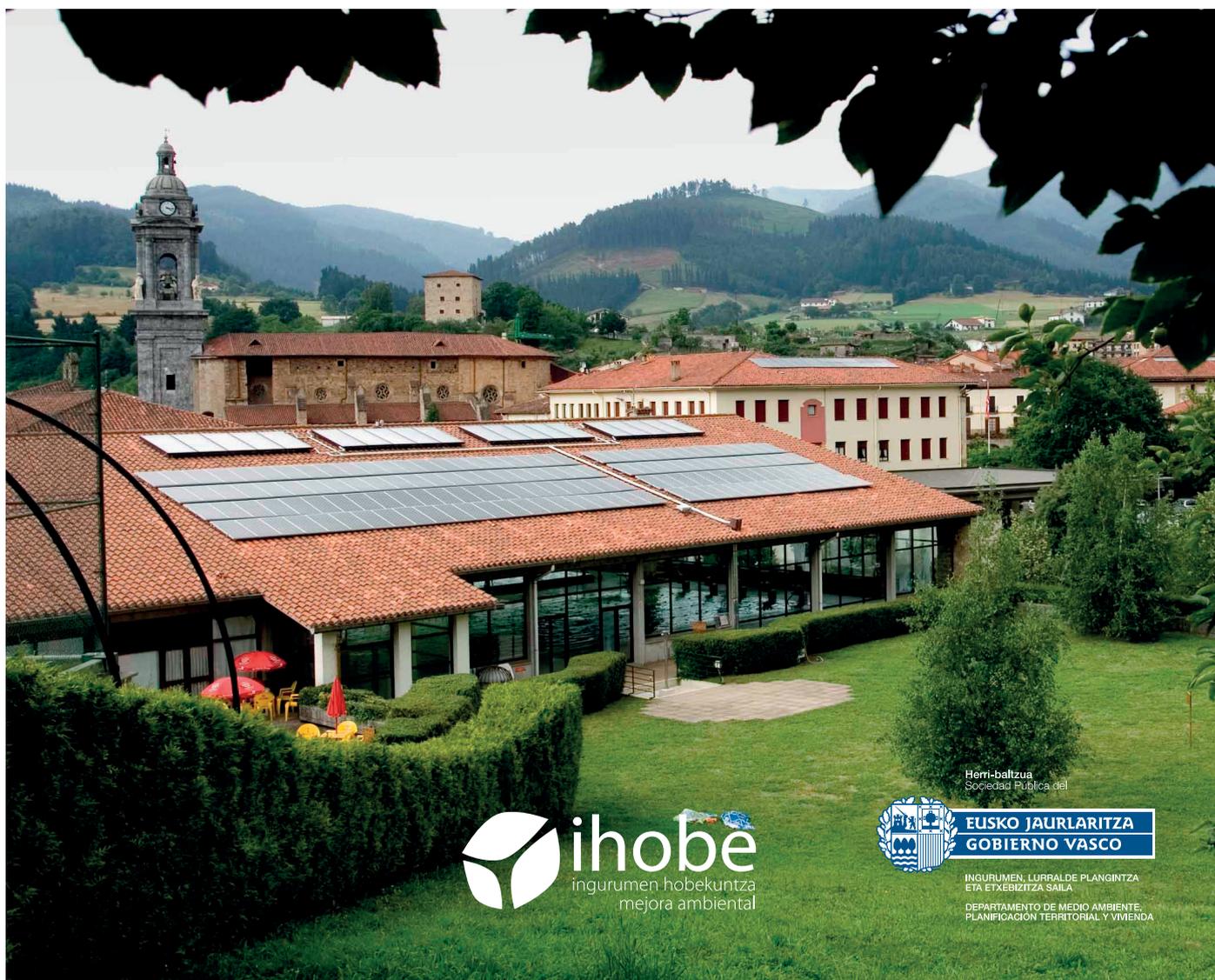


Resiliencia climática del sector de la energía en el País Vasco



Proyecto Klimatek 2017-2018

Resiliencia climática del sector de la energía en el País Vasco

©

Ihobe, Ingurumen Jarduketarako Sozietate Publikoa
Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental

EDITA:

Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental
Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial y Vivienda
Gobierno Vasco

Alda. de Urquijo n.º 36-6.^a (Plaza Bizkaia)
48011 Bilbao

info@ihobe.eus

www.ihobe.eus

www.ingurumena.eus

EDICIÓN:

Abril 2020

CONTENIDO:

Este documento ha sido elaborado por TECNALIA, ORKESTRA y con la colaboración del Ente Vasco de la Energía (EVE), gracias a la financiación recibida en el marco de la convocatoria 2017-2018 de Ayudas Klimatek I+B+G para la realización de proyectos I+D, Innovación y demostración en adaptación al cambio climático.

índice

01. Introducción	05
02. Metodología	06
03. Información de partida	09
3.1. Escenarios climáticos	
3.2. Caracterización climática de la CAPV	
3.3. Caracterización del sistema energético de la CAPV	
04. Análisis de exposición y vulnerabilidad	12
05. Evaluación inicial del riesgo	13
06. Identificación de elementos prioritarios	14
07. Principales medidas de adaptación	16
7.1. Medidas de adaptación de la demanda	
7.2. Medidas de adaptación de la oferta	
7.3. Valoración económica de la adaptación al cambio climático de la infraestructura energética de la CAPV	
08. Glosario de términos	21

Índice figuras y tablas

Figuras

Figura 1. Modelo conceptual para la evaluación de los efectos del cambio climático.....	06
Figura 2. Relaciones entre los principales componentes que definen el riesgo	07
Figura 3. Modelo de Análisis	08
Figura 4. Representaciones de las trayectorias RCP según el Quinto Informe de Evaluación del IPCC	09
Figura 5. Localización de los elementos más relevantes del sistema energético de la CAPV.....	11

Tablas

Tabla 1. Agentes expertos consultados para cada subsector	12
Tabla 2. Resumen de los rangos de inversión que podrían ser necesarios para adaptar la infraestructura de la CAPV al cambio climático (millones de euros).....	18
Tabla 3. Matriz de Impacto Potencial: impacto potencial del cambio climático por cada tipo de elemento. Los números indican: 0: sin impacto; 1: impacto leve; 2: impacto medio; 3: impacto severo. El signo indica: (-) perjuicio y (+) beneficio para el sistema energético de la CAPV.....	19

01

Introducción

Tradicionalmente, la acción climática ha centrado sus esfuerzos en la mitigación, es decir, en la reducción de los gases de efecto invernadero (GEI). Sin embargo, este tipo de acciones no son suficientes, siendo necesario acompañarlas de una adecuada planificación de la respuesta a estos cambios que permitan adaptarse a las situaciones que generen dichos impactos.

La definición de las medidas orientadas hacia la adaptación al cambio climático dependerá del lugar y del contexto, por lo que su integración en las políticas sectoriales y locales existentes hará que sean más eficaces.

Poniendo el foco de atención en el sector de la energía en la CAPV, se observa cómo, a pesar de estar adquiriendo una importancia creciente, la introducción de la adaptación al cambio climático en el sector es aún incipiente.

Esto resulta contradictorio cuando se está ante un sector que podría verse muy afectado por el cambio climático en toda su cadena de valor y que desempeña un papel esencial en la eficiencia y resiliencia del País Vasco frente al cambio climático. Ello es debido a que se trata de uno de los sectores tractores de la CAPV y uno de los principales agentes emisores de GEI, sin olvidar su implicación e interdependencia con el resto de sectores de la economía.

No obstante, por sus características, el sector energético se ve también afectado por un contexto más allá del climático, que incluye variables como la regulación, el desarrollo tecnológico, la financiación y la economía, la conducta de los consumidores y la geopolítica, entre otros. A su vez, la evolución a futuro de estas variables también puede verse influida por el cambio climático, lo que tendrá un impacto “indirecto” en el sector energético. No menos cierta es la influencia de las tendencias internacionales, como los procesos de transición energética.

El planteamiento de medidas de adaptación al cambio climático pasa por analizar, en primer lugar, los elementos que componen el sistema en estudio: el energético y a qué amenazas climáticas están expuestos para, posteriormente, analizar su vulnerabilidad y los riesgos asociados. Esto es lo que se ha trabajado en este proyecto.

02

Metodología

El “Quinto informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático”¹ define el **riesgo** de los impactos **como la relación existente entre los sucesos o amenazas asociadas propiamente con el clima** (incluyendo los eventos extremos y

tendencias de cambio) y sus consecuencias (denominadas también resultados o impactos), que a su vez vienen determinadas por la vulnerabilidad y la exposición de los sistemas.

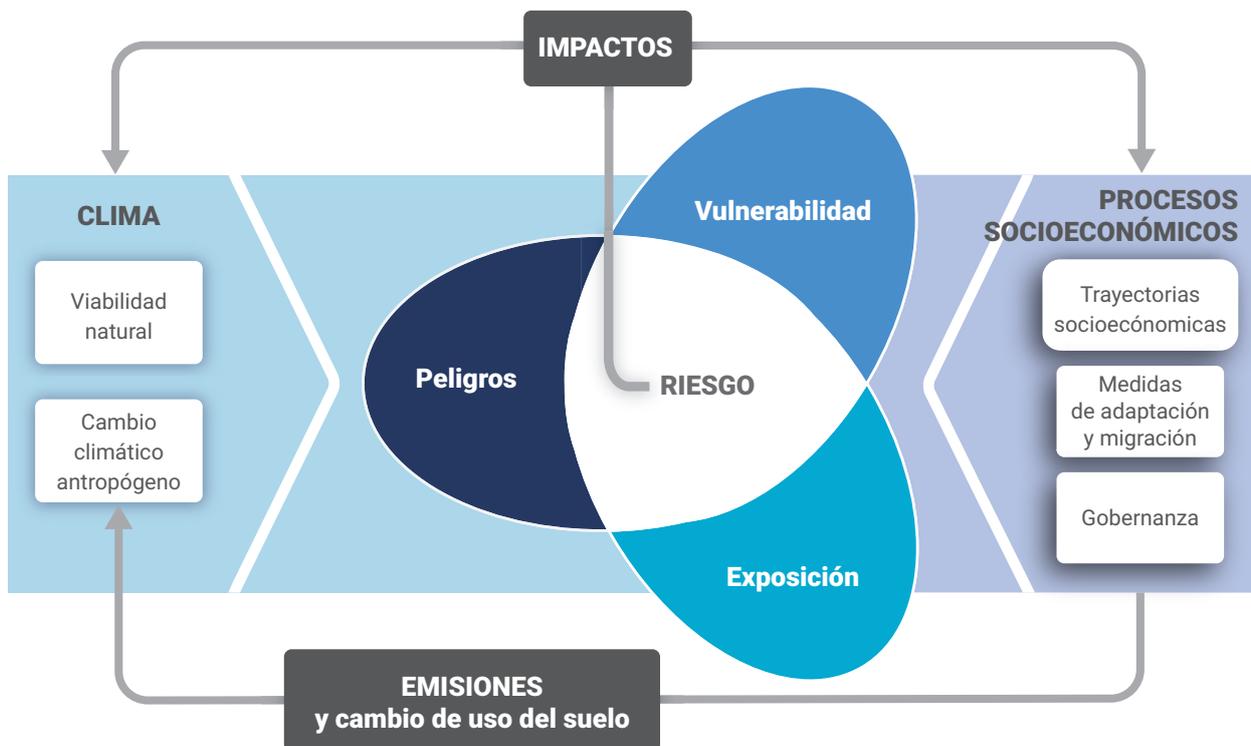


Figura 1. Modelo conceptual para la evaluación de los efectos del cambio climático. Fuente: *Quinto Informe de Evaluación del IPCC*.

Así, de forma general, los impactos climáticos sobre un sistema ocurren como consecuencia de su exposición a determinadas amenazas climáticas (cambio en las variables climáticas o en los eventos extremos). La sensibilidad del sistema establecerá si este se podría ver afectado. Una tercera variable, la capacidad adaptativa, determinará hasta qué punto este impacto constituye un riesgo para el sistema. De tal manera que un sistema vulnerable será aquel que, estando expuesto a una amenaza, es sensible a ella y carece de capacidades para hacerle frente y adaptarse. La intensidad de la amenaza, la probabilidad de

que esta tenga lugar y las consecuencias que este hecho tengan para el sistema definirán el riesgo. La aplicación de este marco conceptual del IPCC al ámbito empresarial y sectorial podría representarse tal y como se observa en la Figura 2.

Dentro de este marco conceptual propuesto por el IPCC, el modelo de análisis empleado en este proyecto nace de la aplicación del conocimiento y metodologías desarrolladas previamente. Comprende un total de 5 etapas, tal y como refleja en la figura 3.

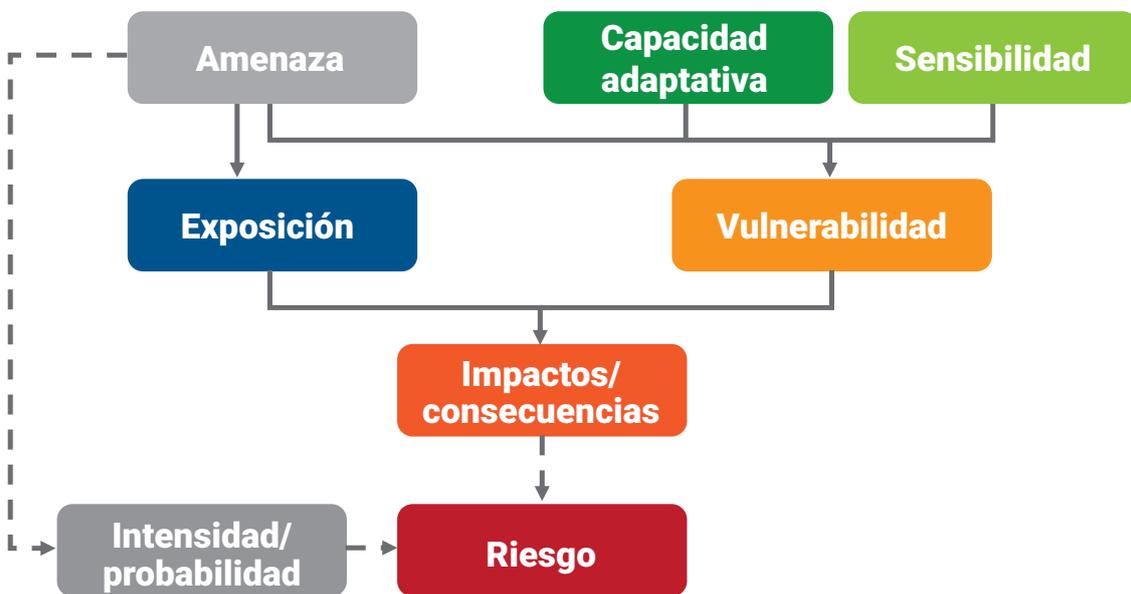


Figura 2. Relaciones entre los principales componentes que definen el riesgo. Fuente: Elaboración propia basada en el Proyecto RAMSES <http://www.ramses-cities.eu/home/>

¹ IPCC, 2014. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Final Draft IPCC WGII AR5.

1 Información de partida

- Definición de escenarios
- Mapeo de elementos del sistema energético Vasco y caracterización (actual y proyecciones)
- Datos climáticos en la CAPV (actual y proyecciones)
- Literatura

2 Análisis de exposición y vulnerabilidad

- **Resultado:** Matriz de Impacto Potencial
- **IIP:** Índice de Impacto Potencial

Escala del IIP: Índice Impacto Potencial		
Grado	Puntuación	
	Beneficio	Perjuicio
Sin riesgo	0	0
Leve	1	-1
Medio	2	-2
Severo	3	-3

- **Signo positivo:** beneficioso para el sistema
- **Signo negativo:** perjudicial para el sistema
- Definido en reuniones con agentes expertos

ELEMENTO/SUBSECTOR DEL SISTEMA ENERGÉTICO	AMENAZAS					
	Tª ambiente	Humedad	Viento	Tª agua	Disponibilidad de agua	...
RECURSOS						
Petróleo y derivados						
Gas Natural						
GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y TÉRMICA						
Térmica Ciclo Combinado						
Valenciación ISO						
Biogás						
Biomasa						
Cogeneración						
Edifica						
Hidráulica						
TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN						
Petróleo y derivados						
Gas Natural						
Electricidad						
CONSUMO FINAL						
Industrial						
Servicios						
Residencial						

IIP: Índice de IMPACTO POTENCIAL
Escala -3 a 3

3 Evaluación inicial del riesgo

- **Resultado:** Matrices de riesgo
- **Índice de riesgo** = f(IIP, Peso, ICA)
- **Peso:** Peso en el balance energético
- **ICA:** Índice Cambio Amenaza

ICA: Índice Cambio Amenaza		
Signo	Grado	Puntuación
Disminución	Disminución Grave	-3
	Disminución Importante	-2
	Disminución Mínima	-1
Neutro	Sin cambios significativos	0
	Aumento Mínimo	+1
Aumento	Aumento Importante	+2
	Aumento Grave	+3

PERO ACTUAL: Peso en el sistema energético actual (Mtep)	PERO 2030: Peso en el sistema energético de 2030 (Mtep)	PERO 2050: Peso en el sistema energético de 2050 (Mtep)	Elemento/Subsector del sistema energético	AMENAZAS					
				Tª ambiente	Humedad	Viento	Tª agua	Disponibilidad de agua	...
CAMBIO DE LA AMENAZA				Período 2011-2040 - RCP 4.5					
				Período 2045-2030 - RCP 4.5					
				Período 2011-2040 - RCP 8.5					
				Período 2045-2030 - RCP 8.5					
RECURSOS									
Petróleo y derivados									
Gas Natural									
GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y TÉRMICA									
Térmica Ciclo Combinado									
Valenciación ISO									
Biogás									
Biomasa									
Cogeneración									
Edifica									
Hidráulica									
TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN									
Petróleo y derivados									
Gas Natural									
Electricidad									
CONSUMO FINAL									
Industrial									
Servicios									
Residencial									

Primer valor de riesgo: IIP x ICA x PESO

4 Identificación preliminar de elementos prioritarios

- **Resultado:** Identificación de elementos prioritarios
- Basado en el análisis de las Matrices de Riesgo

5 Identificación preliminar de medidas de adaptación

- **Resultado:** Identificación preliminar de medidas de adaptación, horizonte temporal de implementación y coste orientativo
- Definido en colaboración con agentes expertos

Figura 3. Modelo de Análisis. Fuente: elaboración propia.

Información de partida

3.1. Escenarios climáticos

El clima es un sistema sumamente complejo en el que intervienen multitud de componentes y variables que se interrelacionan. Un componente importante del clima son las emisiones de GEI.

La comunidad científica ha definido un grupo de escenarios de emisiones denominados “**trayectorias de**

concentración representativas” (RCP Representative Concentration Pathways) utilizados para hacer proyecciones de evolución a futuro de los GEI.

Estas trayectorias representan el forzamiento radiativo² total calculado para el año 2100 respecto al año 1750 y han sido establecidas por el informe, “*Fifth Assessment Report*” (AR5), publicado en el año 2013 por el IPCC. En ellas se incluye un escenario de mitigación estricto (RCP 2.6), dos escenarios intermedios (RCP 4.5 y RCP 6.0), y un escenario con un nivel muy alto de emisiones GEI (RCP 8.5). En,

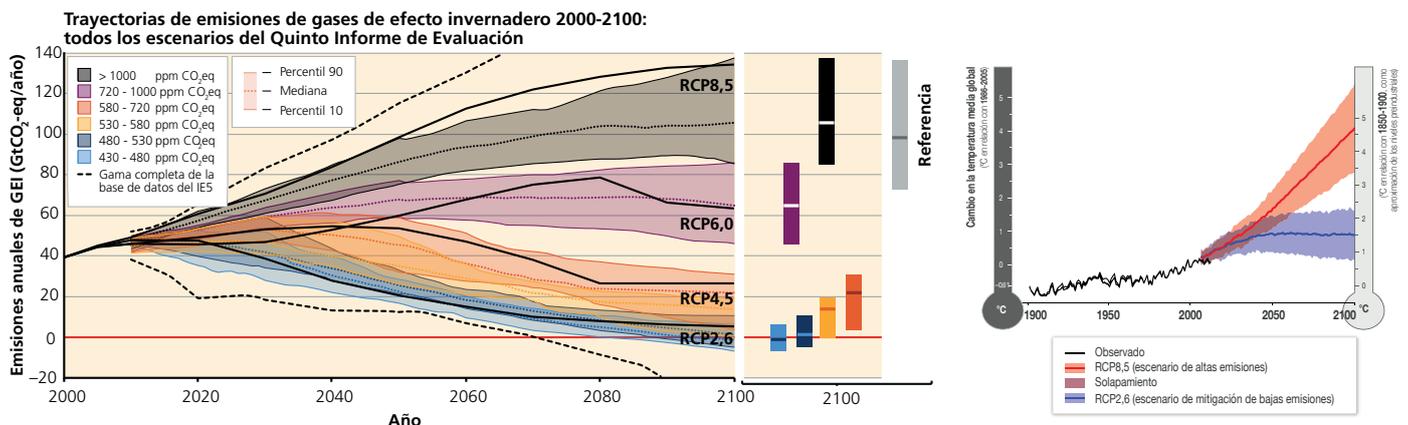


Figura 4. Representaciones de las trayectorias RCP según el Quinto Informe de Evaluación del IPCC.

² Se trata de un cambio en la radiación (calor) entrante o saliente de un sistema climático y puede estar producido por cambios en la radiación solar incidente, o por diferentes cantidades de gases radiativos.

concreto, para este trabajo, se manejaron las trayectorias **RCP 4.5** y **RCP 8.5** por considerarlas suficientemente representativas.

Asimismo, este trabajo consideró dos horizontes temporales de corto y medio plazo: 2030 y 2050. Para ello se combinan los escenarios climáticos con las fuentes de datos climáticos del horizonte temporal a corto plazo 2011-2040 y a medio plazo 2041-2070.

3.2. Caracterización climática de la CAPV

El proceso de identificación de riesgos debe comenzar por un conocimiento detallado de las condiciones climáticas actuales y de las posibles tendencias climáticas que podrían suponer una amenaza para el sector objeto de estudio en los escenarios considerados. En este sentido, se ha comenzado identificando qué variables climáticas son de relevancia para el sector energético en el ámbito de la CAPV. Para la evaluación inicial se han considerado relevantes las siguientes variables:

- Temperatura ambiente
- Humedad relativa
- Viento
- Temperatura del agua
- Disponibilidad de agua, caudales
- Precipitación
- Presión atmosférica
- Radiación
- Nivel del mar e inundaciones costeras
- Inundaciones fluviales
- Olas de calor, olas de frío
- Tormentas (tormenta eléctrica, precipitación y viento extremo, ...)
- Golpes de mar
- Incendios forestales
- Deslizamientos de tierra y erosión

Teniendo en cuenta lo anterior, el índice de cambio de amenaza (ICA), pretende valorar la forma en que cambiarán las condiciones climáticas en el futuro con respecto a la situación de referencia, en base a dos criterios: el rango de variabilidad anual y la clasificación climática asignada.

Se prevén cambios en la mayoría de las variables, sin embargo, es en temperatura ambiente a medio plazo (2041-2070) donde se observan los mayores cambios y algo menores en olas de calor/frío, inundaciones fluviales (estas ya desde el corto plazo, 2011-2040) y nivel del mar.

Los cambios previstos en el corto plazo para el escenario 4.5 suponen un ligero aumento de la mayor parte de las variables climáticas con excepción destacable de la precipitación y consecuentemente de la disponibilidad del agua. Estos cambios son un poco más acusados en el escenario RCP 8.5, donde estas dos variables, junto con la relativa a la humedad, no solo no varían, sino que decrecen. A medio plazo, las diferencias entre ambos escenarios, se encuentran principalmente en una ligera caída de la humedad relativa y del viento en el escenario RCP 8.5, frente al aumento en el RCP 4.5.

3.3. Caracterización del sistema energético de la CAPV

La caracterización del sistema energético comienza con la identificación de los elementos que lo conforman, teniendo en cuenta las fuentes o recursos energéticos; el suministro de energía y el uso y demanda final de la misma. Así, se ha desglosado finalmente la actividad energética en la CAPV en los elementos siguientes:

Recepción de recursos:

- Terminal marítima (atraque de buques)

Recursos:

- Petróleo y derivados
 - Carga y descarga
 - Refino
 - Almacenamiento (en puerto y en interior)
- Gas Natural:
 - Carga y descarga
 - Regasificación
 - Almacenamiento

Generación de energía eléctrica y térmica:

- Térmica de ciclo combinado (refrigeración por agua y aire)
- Valorización de residuos (residuos urbano)
- Biogás
- Biomasa
- Cogeneración
- Eólica (*on-shore* y *off-shore*)
- Hidráulica
- Solar fotovoltaica
- Solar térmica
- Geotermia
- Marina (fija y flotante)

Transporte y distribución:

- Petróleo y derivados (regional y exportación)
- Gas natural (regional y exportación)
- Electricidad (regional de tipo aéreo y subterráneo e importación)

Consumo final:

- Industrial
- Transporte
- Primario
- Servicios
- Residencial

Este estudio ha requerido conocer la ubicación de la infraestructura y el “peso” de cada uno de los elementos (con base en el balance energético), para priorizar acciones a futuro en base a lo crítico que puede llegar a ser que una determinada actividad se vuelva inoperativa. La Figura 5 muestra gráficamente parte de esta información.

Para obtener los “pesos” de los diferentes elementos, se han definido los balances energéticos para los tres horizontes temporales del estudio: periodo de referencia

(basado en el balance del año 2015³), periodo 2011 2040 (basado en el balance energético del año 2030) y 2041 2070 (basado en el balance energético del año 2050).

En base a los balances energéticos puede indicarse que, por el lado de la oferta, las actividades relacionadas con el petróleo y sus derivados (actividad portuaria, refino, almacenamiento, transporte y distribución) van a reducirse de manera muy considerable a 2050 respecto a 2015, si bien se espera que previamente, en 2030 se produzca un pequeño aumento. El gas va a continuar aumentando su relevancia hasta 2030, llegando casi a duplicar su peso. En electricidad, si bien la potencia de generación no va a aumentar demasiado, principalmente lo harán las fuentes renovables; sí se espera que la actividad de las redes de transporte y distribución adquieran una mayor relevancia para garantizar el suministro.

Por el lado del consumo, no se esperan grandes variaciones a 2030, salvo una ligera reducción del consumo en el transporte y en los sectores servicios y residencial. A 2050, se prevé una reducción del mismo en los sectores industrial y transporte y un ligero aumento en los sectores primario, servicios y residencial.

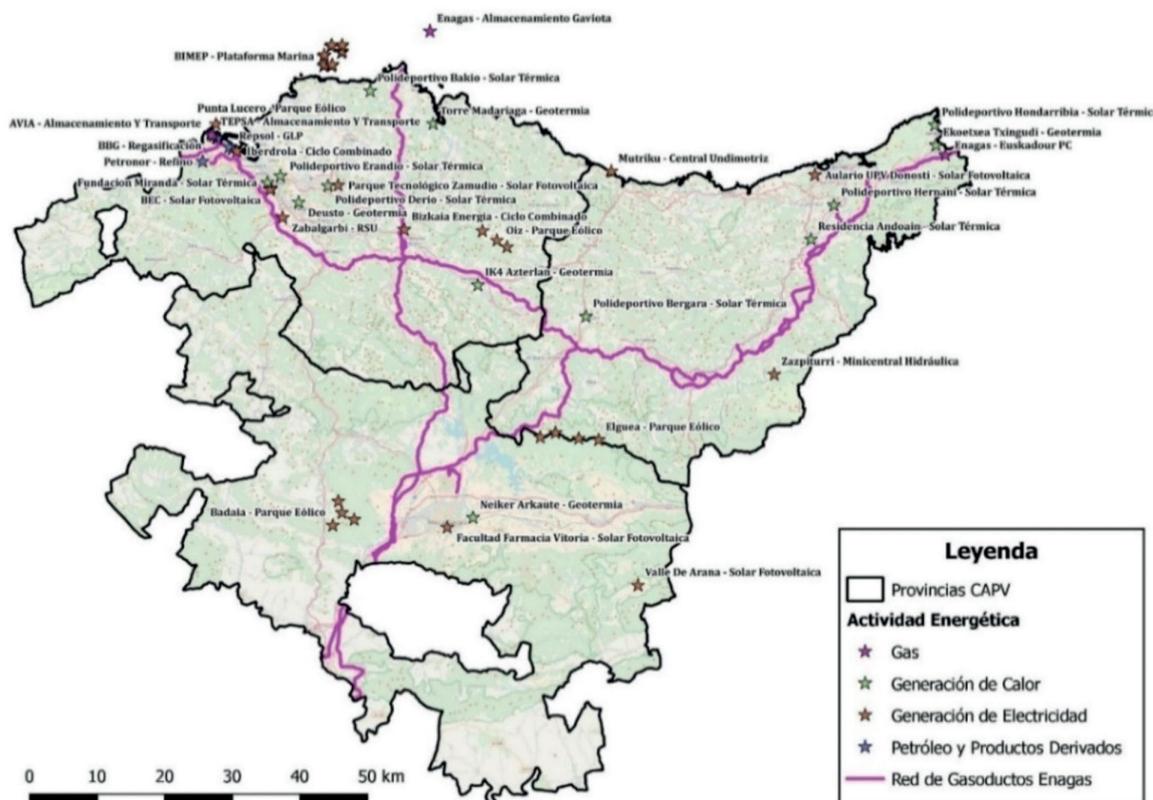


Figura 5. Localización de los elementos más relevantes del sistema energético de la CAPV.

³ Se ha tomado el año 2015 como referencia, porque es el año base de la estrategia 3E-2030.

04

Análisis de exposición y vulnerabilidad

El segundo paso del análisis contempla una primera evaluación del impacto de las amenazas climáticas identificadas sobre los elementos del sistema energético de la CAPV. Para ello, se ha cruzado la localización de la infraestructura (que determina su **exposición** a las amenazas), el grado en el que cada elemento se podrá ver afectado (su **sensibilidad**) y su capacidad para hacer frente y adaptarse a esos impactos identificados (su **capacidad adaptativa**⁴). Estos dos últimos términos determinan la **vulnerabilidad** del elemento en estudio. Para evaluar todo ello, se recogió opinión experta mediante una serie de reuniones con un conjunto de agentes representativo de los subsectores considerados.

La información obtenida en estas entrevistas fue analizada y agregada, obteniendo la llamada “*Matriz de Impacto Potencial*” (Tabla 3). Esta recoge de forma concisa la potencial propensión o predisposición de los elementos del sistema energético de la CAPV a verse afectados por una variación en las variables climáticas consideradas, mostrando si su efecto tiene carácter beneficioso o perjudicial. Para ello, se empleó el **Índice de Impacto Potencial (IIP)**, que permite valorar hasta qué punto los elementos están expuestos a las amenazas climáticas y cómo de vulnerables son a estas. Este índice varía en entre -3 (riesgo severo, perjudicial) y +3 (riesgo severo, beneficioso).

Subsector/actividad	Agente consultado
Refino	PETRONOR
Almacenamiento y transporte de productos petrolíferos	CLH
Almacenamiento y regasificación de GNL	BEG
Almacenamiento y transporte gas natural	ENAGAS
Distribución de GNL y GLP	NORTEGAS
Ciclo combinado de GN	BBE
Valorización de residuos	ZABALGARBI
Demanda final, renovables y cogeneración	EVE
Distribución de energía eléctrica	IBERDROLA
Transporte de energía eléctrica	REE

Tabla 1. Agentes expertos consultados para cada subsector.

⁴ La capacidad adaptativa puede actuar disminuyendo/eliminando la sensibilidad del elemento a la amenaza o disminuyendo/eliminando su exposición.

05

Evaluación inicial del riesgo

La evaluación preliminar del riesgo da una idea de los **riesgos potenciales** a los que se enfrenta el sistema energético de la CAPV y facilita la identificación de los **elementos prioritarios**, es decir, de aquellos elementos para los que puede ser más necesario realizar un análisis de riesgo detallado. Un elemento se considera elemento prioritario cuando tiene un peso importante en el balance energético y se prevé que se vea muy afectado por los cambios previstos en el clima.

Para evaluar todo esto, se han generado una serie de matrices de riesgo⁵ que muestran el resultado de introducir en el análisis la contribución de cada elemento al sistema energético y la evolución prevista de las amenazas consideradas en la CAPV.

⁵ Una para cada escenario que combina el período (2011-2040 o 2041-2070) y el escenario climático (RCP 4.5 y RCP 8.5).

06

Identificación de elementos prioritarios

El sistema energético vasco desde el lado de la oferta resulta ser muy vulnerable al cambio climático, en especial a acontecimientos más extremos como olas de frío y calor y tormentas.

El aumento del nivel del mar e inundaciones costeras y fluviales son amenazas que, obviamente, están muy ligadas a localizaciones concretas, repercutiendo más a las infraestructuras geográficamente ubicadas en costa o cerca de ríos. En determinados casos, estas amenazas pueden afectar de manera decisiva a la infraestructura, que, no contando con una medida de adaptación adecuada, podría quedar completamente inutilizable. Sin embargo, en ocasiones, su repercusión se observa, más que en la instalación en sí, en el acceso a la misma.

En lo que se refiere a cambios graduales, son la mayor temperatura ambiente y la menor disponibilidad de agua las amenazas con mayor influencia.

Modificaciones en la radiación, únicamente afectarían a la generación fotovoltaica (por su incidencia directa en la producción de los paneles), en menor medida a la geotermia (por el aumento de la temperatura) y a las actividades de transporte y distribución eléctrica fundamentalmente cuando son aéreas.

Atendiendo al tipo de infraestructura, las más vulnerables sería las instalaciones térmicas de generación eléctrica y las redes eléctricas de transporte y distribución. Conviene prestar una atención especial al caso de las redes eléctricas en la medida en que la tendencia es avanzar hacia una mayor electrificación del sistema energético.

Teniendo en cuenta la potencia instalada en generación en la CAPV⁶ y la necesidad de “importar” dos tercios del consumo de electricidad⁷, estas van a desempeñar un papel muy relevante en el futuro.

La energía solar térmica y la geotermia para generación de calor (calefacción, ACS) pueden verse positivamente afectadas por las tendencias climáticas, con lo que, podrían constituir una alternativa a otras fuentes energéticas convencionales en el ámbito de la calefacción.

Dada su ubicación geográfica, la mayor parte de las actividades localizadas en la zona portuaria podrían estar en riesgo como consecuencia de un aumento del nivel del mar. En general, disponen de muy pocas oportunidades de adaptación factibles.

Por el lado del consumo de energía, se produce una contradicción, en la medida en que la mayor parte de las amenazas llevarían a un aumento del consumo, en contra de lo que se plantea en las políticas de energía y clima,

⁶ En 2017, el 81,5% de la potencia instalada en la CAPV era térmica (ciclos combinados y cogeneración). En 2016 el 72,6% de la generación eléctrica fue convencional (ciclos combinados y cogeneración).

⁷ En 2016, el 63,9% de la electricidad consumida se “importó”.

cuyo objetivo es reducir las necesidades energéticas. El consumo del sector residencial es el que se podría ver menos afectado por los cambios en el clima, en parte debido a su capacidad para adaptarse, mayor que en el resto de sectores. Por su parte, el sector servicios es el que puede aportar una reducción del consumo debido, principalmente, a una menor actividad asociada a climas más desapacibles, con el impacto que esto supondría en la economía.

Por su parte, a pesar de que la industria ha realizado importantes inversiones en eficiencia energética en los últimos años, podría ver reducida la eficiencia energética de sus procesos como consecuencia de los incrementos de temperatura previstos. No obstante, aumentos en el viento podrían suavizar o contrarrestar este efecto, por los beneficios que podría suponer para sus procesos de refrigeración. El transporte es el sector de consumo que mayor impacto potencial podría sufrir ante el cambio climático, debido a una mayor demanda de energía, ocasionada principalmente por factores relacionados con el comportamiento de los usuarios.

A futuro, **la consecución de los objetivos, de las estrategias energéticas del Gobierno Vasco, podrían verse muy influenciada por el cambio climático**, dadas las perspectivas que indican una tendencia a que se demande más energía.

No obstante, teniendo en cuenta los compromisos en términos de reducción de emisiones y de consumo y de incremento de la penetración de renovables, la vulnerabilidad en un futuro podría disminuir con el posible “cierre” de instalaciones y su sustitución por otras más adaptadas a los nuevos requerimientos. Es decir, se podría avanzar hacia un sistema energético más sostenible que dotara al sector de una mayor resiliencia frente al cambio climático.

En este sentido, se ha observado que la infraestructura de generación a partir de recursos renovables podría ser más resiliente a los cambios en el clima que acompañan al cambio climático. Sin embargo, en este escenario de futuro, habría que analizar en detalle la situación de las redes eléctricas y el impacto de un posible aumento de la demanda.

07

Principales medidas de adaptación

A la vista de estos resultados, es posible plantear una primera batería de medidas que permitan mejorar la capacidad de respuesta del sector a las amenazas planteadas. Esta identificación de medidas se acompañó de una valoración del coste económico que podría suponer la adaptación.

La adaptación puede realizarse de diferentes maneras. Por un lado, pueden modificarse las especificaciones de los activos sujetos a un criterio de reposición. Por otro, se puede realizar una adaptación de la infraestructura mediante la sustitución de la misma por otra ya adaptada. Este tipo de medidas puede tener un elevado impacto económico si se tiene en cuenta la vida útil de la infraestructura energética. Por ello, parece razonable pensar que las medidas de adaptación se van a ir introduciendo de manera gradual.

No obstante, no se debe obviar que hay que tener en cuenta que el aumento de acontecimientos que perjudican la actividad reduciría los períodos de recuperación de las inversiones. También es cierto que entre las medidas de adaptación podría haber alguna que no fuera económicamente viable para los gestores de la infraestructura. En todo caso, la selección final de las medidas de adaptación a implementar debería ir precedida de un estudio de detalle de cada actividad concreta que permita afinar los riesgos potenciales.

7.1. Medidas de adaptación de la demanda

Por el lado del sector residencial, entre las medidas de adaptación más habituales que se han detectado, estaría el posible aumento en la instalación de equipos de aire acondicionado que no eran necesarios hasta ahora. Más compleja resultaría la adaptación de determinadas instalaciones críticas como los hospitales.

Para todo ello, se podría plantear la adopción de medidas de rehabilitación de edificios que incluyan modificaciones de aislamiento, lo que, si bien es conveniente, es en ciertos casos difícilmente justificable por el elevado coste que suponen estas obras.

Por el lado de la industria y el transporte, la situación resulta más compleja, de nuevo por el coste. A pesar del impacto que podría tener el aumento de temperatura sobre su operación, podría no llegar a justificar la necesidad de invertir en equipos más eficientes. En este sentido, se podría plantear la opción de realizar una sustitución paulatina los equipos, por otros adaptados a las nuevas condiciones climáticas. En la industria en particular, en determinadas ocasiones y según lo crítico que pudiera resultar un corte de suministro eléctrico, podría plantearse la adquisición de equipos electrógenos o la construcción de una línea de suministro energético alternativa.

Por su parte, en el caso del transporte, se podría promover la adaptación de marquesinas y la renovación de las flotas de vehículos de transporte público por otras más cómodas para los usuarios, de manera que, ante aumentos de temperatura, precipitación, tormentas, etc. mantengan su preferencia por este tipo de transporte.

En el sector de la agricultura no se han podido detectar medidas de adaptación al aumento de temperatura ambiente más allá de la compra de maquinaria más eficiente o la adaptación de las instalaciones, en la línea de lo comentado anteriormente.

En lo que se refiere a impactos de menor relevancia (ocasionados por una reducción de la disponibilidad de agua, aumento del nivel del mar, inundaciones fluviales, etc.) las medidas de adaptación son más variadas dependiendo de la amenaza y del sector de consumo. De esta manera, en la industria y en el sector servicios puede plantearse el uso de grupos electrógenos ante cortes en el suministro de electricidad por tormentas. Una menor disponibilidad de agua, en el sector industrial podría afectar a la refrigeración, planteándose la posibilidad de implantar sistemas de refrigeración por aire. En el sector residencial, se podrían realizar modificaciones en la red de suministro. Ante la posibilidad de mayor frecuencia de incendios forestales, en el sector primario se debería promover el desarrollo de cortafuegos.

Teniendo en cuenta los objetivos adoptados de reducción del consumo energético y la problemática y cambio del contexto climatológico, que puede llevar a un mayor consumo energético (ya sea por pérdida de eficiencia de los equipamientos como por una búsqueda del confort de los consumidores), la adopción de medidas de economía circular podría ser una alternativa con impacto positivo sobre el nivel de consumo de energía en todos los sectores contemplados en el estudio.

7.2. Medidas de adaptación de la oferta

El riesgo potencial al que la infraestructura ubicada en la zona portuaria podría estar expuesta ante un aumento del nivel del mar plantea una situación ante la que no se ven medidas de adaptación aplicables, al menos en el corto plazo.

En el caso de la cogeneración, se necesitaría investigar para mejorar el rendimiento de las máquinas ante temperaturas más elevadas u optar por el cambio de sistemas de refrigeración.

Para las redes eléctricas de transporte y distribución, se plantean medidas como el cambio del trazado de las líneas para evitar zonas inundables, incluyendo, la elevación e impermeabilización de los equipos (centros de transformación, subestaciones, etc.); la promoción de la eficiencia energética y el uso de conductores de resistencia más elevada; y la mejora de la eficiencia del equipamiento de centros de transformación y subestaciones (transformadores, equipos de medida, etc.).

En el transporte y almacenamiento de derivados del petróleo, se plantea el rediseño de la red de evacuación de agua en las zonas donde se ubican los depósitos y la posibilidad de construir sistemas de drenaje adicionales en caso de estar expuestos a riesgo de inundación. También se plantea la instalación de compresores de mayor capacidad.

Además de las anteriores, y aunque *a priori* asociadas a niveles de riesgo menores, se podrían mencionar también otras medidas que se han observado en varias de las actividades analizadas:

- Ante problemas en el atraque de buques, se podría adaptar la política de compras, modificar el ritmo de producción o aumentar la capacidad de almacenamiento.
- En lo que se refiere a disponibilidad del agua, se podría plantear la optimización de su consumo y, en el caso de la hidráulica, se debería organizar la gestión de los embalses.
- Frente a un incremento de la temperatura ambiente, el desarrollo de nuevos sistemas de refrigeración o la adaptación de los existentes son alternativas viables.
- Ante incendios forestales, tormentas y deslizamientos de tierra, se debería considerar el reforzamiento de la infraestructura existente o la construcción de nueva infraestructura más robusta, así como la limpieza de vegetación y la ampliación de franjas cortafuegos.

Por último, para algunos riesgos de carácter más excepcional, se pueden plantear algunas medidas como, incluir equipos auxiliares (por ejemplo, quemadores para arrancar automáticamente si la temperatura se redujera), instalar bombas auxiliares para evacuar el agua ante inundaciones, buscar sistemas alternativos para garantizar el suministro de agua, etc. En este caso, las medidas son menos generales y más adaptadas a cada infraestructura y, como en los casos anteriores, deben ser definidos tras estudios de detalle específicos.

En todos los casos, se plantea la necesidad de introducir las proyecciones climáticas futuras como sistema de apoyo en la elaboración de planes de estudio y rediseños.

7.3. Valoración económica de la adaptación al cambio climático de la infraestructura energética de la CAPV

Teniendo en cuenta las medidas de adaptación detectadas, se realizó una valoración económica de las mismas, sobre la base de datos de informes públicos que luego se contrastó con los diferentes agentes expertos consultados en tareas anteriores del proyecto.

La siguiente tabla recoge los costes asociados a las diferentes medidas identificadas en el estudio clasificados según el nivel de riesgo potencial al que harían frente. Como se puede observar, son aquellas medidas para adaptar la infraestructura expuesta a un mayor nivel de riesgo las que podrían requerir inversiones más elevadas. Ello se debe a que, si bien hay más medidas ante riesgos medios y bajos, estas no están valoradas por la bibliografía revisada.

Para contextualizar las cifras anteriores, el sector eléctrico y gasista español invirtió en activos materiales en 2017 3.663 millones de euros. Por su parte el sector del refino de petróleo invirtió dicho año 865 millones de euros. En total, el volumen de inversiones del sector energético ascendió al 0,35% del PIB español. En la CAPV, se invirtieron 102,5 millones de euros en el sector eléctrico y gasista (frente a los 189 millones de euros de 2016), lo que supuso el 5,3% de la inversión industrial.

Si se tiene en cuenta la relevancia que a futuro se espera que tenga la electricidad en el mix energético del país y, en el caso particular de la CAPV, dada la escasez de oferta eléctrica en el territorio, es clara la necesidad de disponer de una infraestructura robusta para hacer frente a los incrementos de demanda esperados, siendo necesaria una profunda revisión de la retribución de estas actividades establecida por normativa. Deloitte ha estimado entre 38.000 y 46.000 millones los costes de adaptar las redes eléctricas a la transición energética (Servimedia (2018)). Las inversiones en redes eléctricas en España generarán más de 40.000 empleos⁹. A pesar de lo anterior, no se debe desdeñar la importancia del conjunto de la infraestructura energética de la CAPV más allá de las redes eléctricas.

	Mínimo	Máximo
Riesgos severos	1.325	2.375
Riesgos medios	240	450
Riesgos bajos o muy bajos	260	510
TOTAL	1.825	3.335

Tabla 2. Resumen de los rangos de inversión que podrían ser necesarios para adaptar la infraestructura de la CAPV al cambio climático (millones de euros)⁸.

⁸ Conviene señalar que, si se implementaran todas las medidas de adaptación identificadas, los costes totales podrían reducirse en un 20%-25%, debido a que, por ejemplo, existen medidas que pueden adoptarse para adaptar una infraestructura ante un riesgo, que permitiría adaptarla ante otros.

⁹ <https://www.eleconomista.es/economia/noticias/8965136/02/18/Las-inversiones-en-redes-electricas-en-espana-generaran-mas-de-40000-empleos.html>.

Variable/evento climático
Hipótesis de INCREMENTO en todas las variables con el CC

Elemento del sistema energético	Tª ambiente	Humedad	Viento	Tª agua	Disponibilidad de agua-caudal	Precipitación	Presión	Radiación	Nivel del mar e inundaciones costeras	Inundaciones fluviales	Olas calor/Olas de frío	Tormentas ¹⁰	Incendios forestales	Golpes de mar	Deslizamientos de tierra y erosión
RECEPCIÓN DE RECURSOS (signo + implica que favorece a la actividad)															
Terminal marítima (ataque)												-3		-3	
RECURSOS (signo + implica aumento de actividad)															
Petróleo y derivados - Carga y descarga								-2							
Petróleo y derivados - Refino	-2			-1	3	-2				-3	-2	-3			
Petróleo y derivados - Almacenamiento (en puerto)	-1							-2			-2	-2		-2	
Petróleo y derivados - Almacenamiento (en interior)	-1				2	-2				-2	-2	-2			
Gas Natural - Carga y descarga								-1							
Gas Natural - Regasificación	-1	-1		1				-2			-1	-2			
Gas Natural - Almacenamiento	-1							-2			-1	-2		-2	
GENERACION DE ENERGIA ELÉCTRICA Y TÉRMICA (signo + implica aumento de generación)															
Térmica Ciclo Combinado (refrig. agua, tipo BBE)	-1			-1	1			-1			-1	-2		-1	
Térmica Ciclo Combinado (refrig. aire, tipo Boroa)	-2				2						-2	-2			
Valorización residuos	-1	-1		-1	3	-1	-1			-2	-2	-2	-2		-2
Biogás	-2				3			-1	-1	-3	-1	-2	-2	-2	-2
Biomasa	-2				3			-1	-1	-3	-1	-2	-2	-2	-2
Cogeneración	-2				3			-1	-1	-3	-1	-2	-2	-2	-2
Eólica (on-shore)	-2	-2	3				-2				-2	-3	-3		-3
Eólica (off-shore)	-2	-2	3				-2				-2	-3		-3	
Hidráulica					3					-2			-3		-3
Solar fotovoltaica	-2							3			-2	-3			
Solar térmica (generación de calor)	3			2							3	-3			
Geotermia	2	2		2		1		1			2				-3
Marina (fija)									-1			-3		-3	
Marina (flotante)												-3		-2	

¹⁰ Tormenta eléctrica y viento y lluvia extremos.

Variable/evento climático
Hipótesis de INCREMENTO en todas las variables con el CC

Elemento del sistema energético	Tª ambiente	Humedad	Viento	Tª agua	Disponibilidad de agua-caudal	Precipitación	Presión	Radiación	Nivel del mar e inundaciones costeras	Inundaciones fluviales	Olas calor/Olas de frío	Tormentas ¹⁰	Incendios forestales	Golpes de mar	Deslizamientos de tierra y erosión
TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN (signo + implica que favorece a la actividad)															
Petróleo y derivados									-1	-2	-1	-1			
Petróleo y derivados exportación									-1	-2	-1	-1			
Gas Natural									-2	-2	-1	-2	-1	-2	-1
Gas Natural - exportación									-2	-2	-1	-2	-1	-2	-1
Electricidad (líneas y equipamiento aéreo)	-2		2					-1	-2	-3	-3	-2	-3		-3
Electricidad (líneas y equipamiento subterráneo)									-2	-3			-3		-3
Electricidad - importación	-2		2					-1	-2	-3	-3	-2	-3		-3
CONSUMO (signo + implica disminución de consumo)															
Industrial	-2		2	-1	1				-1	-1	-2	-2	-1	-1	-1
Transporte	-2	-2	-2			-2	-2		-1	-1	-2	-2	-1	-1	-1
Primario	-2	-2			2	2			-1	-1	-2	-2	-2	-1	-2
Servicios	-3		-2		1	-2			1	1	-3	2	1	1	1
Residencial	-3		-2	1		-2					-3	-2			

Tabla 3. Matriz de Impacto Potencial: impacto potencial del cambio climático por cada tipo de elemento. Los números indican: 0: sin impacto; 1: impacto leve; 2: impacto medio; 3: impacto severo. El signo indica: (-) perjuicio y (+) beneficio para el sistema energético de la CAPV.

8

Glosario de términos

Amenazas climáticas

Cambio en las variables climáticas o en los eventos extremos.

Capacidad adaptativa

Evalúa la capacidad existente para adaptarse a los impactos del cambio climático identificados. Puede actuar disminuyendo/eliminando la sensibilidad del elemento/actividad a la amenaza o disminuyendo/eliminando su exposición.

Exposición

Evalúa la presencia del elemento/actividad en lugares y entornos que podrían verse afectados por la variabilidad climática o cambio del clima (amenaza climática).

Forzamiento radiativo

Se trata de un cambio en la radiación (calor) entrante o saliente de un sistema climático y puede estar producido por cambios en la radiación solar incidente, o por diferentes cantidades de gases activos radiativos.

Índice Cambio Amenaza (ICA)

Proporciona una escala [entre -3 (disminución grave) y +3 (aumento grave)] que permite valorar el grado de cambio proyectado para las variables o eventos climáticos con respecto a las condiciones actuales, estableciendo la gravedad del cambio en base: (1) al rango de variabilidad anual: que la variable se mantenga o no dentro de su rango habitual y (2) la clasificación climática asignada: que la

variable alcance valores más propios de una zona climática diferente a la asignada actualmente.

Índice de Impacto Potencial (IIP)

Permite valorar hasta qué punto los elementos están expuestos a las amenazas climáticas y cómo de vulnerables son a estas. Este índice varía en una escala que va entre -3 (riesgo severo, perjudicial) y +3 (riesgo severo, beneficioso).

Matriz de Impacto Potencial

Recoge, mediante un índice (IIP), la combinación en un único valor de la exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa de cada elemento frente a cada amenaza.

Matrices de Riesgo (una por cada escenario considerado)

Recogen el producto de tres factores IIP, ICA y el peso. Estas matrices dan una idea de los riesgos potenciales a los que se enfrenta el sistema energético de la CAPV, proporcionando una información esencial para la priorización de aquellos elementos que podría ser necesario analizar con mayor grado de detalle en el futuro.

Peso

Expresado en ktep, representa la relevancia de cada elemento en el sistema y permite dar una idea de lo crítica que puede ser para el sistema una interrupción en su operación. Para cada escenario, su definición se realiza en base al balance energético del periodo considerado.

Riesgo de los impactos

Se define como la relación existente entre los sucesos o amenazas asociadas propiamente con el clima (incluyendo los eventos extremos y tendencias de cambio) y sus consecuencias (denominadas también resultados o impactos), que a su vez vienen determinadas por la vulnerabilidad y la exposición de los sistemas.

Sensibilidad

Evalúa el grado en el que se ve afectado el elemento/actividad por la variabilidad climática o cambio del clima (amenaza climática).

Vulnerabilidad

Define el grado en el que se ve afectado un sistema por un determinado suceso.

EUSKO JAURLARITZA



GOBIERNO VASCO

INGURUMEN, LURRALDE PLANGINTZA
ETA ETXEBIZITZA SAILA

DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE,
PLANIFICACIÓN TERRITORIAL Y VIVIENDA

www.ihobe.eus
www.ingurumena.eus