	44.026.580,84 €	50.162.064,52 €
	Valor presente neto	25.986.785,36 €															
	Costo neto descontado	2.681.355,70 €															
	Beneficio neto descontado	28.668.141,06 €															

Medida 3

Programas de predicción meteorológica y climática y gestión de embalses

DATOS AUXILIARES

Coste anual programa	823.719	Seehydropower	% Inundaciones Andalucía (1990-2010)	32%	Protección Civil
Incremento producción previsto	15%	Hydro Québec	Coste inundaciones España/año	39.555.331	Protección Civil
Tasa de éxito producción	40%	Source	Tasa éxito reducción daños inundaciones	2%	Calculado por los autores
Precio venta electricidad (€/MWh)	40,79	OMIE	Prod. Cala (98-07, GWh/año)	16	Propuesta de Proyecto de Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir
Prod. Mengibar (98-07, GWh/año)	6,6	Propuesta de Proyecto de Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir	Prod. Tranco (98-07, GWh/año)	28,9	Propuesta de Proyecto de Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir

CÁLCULOS TÉCNICOS

Parámetro	Unidad	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Incremento anual producción	MWh	0	0	0	3.090	3.090	3.090	3.090	3.090	3.090	3.090	3.090	3.090	3.090	3.090	3.090	3.090

CÁLCULOS ECONÓMICOS

Coste/ beneficio	Concepto	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Costes	Implementación programa	823.719 €	823.719 €	823.719 €													
	Coste neto	823.718,92 €	823.718,92 €	823.718,92 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Beneficios	Electricidad extra generada	- €	- €	- €	126.041,10 €	126.041,10 €	126.041,10 €	126.041,10 €	126.041,10 €	126.041,10 €	126.041,10 €	126.041,10 €	126.041,10 €	126.041,10 €	126.041,10 €	126.041,10 €	126.041,10 €
	Daños inundación evitados	- €	- €	- €	254.113,03 €	254.113,03 €	254.113,03 €	254.113,03 €	254.113,03 €	254.113,03 €	254.113,03 €	254.113,03 €	254.113,03 €	254.113,03 €	254.113,03 €	254.113,03 €	254.113,03 €
	Beneficio neto	- €	- €	- €	380.154,13 €	380.154,13 €	380.154,13 €	380.154,13 €	380.154,13 €	380.154,13 €	380.154,13 €	380.154,13 €	380.154,13 €	380.154,13 €	380.154,13 €	380.154,13 €	380.154,13 €
Flujo de caja neto		- 823.718,92 €	- 823.718,92 €	- 823.718,92 €	380.154,13 €	380.154,13 €	380.154,13 €	380.154,13 €	380.154,13 €	380.154,13 €	380.154,13 €	380.154,13 €	380.154,13 €	380.154,13 €	380.154,13 €	380.154,13 €	380.154,13 €
Flujo de caja acumulado		- 823.718,92 €	- 1.647.437,84 €	- 2.471.156,76 €	- 2.091.002,62 €	- 1.710.848,49 €	- 1.330.694,35 €	- 950.540,22 €	- 570.386,08 €	- 190.231,95 €	189.922,19 €	570.076,32 €	950.230,46 €	1.330.384,59 €	1.710.538,73 €	2.090.692,86 €	2.470.847,00 €
Valor presente neto		324.282,54 €															
Costo neto descontado		2.313.017,69 €															
Beneficio neto descontado		2.637.300,23 €															