Aplicación Práctica de las Orientaciones Técnicas de la Comisión Europea sobre la Defensa del Cambio Climático en Proyectos de Energía Renovables de más de 10 millones de euros

TYPSA

Septiembre-2025

European Investment Bank | Advisory

Jaspers
Joint Assistance to Support Projects in European Regions

INTRODUCCIÓN

- Presentación y calendario de formaciones previsto: Dirección General de Fondos Europeos
- Presentación de los trabajos de la consultoría: EIB Advisory
- Presentación Equipo: TYPSA
- Objetivos del webinar

- 15/10/2025

Residuos

- 29/10/2025

Próximos Webinar Sectoriales

Agua

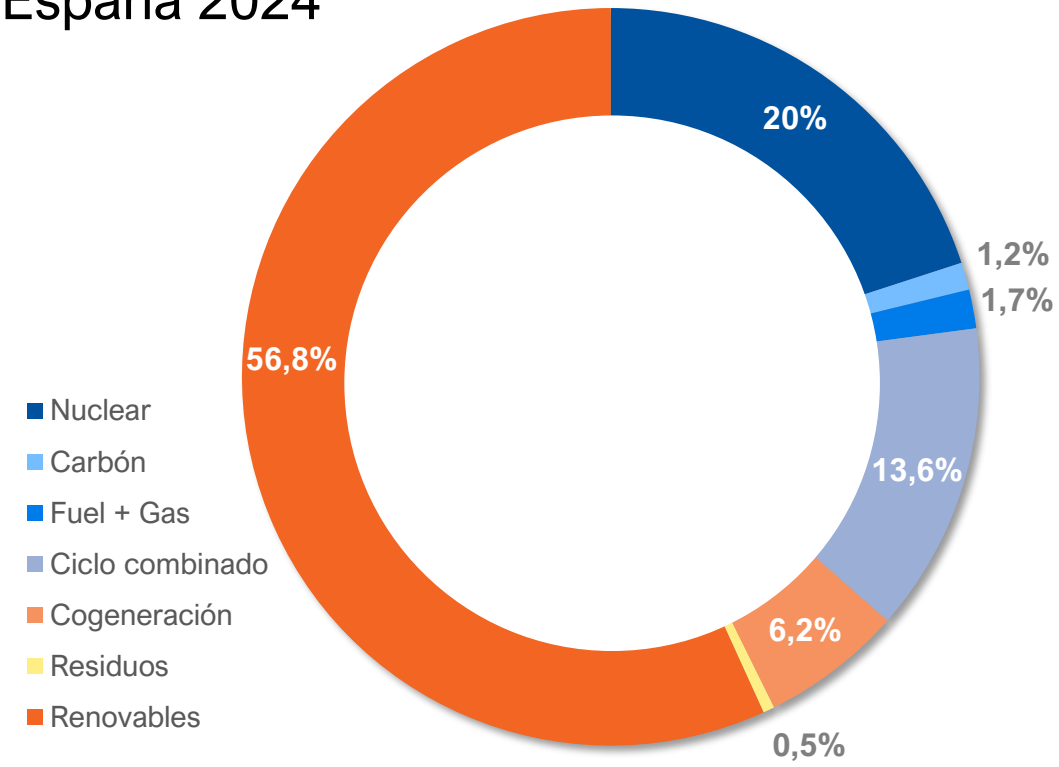
- 05/11/2025

Transportes

- 19/11/2025

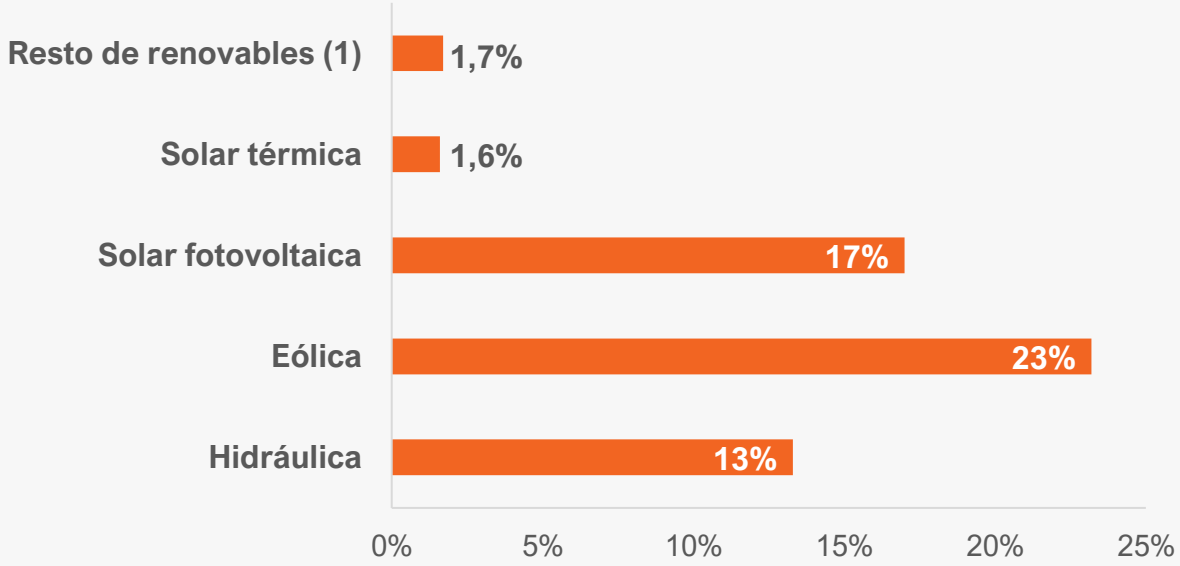
Mix de generación de energía eléctrica

España 2024



Informe REE 2024

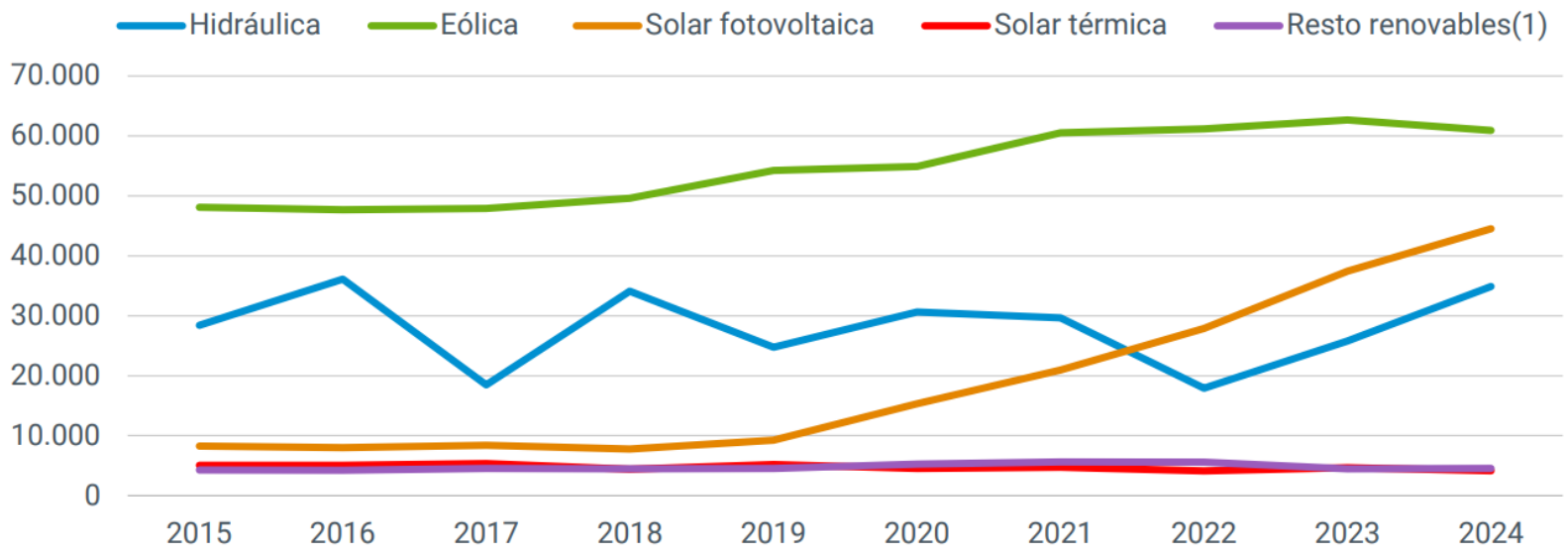
Renovable respecto al total



(1) Incluye biogás, biomasa, geotérmica, hidráulica marina, hidroeólica y residuos renovables.

Evolución de la generación de energía renovable (GWh)

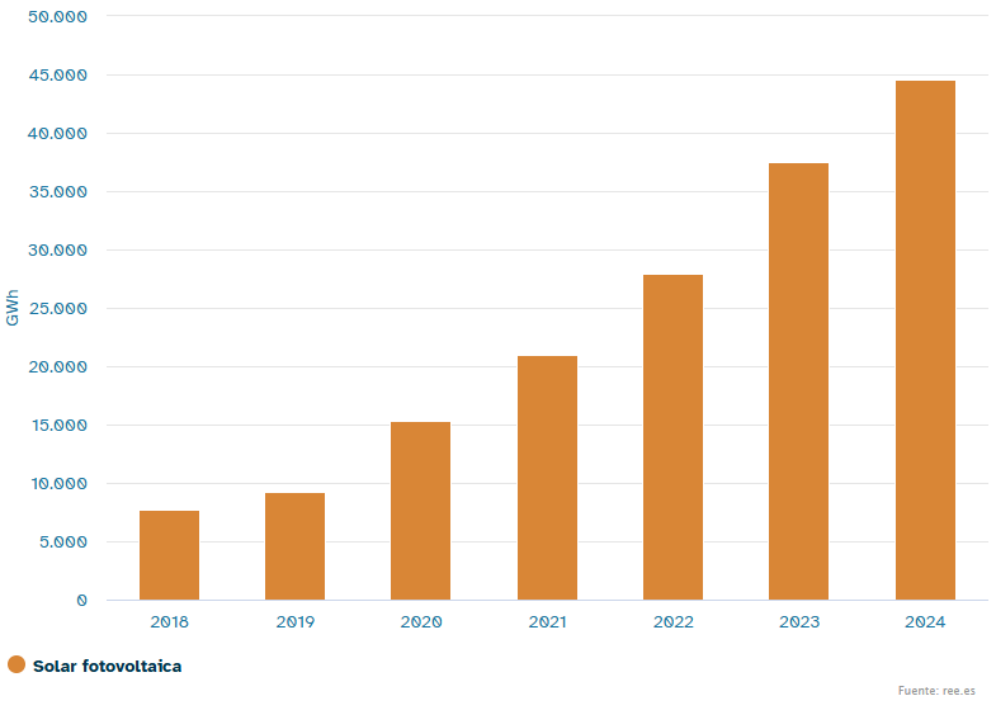
España



(1) Incluye biogás, biomasa, geotérmica, hidráulica marina, hidroeólica y residuos renovables.

Informe REE 2024

0. Energías Renovables en España



Informes del sistema eléctrico español 2024

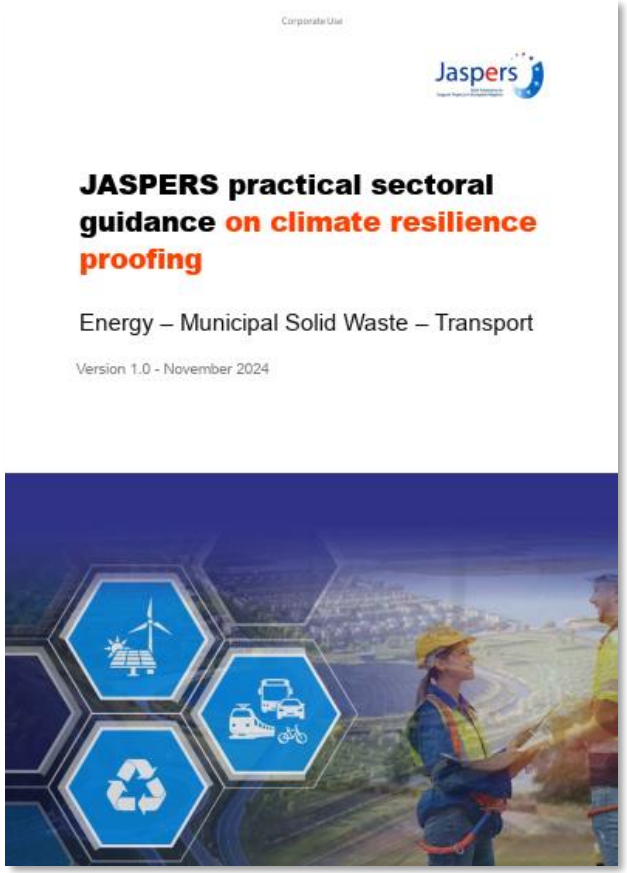
La producción renovable crece en España un 10,3% en 2024 y alcanza sus mayores registros

- El 56,8% de toda la electricidad generada en nuestro país durante el año pasado empleó fuentes naturales como el viento, el sol o el agua para su producción.
- El sistema eléctrico español suma 7,3 nuevos GW de potencia fotovoltaica y eólica, la mayor cantidad registrada hasta la fecha en un año, y un dato que eleva a la fotovoltaica a primera tecnología en potencia instalada.
- La demanda eléctrica en España aumenta un 1,4% respecto al mismo periodo del año anterior, una vez aplicados los efectos de la laboralidad y las temperaturas.
- Este 2024, Red Eléctrica puso en servicio 487 nuevos km de circuitos eléctricos y, con ellos, España ya dispone de 45.674 km. En el momento de su creación en 1985, Red Eléctrica contaba con 10.500 km.

Informe REE 2024

- A junio de 2024, el Registro Administrativo de Instalaciones de Producción de Energía Eléctrica (RAIPEE) contabilizaba 63.166 instalaciones fotovoltaicas, sumando una potencia de 23.649 MW.
- En febrero de 2025, la solar fotovoltaica ya superaba a la eólica, con 32.657 MW frente a 32.173 MW de eólica, según datos de Red Eléctrica.
- A principios de 2025, existían proyectos en proceso de autorización que suman 35 GW y podrían duplicar la capacidad actual a corto plazo, según la Unión Española Fotovoltaica (UNEF).
- En el ámbito de la construcción, a finales de 2024, había 183 plantas fotovoltaicas con autorización de construcción, con una potencia de unos 27.750 MW.

Guía sectorial de resiliencia climática



https://jaspers.eib.org/knowledge/publications/jaspers-practical-sectoral-guidance-on-climate-resilience-proofing

SECTOR ENERGÉTICO

- **Redes de transmisión y distribución de electricidad**
  Transformadores, subestaciones, conductores, líneas aéreas.
- **Parques eólicos**
  Turbinas eólicas terrestres y marinas, subestaciones, cables, equipos de medición
- **Parques solares**
  Paneles, inversores, cables, equipos de medición
- **Calefacción urbana (District Heating)**
  Sistema de combustión, calderas, tanques de agua, transportador de combustible, sistema de control
- **Electrolizadores de hidrógeno verde**
  Electrolizador, tanques de almacenamiento, sistema de control
- **Sistemas de almacenamiento de energía en baterías**
  Baterías, inversores, sistemas de gestión de edificios (BMS), transformadores

ÍNDICE

1 ETAPAS DEL PROCESO DE CLIMATE PROOFING

- Fase 1: Comprobación previa
- Fase 2: Análisis detallado

2 MITIGACIÓN

- Metodología de cálculo
- Ejemplo concreto

3 ADAPTACIÓN

- Análisis de Tendencias Climáticas
- Análisis de vulnerabilidad
- Evaluación de riesgos
- Medidas de adaptación
- Conclusiones

4 PREGUNTAS Y CIERRRE

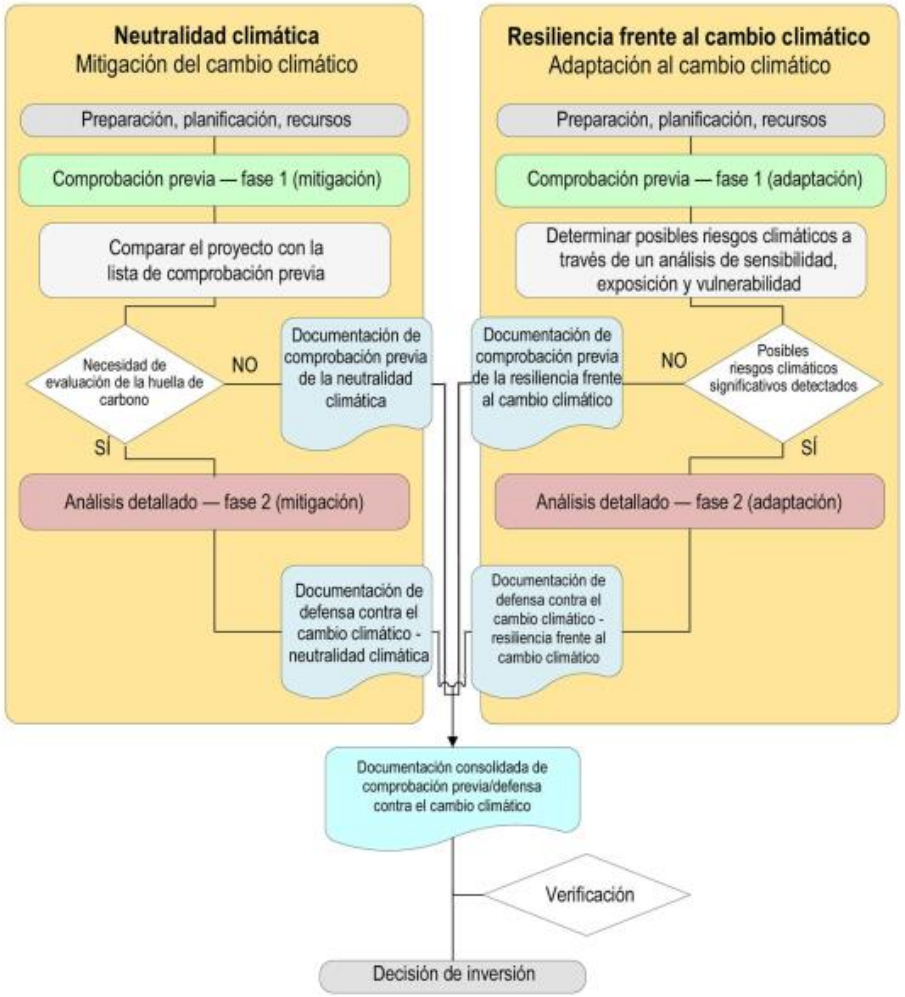
- Resolución de Preguntas

ETAPAS DEL PROCESO DE CLIMATE PROOFING

1

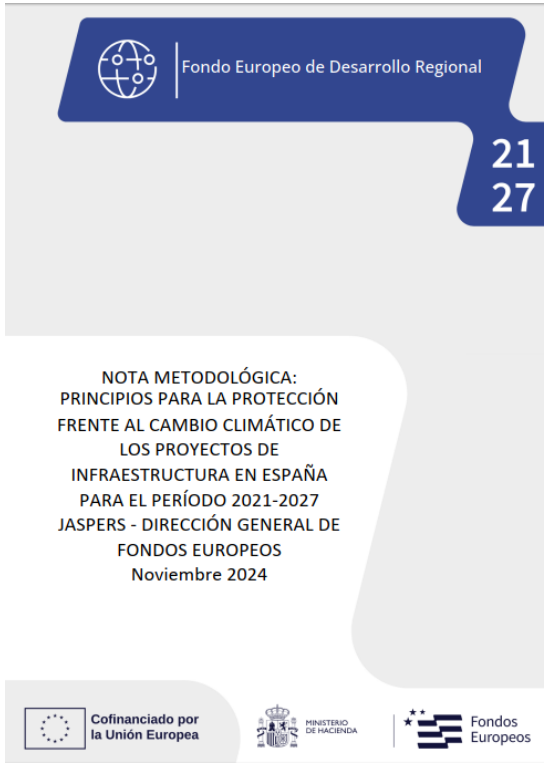
- Fase 1: Comprobación previa
- Fase 2: Análisis detallado

Gráfico 1 La protección frente al cambio climático y los dos pilares de protección para la «neutralidad climática» y la «resiliencia frente al cambio climático»



- Método Estructurado que desde una perspectiva basada en el riesgo posibilita poder reducir carga administrativa al estar sujeto el análisis detallado a la primera fase de comprobación previa.
- Dos pilares de Evaluación:
  - Neutralidad Climática / Mitigación del Cambio Climático
  - Resiliencia frente al Cambio Climático / Adaptación al Cambio Climático
- Dos fases:
  - Comprobación previa
  - Análisis detallado
- Integración de medidas de mitigación y adaptación

- Existe una Guía Española, realizada por JASPERS en noviembre de 2024, que traslada este proceso a la realidad nacional y está basada en las Orientaciones Técnicas.



Fuente: Orientaciones Técnicas de la Comisión Europea

MITIGACIÓN

2

- Metodología de cálculo
- Ejemplo concreto

- **Fase 1: Comprobación previa**
  - Existe una lista de comprobación previa (anexo 1, cuadro 6) que indica el requisito de valuación de huella de carbono
  - Energía entra en la categoría de que **requieren evaluación de huella de carbono**

Fuente: Anexo 1. Nota Metodológica España. Noviembre 2024

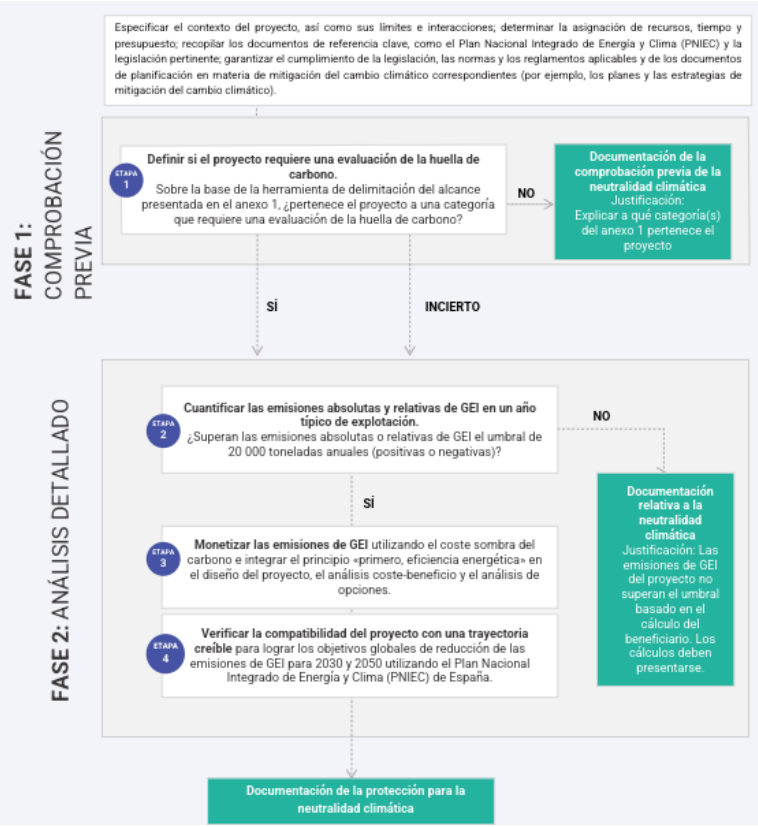
Energía	
Fuentes de energía renovable	Se requerirá una evaluación de la HC (principalmente debido al ahorro)
Construcción de plantas de biomasa para calefacción urbana	Se requerirá una evaluación de la HC.
Construcción de una unidad de captura o recuperación de CO_2	Se requerirá una evaluación de la HC (principalmente debido al ahorro)
Energía geotérmica	Se requerirá una evaluación de la HC. En determinados casos, los yacimientos geotérmicos pueden tener niveles de emisiones muy elevados.

- **Fase 2: Análisis detallado**
  - Cuantificación emisiones GEI
  - Si se supera el umbral de 20.000 tn CO2e/año de las emisiones absolutas o relativas (positivas o negativas) es necesario:
    - Monetización (aplicando coste sombra capitalizado)
    - Compatibilidad del proyecto con neutralidad climática 2050

Coste sombra del carbono para las emisiones y las reducciones de GEI en EUR/tCO_2e, precios de 2016

Año	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
EUR/tCO_2e	80	165	250	390	525	660	800

Fuente: Nota Metodológica España. Noviembre 2024



No requieren <u>verificación climática</u>:

- Sistemas de energía renovables de pequeña envergadura en edificios residenciales (p.ej. Paneles solares en techos o bombas de calor), que no forman parte de intervenciones integradas destinadas a mejorar la eficiencia energética

- **Fase 2 (Análisis detallado): Cuantificación de emisiones**

  - **Metodología:**

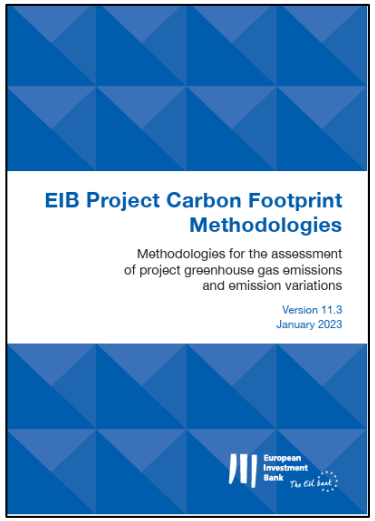
  EIB Project Carbon Footprint. Methodologies for the Assesment of Project GHG Emissions and Emission Variations. (Actualmente versión 11.3, January 2023)

  - Análisis típico por alcances 1 y 2 (alcance 3 según corresponda)
  - Listado de factores de emisión
  - Formula genérica:

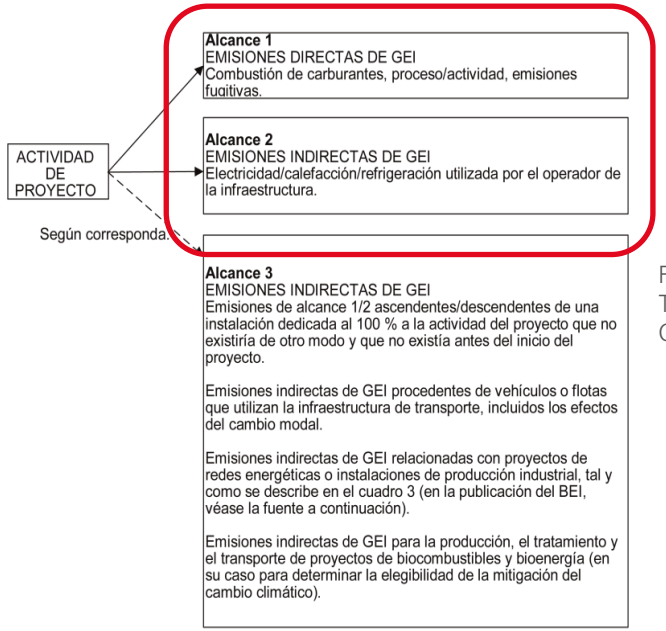
$$Emisiones\ actividad\left(tn\frac{CO2e}{año}\right) = Indicador\ actividad\left(\frac{unidad}{año}\right) * Factor\ de\ emisión\ de\ actividad\ (Tn\frac{CO2e}{unidad})$$

  - **Factores de emisión de MITECO:**

    - MITECO publica anualmente Factores de Emisión para Alcance 1 y 2, en su calculadora de huella de carbono.



Fuente: EIB Project Carbon Footprint Methodologies



Fuente: Orientaciones Técnicas de la Comisión Europea

Factores de emisión en CO_2e ($kgCO_2$e/ud)

	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Gasóleo C (l)	2,898	2,898	2,898	2,898	2,898	2,898
Gasóleo B (l)	2,737	2,737	2,737	2,737	2,737	2,737
Gas natural (kWh_{PCS})*	0,182	0,183	0,184	0,183	0,183	0,183
Fuelóleo (l)	3,031	3,031	3,031	3,031	3,031	3,031
LPG (l)	1,545	1,545	1,545	1,545	1,545	1,545

Fuente: Factores de emisión Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico 2007-2024

2024

Mix sin GdO	0,283 kg CO_2e/kWh
Factor GdO renovable	0,000 kg CO_2/kWh
Factor GdO cog. alta eficiencia	0,302 kg CO_2/kWh

Etiquetado restante de comercializadoras que han efectuado redenciones de GdO

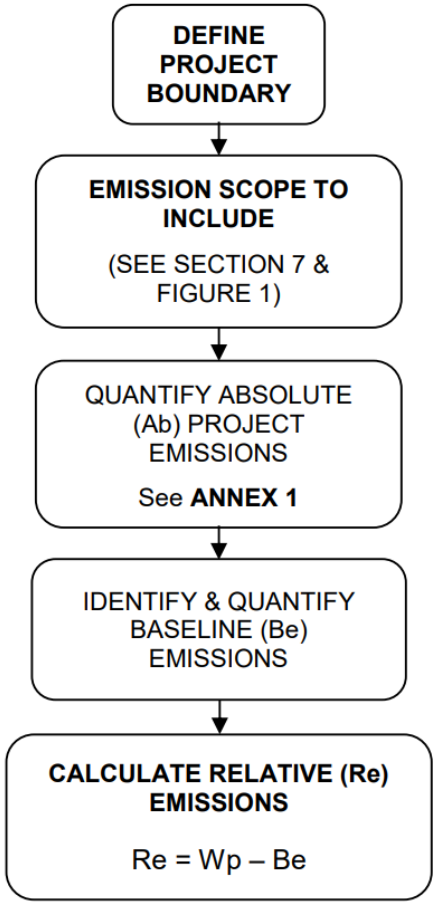
Comercializadora	kg CO_2e/kWh
AB ENERGÍA 1903, S.L.	0,283
ACCIONA GREEN ENERGY DEVELOPMENTS SL	0,000
ACSOL ENERGÍA GLOBAL, S.A.	0,283
ADEINNOVA ENERGIA S.L	0,266
ADX Renovables, S.L.	0,283

- **Fase 2 (Análisis detallado): Cuantificación de emisiones**
  - **Emisiones Absolutas (Ab):** Abarca todas las emisiones importantes de los alcances 1 y 2 (en este caso del sector energético)
    - Energías Renovables ~ Cero emisiones (excepto hidroeléctrica con grandes embalses)
  - **Emisiones Relativas (Re):** Representan la diferencia entre las emisiones "sin proyecto" (escenario base) y "con proyecto" (escenario mejorado).
    - **Emisiones base (Be):** usar factor de emisión para mix eléctrico convencional de MITECO (Mix sin GdOs)

$$\boldsymbol{Re} = Ab - Be$$

- Las emisiones se estiman para un **año típico de operación**. Por tanto, no cuentan las emisiones en fase de construcción

Figure 2: Project carbon footprint calculation flow



Fuente: EIB Project Carbon Footprint Methodologies

PROYECTO DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 50 MWp

- Producción anual de 70GWh
- CAPEX: 30M euros
- Superficie ocupada: 100 ha
- Vida útil: 30 años

2024	
Mix sin GdO	0,283 kg CO_2e/kWh
Factor GdO renovable	0,000 kg CO_2/kWh
Factor GdO cog. alta eficiencia	0,302 kg CO_2/kWh

Fuente: Factores de emisión Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico 2007-2024

- **Hipótesis de Emisiones Escenario base:** Consumo energético anual: 70.000.000 kWh/año
  Factor de emisión: 0,283 kgCO_2e/kWh
  70.000.000 kWh/año * 0,283 kgCO_2e/kWh = 19.810 Tn CO_2e/año

- **Hipótesis de Emisiones Absolutas:** Consumo energético anual: 70.000.000 kWh/año
  Factor de emisión: 0 kgCO_2e/kWh
  700.000 kWh/año * 0 kgCO_2e/kWh = 0 Tn CO_2e/año

- **Hipótesis de Emisiones Relativas:** Emisiones con proyecto – Emisiones sin proyecto
  0 Tn CO_2e/año – 19.810 Tn CO_2e/año = **- 19.810 Tn CO_2e/año.**

Muy próximo del umbral 20.000 Tn CO2e:

- **Monetización de emisiones**

- El proyecto mitiga emisiones evitando **19.810 Tn CO_2e al año**
  - Considerando una **vida útil de 30 años,** emisiones evitadas acumuladas:
    19.810 Tn CO_2e/año * 30 años = 594M Tn CO_2e

MONETIZACIÓN DE EMISIONES EVITADAS

Objetivo:

- Incorporar el **coste económico del carbono** en el análisis coste-beneficio de los proyectos

Metodología:

1. **Valorar aplicación:**
   - Emisiones absolutas o relativas > 20.000 Tn CO2e → se incorpora
2. **Aplicar precio sombra del carbono:**
   - Valor referencia 2016 → actualizar con deflactores de PIB a año corriente *(capitalización)*
3. **Monetizar:**

$$Coste\ de\ emisiones = Emisiones\ (tCO_2e) \times Precio\ sombra\ \left(\frac{€}{tCO_2e}\right)$$

4. **Proyección temporal**
   - Se multiplica por los años de vida útil

Precio sombra Tn/CO2e

	2016	2024
	Referencia BEI (EUR/tCO2e)	Capitalizado (EUR/tCO2e)
2020	80	
2021	97	
2022	114	
2023	131	
2024	148	154.00
2025	165	171.69
2026	182	189.38
2027	199	207.07
2028	216	224.76
2029	233	242.45
2030	250	260.14
2031	278	289.27
2032	306	318.41
2033	334	347.54
2034	362	376.68
2035	390	405.81
2036	417	433.91
2037	444	462.00
2038	471	490.10
2039	498	518.19
2040	525	546.29
2041	552	574.38
2042	579	602.48
2043	606	630.57
2044	633	658.67
2045	660	686.76
2046	688	715.90
2047	716	745.03
2048	744	774.17
2049	772	803.31
2050	800	832.44

Fuente: cálculo propio

MONETIZACIÓN DE EMISIONES EVITADAS

Ej. Proyecto de Planta Fotovoltaica de 50 MWp

- Emisiones relativas: -19.810 Tn CO2e/año
- Precio sombra del carbono: datos de 2016 deflactado por PIB para 2024 (*capitalización*)
  - Precio sombra (2025): 172 EUR/Tn CO2e
  - **Beneficio emisiones evitadas (2025): 3,4 mEUR**

		2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055
CO2 Coste sombra (EUR 2016)	EUR/TnCO2	165	250	390	525	660	800	936
CO2 coste sombra (EUR 2024)	EUR/TnCO2	172	260	406	546	687	832	974
Emisiones CO2 evitadas	Tn CO2e/año	19.810	19.810	19.810	19.810	19.810	19.810	19.810
Beneficio CO2 evitado	mEUR	**3,4**	**5,2**	**8**	**10,8**	**13,6**	**16,5**	**19,3**

Beneficio climático monetizado total (sin descuento) (EUR)

$$Btotal = \sum T(Et \times Pt)$$

Donde:

- Btotal: beneficio climático monetizado total (€).
- Et: emisiones evitadas en el año tt (tCO_2e)
- Pt: precio sombra del carbono en el año tt (€/tCO_2e).
- T: número de años de vida útil del proyecto

Cuadro 1 – Coste sombra del carbono para las emisiones y las reducciones de GEI en EUR/tCO_{2e}, precios de 2016

Año	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
EUR/tCO_{2e}	80	165	250	390	525	660	800

Fuente: Hoja de Ruta del Banco del Clima del Grupo BEI 2021-2025

ADAPTACIÓN

3

- Análisis de Tendencias Climáticas
- Análisis de vulnerabilidad
- Evaluación de riesgos
- Medidas de adaptación
- Conclusiones

FASE 1.

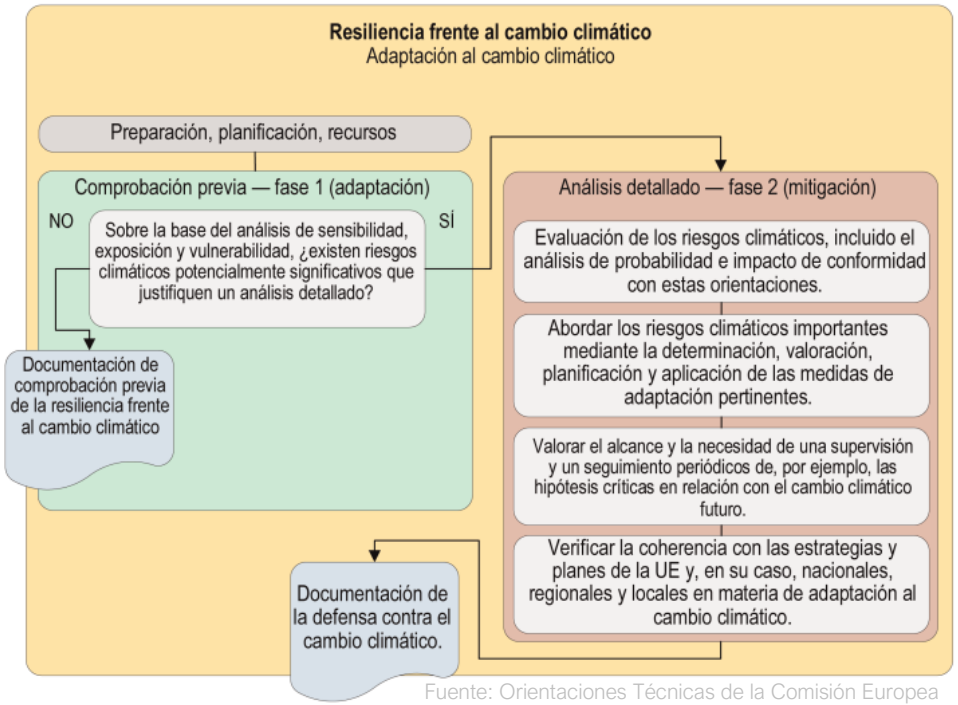
COMPROBACIONES PREVIAS

SENSIBILIDAD x EXPOSICIÓN = VULNERABILIDAD

FASE 2.

ANÁLISIS DETALLADO

IMPACTO x PROBABILIDAD = RIESGO



Fuente: Orientaciones Técnicas de la Comisión Europea

Análisis de Tendencias Climáticas Futuras (Herramientas disponibles)

- Basado en escenarios del IPCC
  - Escenario SSP2-4.5
  - Escenario SSP5-8.5
- Diferentes visores de riesgos naturales (incendios, inundación)

Fase 1: Comprobación previa

- Análisis de vulnerabilidad.

Fase 2: Análisis detallado

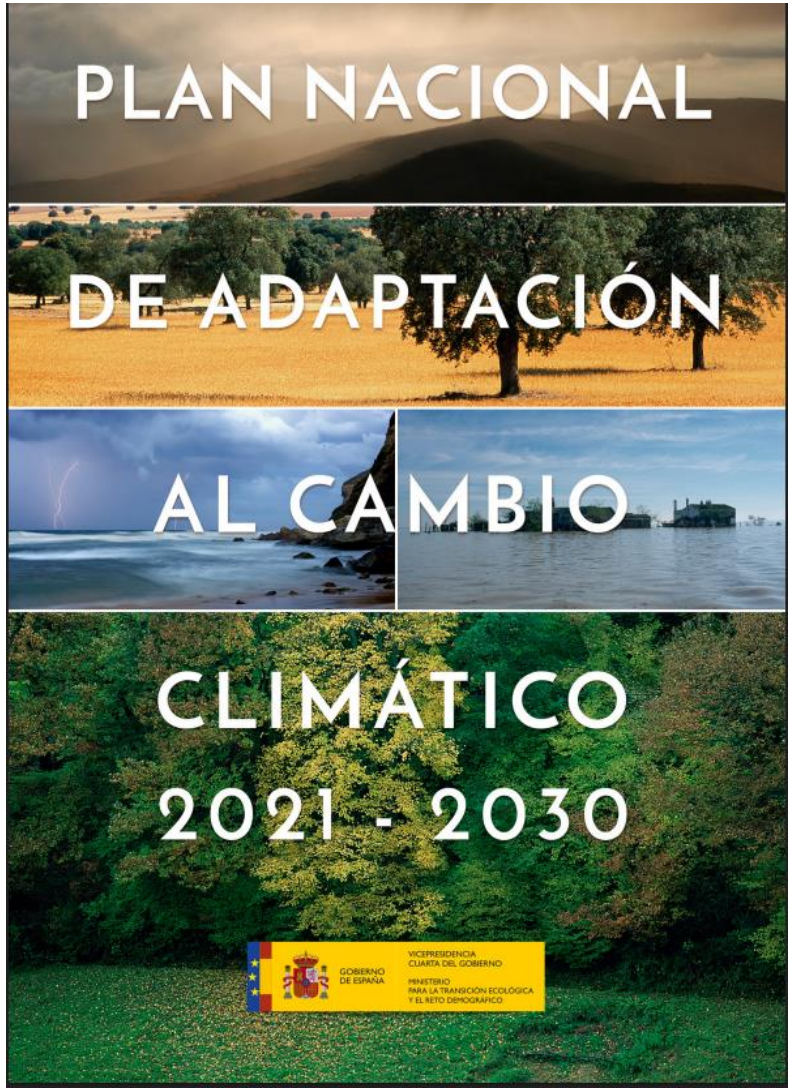
  - Evaluación de Riesgos
  - Medidas de Adaptación (Estructurales y no Estructurales)

OBJETIVO

Identificar los **principales riesgos climáticos** y definir **medidas de adaptación** para bajar esos riesgos a un nivel de riesgo aceptable.

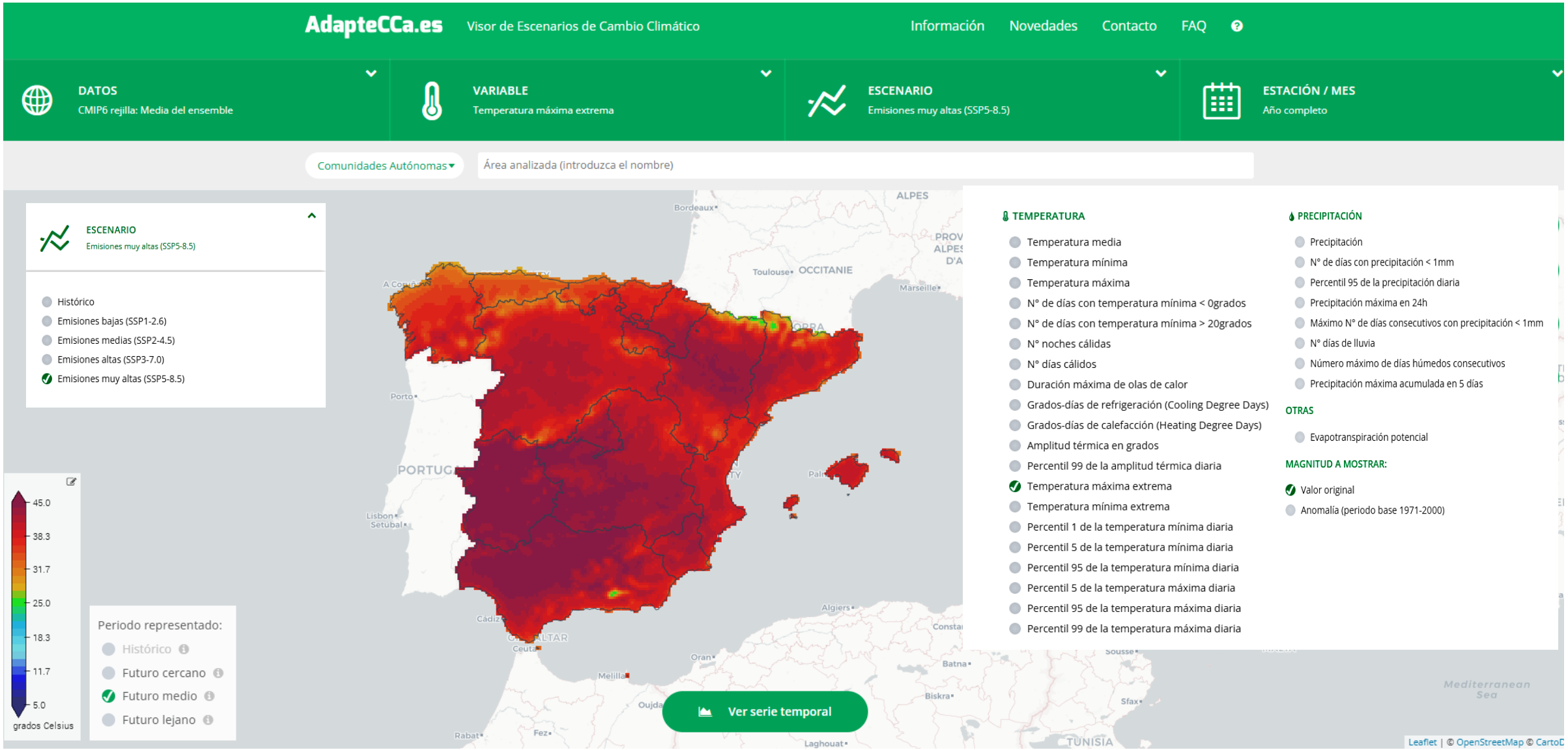
CASO PRÁCTICO

Proyecto de construcción de **Planta Solar Fotovoltaica** de 50 MWp ubicada al sur del municipio de **Valladolid**.



Clasificación de peligros relacionados con el clima

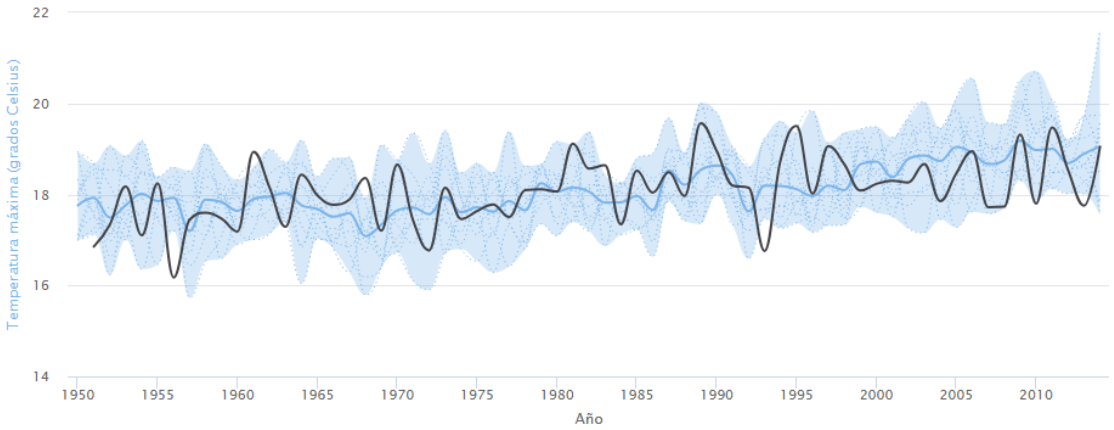
	Agudos	Crónicos
Relacionados con la temperatura	Olas de calor Olas de frío Incendios	Cambios en la temperatura Aire, agua dulce y salada Estrés por calor Variabilidad de la temperatura
Relacionados con el viento	Ciclones Tormentas Incluye tormentas de nieve, de polvo y arena Tornados	Cambios en los patrones de los vientos
Relacionados con el agua	Inundaciones Fluviales, pluviales, costeras Precipitaciones fuertes Lluvia, granizo, nieve/hielo Sequía Carga de nieve y hielo	Cambios en los patrones y tipos de precipitación Lluvia, granizo, nieve/hielo Acidificación del océano Intrusión salina Ascenso del nivel del mar Escasez de agua
Relacionados con las masas sólidas	Deslizamientos Avalanchas Subsidencias	Erosión costera Degradación del suelo Incluye la desertificación Erosión del suelo


AdapteCCa.es
Visor de Escenarios de Cambio Climático
Información
Novedades
Contacto
FAQ
DATOS
CMIP6 rejilla: Media del ensemble
VARIABLE
Temperatura máxima extrema
ESCENARIO
Emisiones muy altas (SSP5-8.5)
ESTACIÓN / MES
Año completo
Comunidades Autónomas
Área analizada (introduzca el nombre)
ESCENARIO
Emisiones muy altas (SSP5-8.5)
Histórico
Emisiones bajas (SSP1-2.6)
Emisiones medias (SSP2-4.5)
Emisiones altas (SSP3-7.0)
Emisiones muy altas (SSP5-8.5)
TEMPERATURA
Temperatura media
Temperatura mínima
Temperatura máxima
N° de días con temperatura mínima < 0grados
N° de días con temperatura mínima > 20grados
N° noches cálidas
N° días cálidos
Duración máxima de olas de calor
Grados-días de refrigeración (Cooling Degree Days)
Grados-días de calefacción (Heating Degree Days)
Amplitud térmica en grados
Percentil 99 de la amplitud térmica diaria
Temperatura máxima extrema
Temperatura mínima extrema
Percentil 1 de la temperatura mínima diaria
Percentil 5 de la temperatura mínima diaria
Percentil 95 de la temperatura mínima diaria
Percentil 5 de la temperatura máxima diaria
Percentil 95 de la temperatura máxima diaria
Percentil 99 de la temperatura máxima diaria
PRECIPITACIÓN
Precipitación
N° de días con precipitación < 1mm
Percentil 95 de la precipitación diaria
Precipitación máxima en 24h
Máximo N° de días consecutivos con precipitación < 1mm
N° días de lluvia
Número máximo de días húmedos consecutivos
Precipitación máxima acumulada en 5 días
OTRAS
Evapotranspiración potencial
MAGNITUD A MOSTRAR:
Valor original
Anomalía (periodo base 1971-2000)
45.0
38.3
31.7
25.0
18.3
11.7
5.0
grados Celsius
Periodo representado:
Histórico
Futuro cercano
Futuro medio
Futuro lejano
Ver serie temporal
Leaflet | © OpenStreetMap © CartoD

Municipio: **Valladolid**

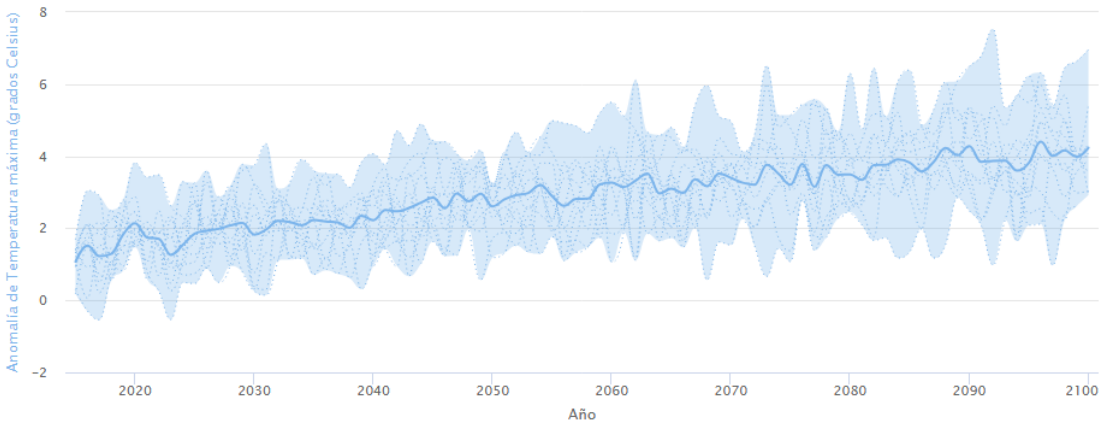
Variable climática: **Temperatura máxima (ºC)**

HISTÓRICO



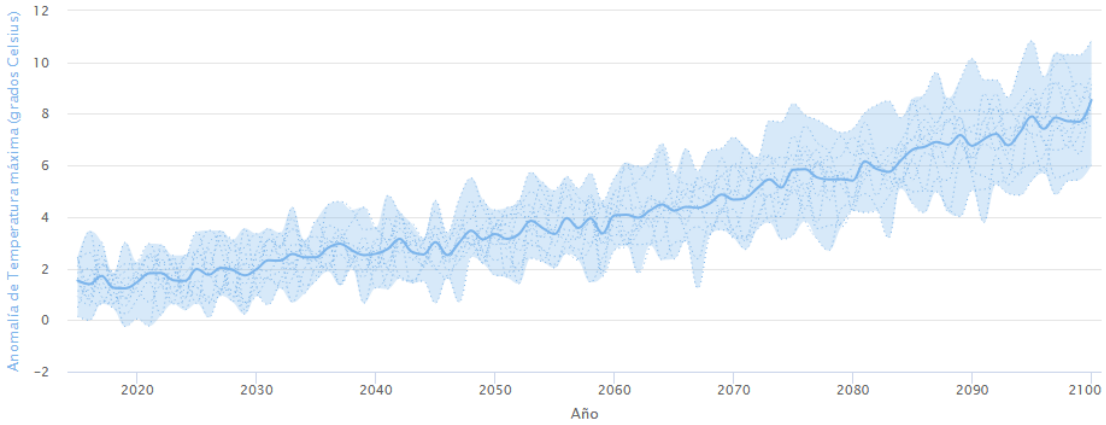
Modelos individuales (azul punteado) – Media (en azul negrita) – Observaciones (en negro cuando proceda)

ESCENARIO SSP2-4.5



Modelos individuales (azul punteado) – Media (en azul negrita)

ESCENARIO SSP5-8.5

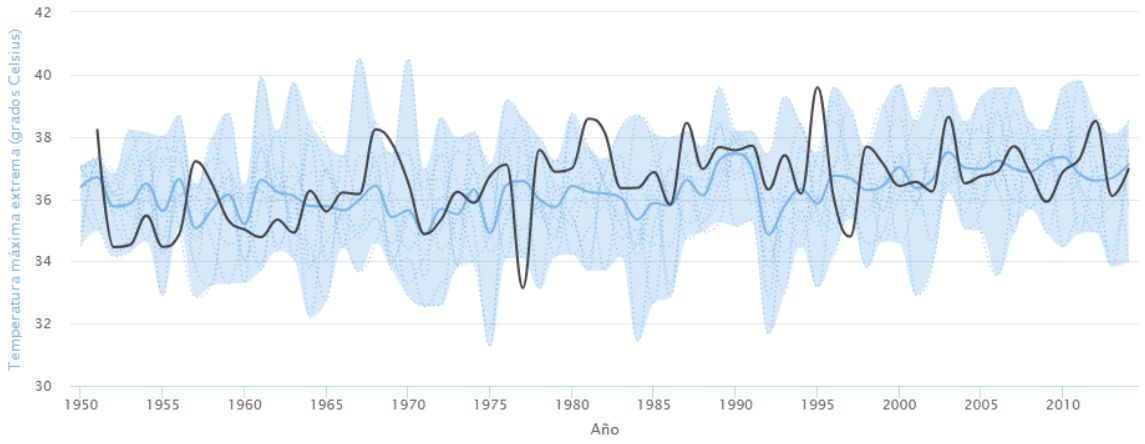


Modelos individuales (azul punteado) – Media (en azul negrita)

Municipio: **Valladolid**

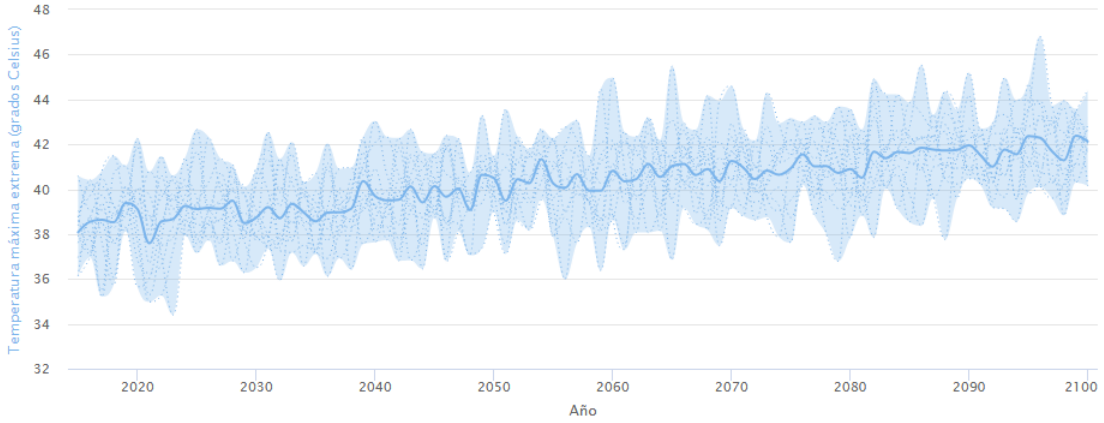
Variable climática: **Temperatura máxima extrema (ºC)**

HISTÓRICO



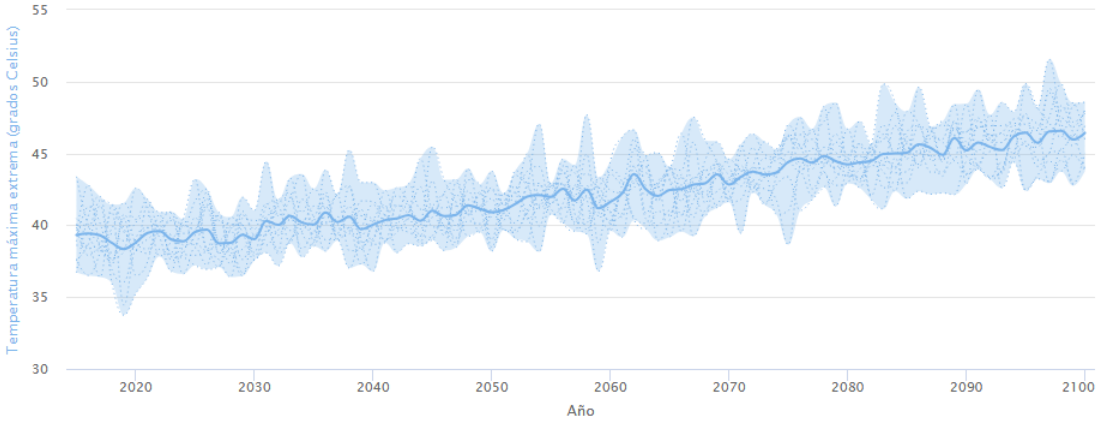
Modelos individuales (azul punteado) – Media (en azul negrita) – Observaciones (en negro cuando proceda)

ESCENARIO SSP2-4.5



Modelos individuales (azul punteado) – Media (en azul negrita)

ESCENARIO SSP5-8.5

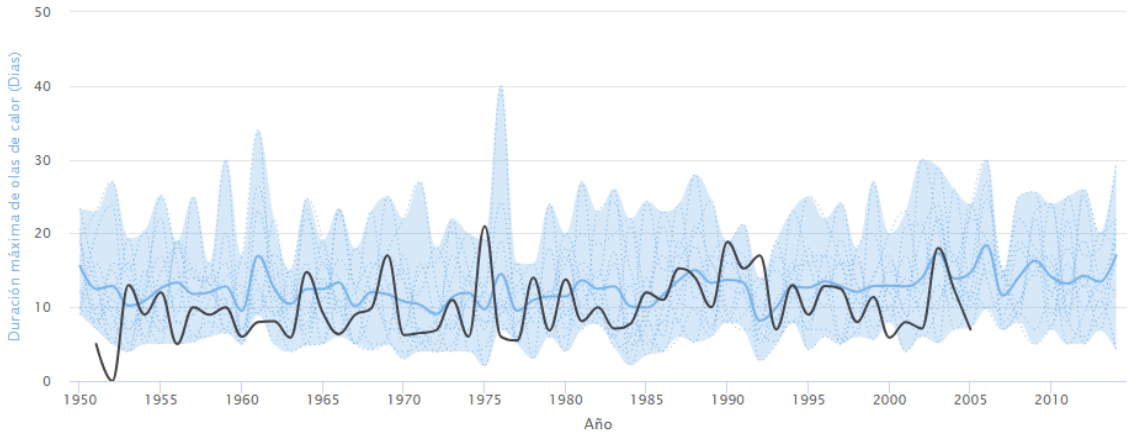


Modelos individuales (azul punteado) – Media (en azul negrita)

Municipio: **Valladolid**

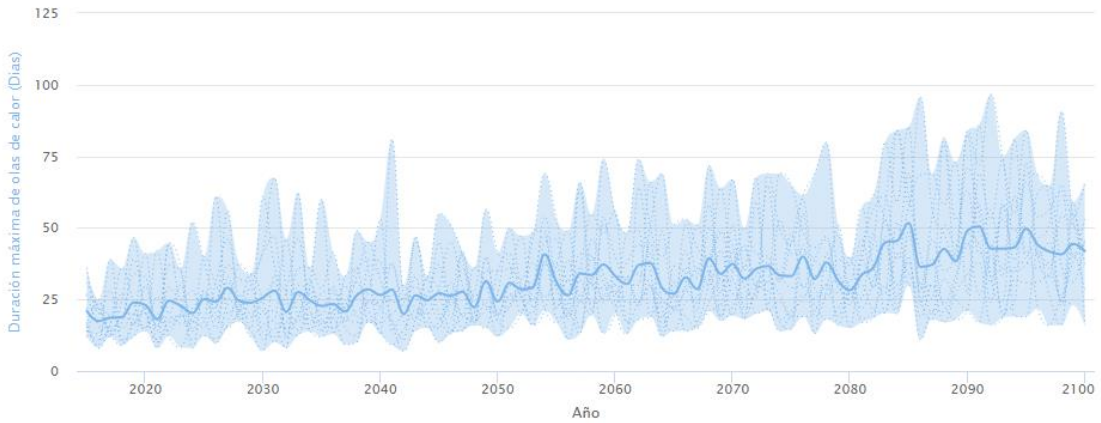
Variable climática: **Duración máxima de las olas de calor (días)**

HISTÓRICO



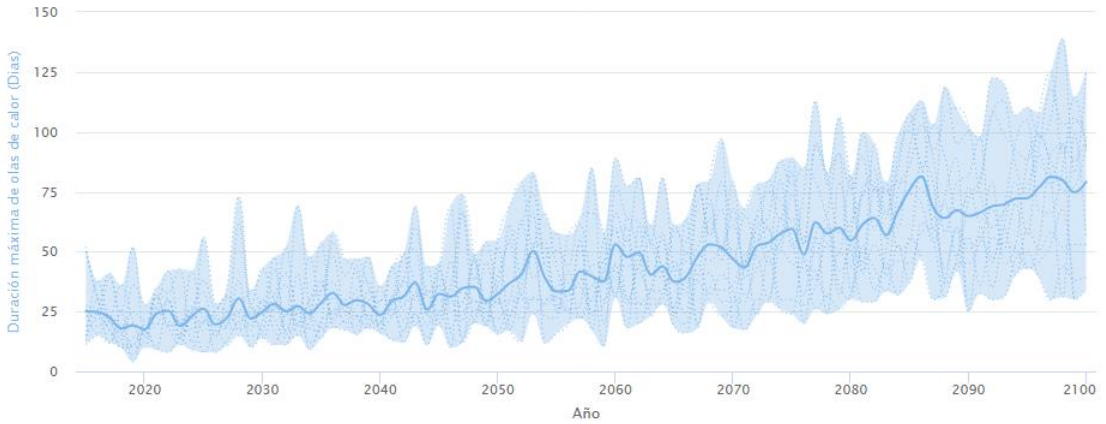
Modelos individuales (azul punteado) – Media (en azul negrita) – Observaciones (en negro cuando proceda)

ESCENARIO SSP2-4.5



Modelos individuales (azul punteado) – Media (en azul negrita)

ESCENARIO SSP5-8.5

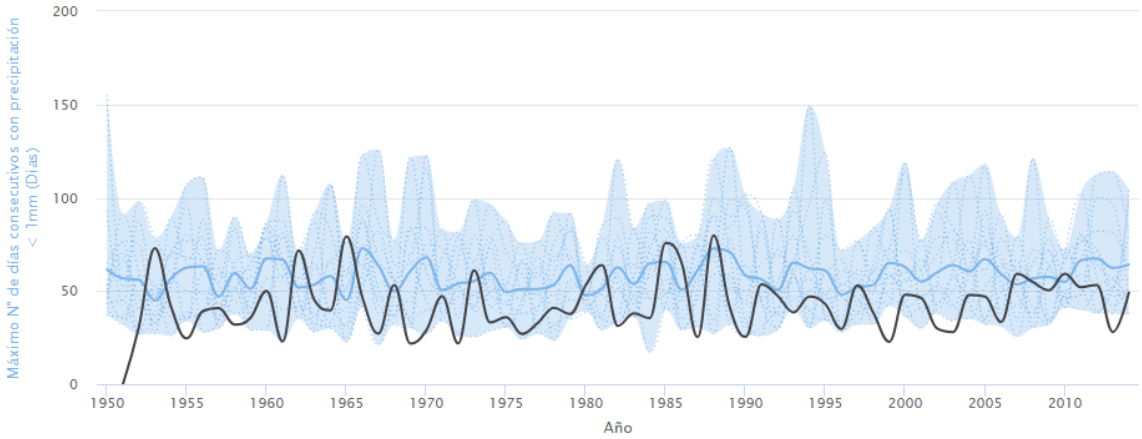


Modelos individuales (azul punteado) – Media (en azul negrita)

Municipio: **Valladolid**

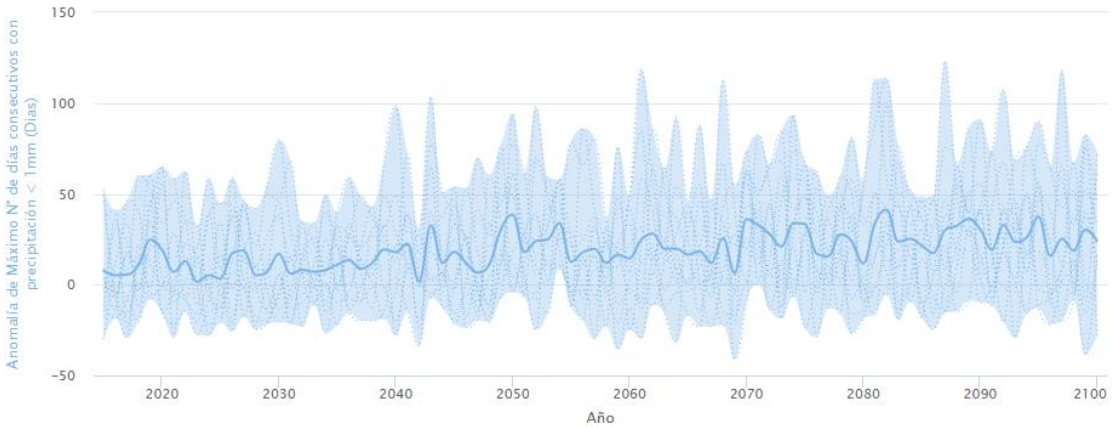
Variable climática: **Máximo número de días con precipitación <1mm (días)**

HISTÓRICO



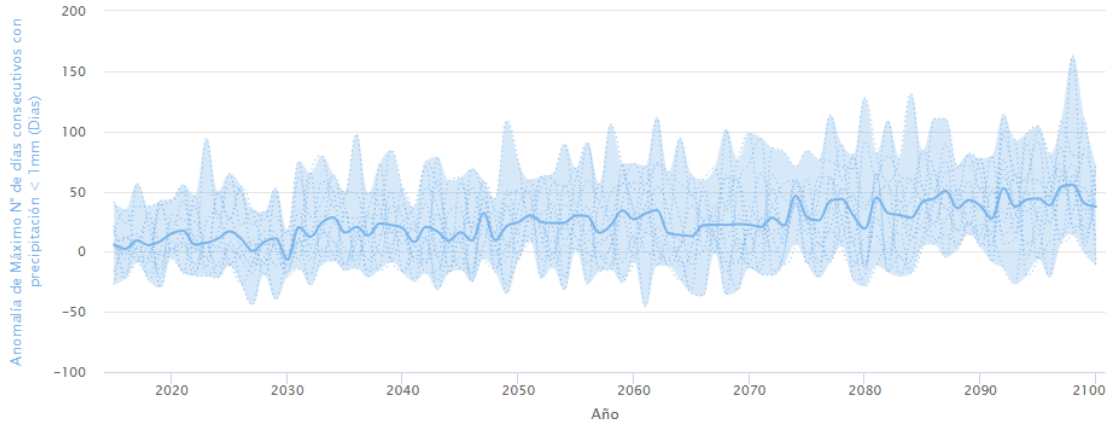
Modelos individuales (azul punteado) – Media (en azul negrita) – Observaciones (en negro cuando proceda)

ESCENARIO SSP2-4.5



Modelos individuales (azul punteado) – Media (en azul negrita)

ESCENARIO SSP5-8.5

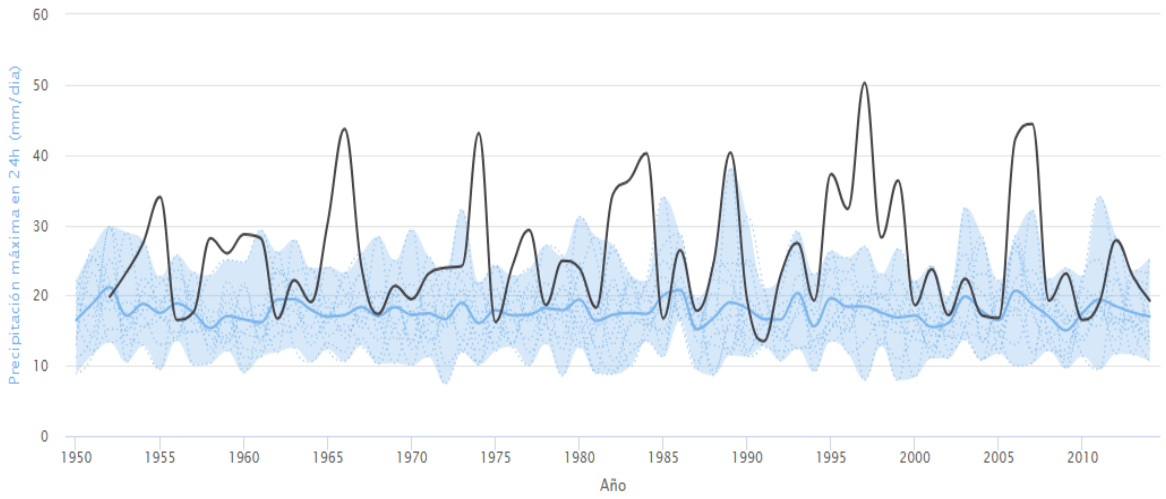


Modelos individuales (azul punteado) – Media (en azul negrita)

Municipio: **Valladolid**

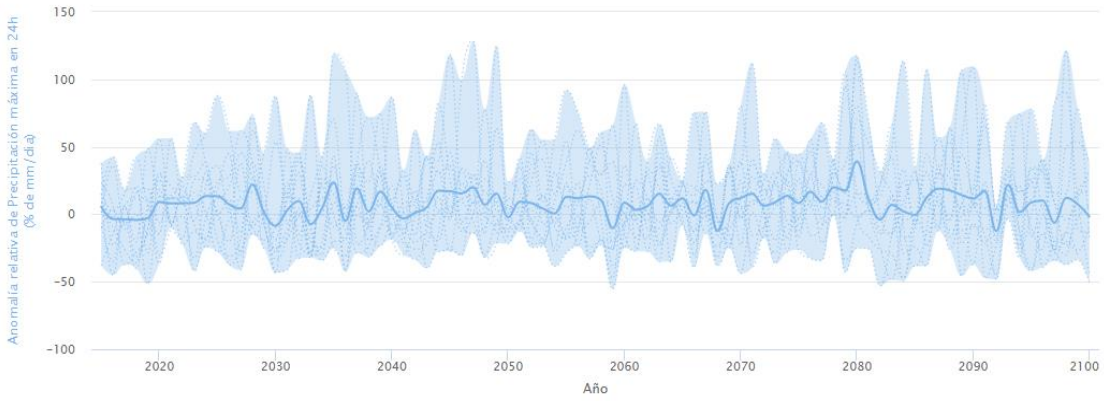
Variable climática: **Precipitación máxima en 24 horas (mm)**

HISTÓRICO



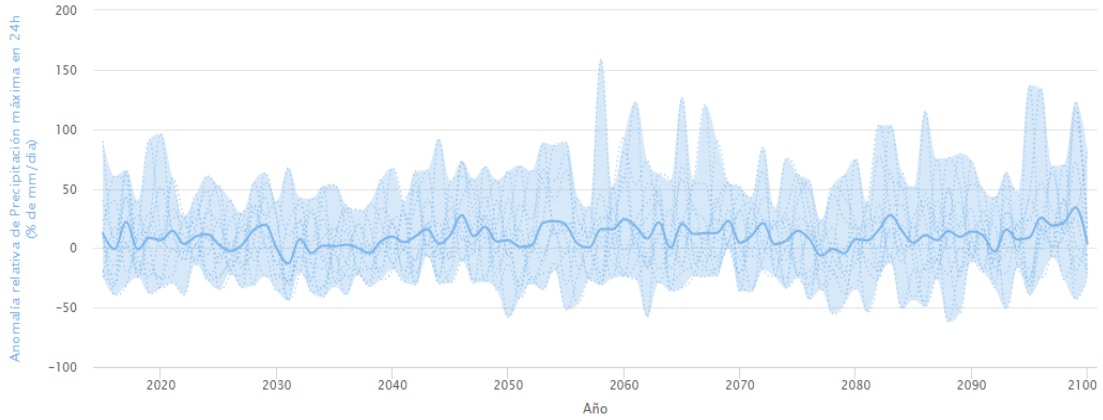
Modelos individuales (azul punteado) – Media (en azul negrita) – Observaciones (en negro cuando proceda)

ESCENARIO SSP2-4.5



Modelos individuales (azul punteado) – Media (en azul negrita)

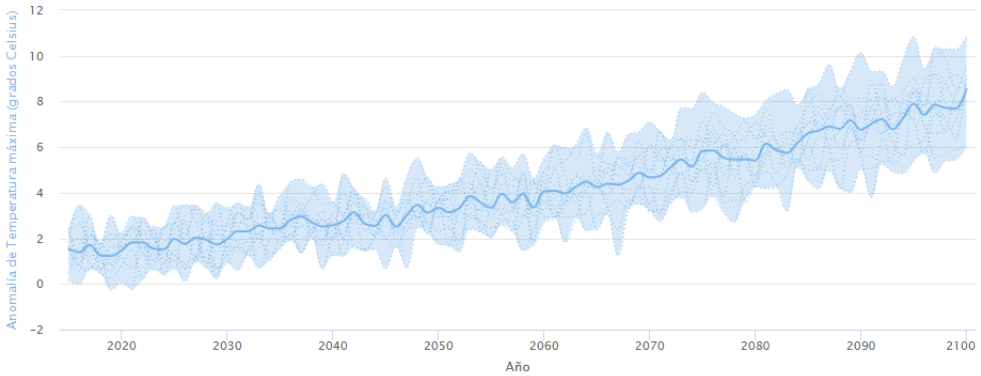
ESCENARIO SSP5-8.5



Modelos individuales (azul punteado) – Media (en azul negrita)

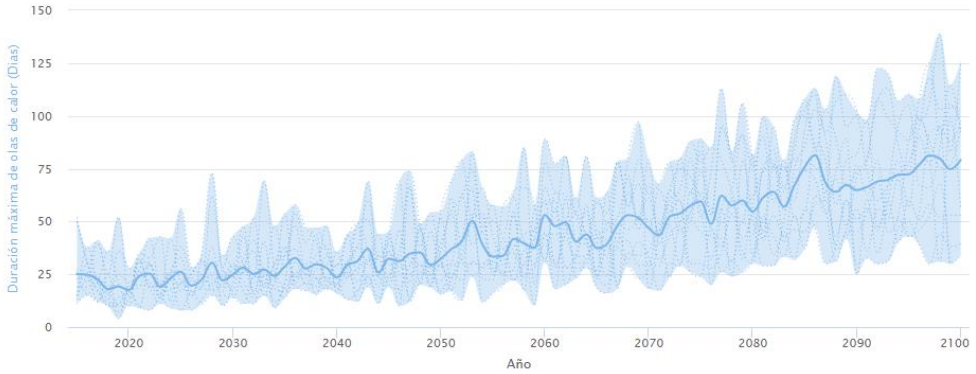
Municipio: **Valladolid** Escenario: **SSP5-8.5**

Temperatura máxima (ºC)



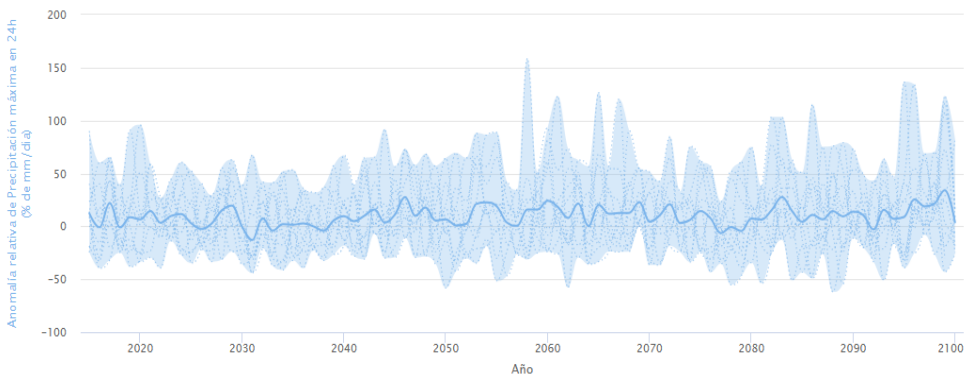
Modelos individuales (azul punteado) – Media (en azul negrita)

Duración máxima olas de calor (días)



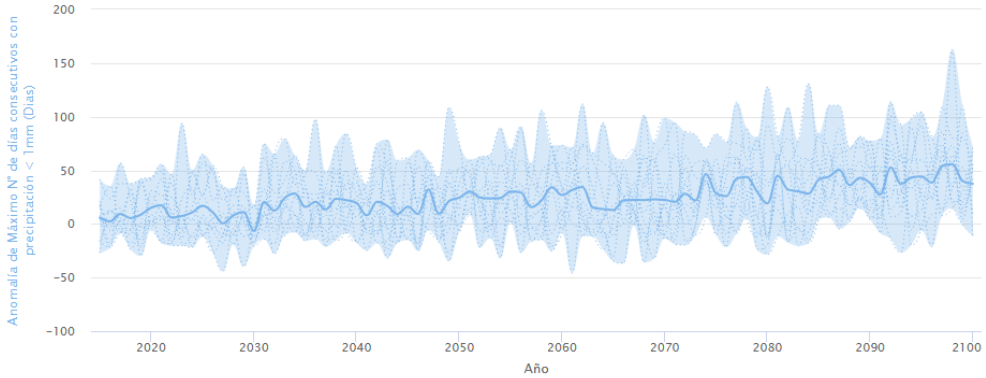
Modelos individuales (azul punteado) – Media (en azul negrita)

Precipitación máxima en 24 horas (mm)



Modelos individuales (azul punteado) – Media (en azul negrita)

Máximo número de días con precipitación <1mm (días)



Modelos individuales (azul punteado) – Media (en azul negrita)

Síntesis anomalías proyectadas Visor AdapteCCa

Municipio: **Valladolid**

VALLADOLID			ESCENARIO SSP2-4.5			ESCENARIO SSP5-8.5		
			Cambio proyectado respecto al valor original			Cambio proyectado respecto al valor original		
	VARIABLE CLIMÁTICA	Valor histórico de referencia (1971-2000)	Futuro cercano (2015-2040)	Futuro medio (2041-2070)	Futuro lejano (2071-2100)	Futuro cercano (2015-2040)	Futuro medio (2041-2070)	Futuro lejano (2071-2100)
	Temperatura máxima (ºC)	18,05 ºC	1,87ºC	2,97ºC	3,77ºC	2,01ºC	3,65ºC	6,48ºC
	Temperatura máxima extrema (ºC)	36,13ºC	2,79ºC	4,18ºC	5,28ºC	3,42ºC	5,63ºC	8,95ºC
	Duración máxima de las olas de calor (Días)	12 días	11,54 días	18,63 días	28,01 días	12,67 días	27,51 días	53,48 días
	Grados-día de refrigeración (ºC)	88,50ºC	74,65ºC	128,98ºC	182,32ºC	88,88ºC	180,7ºC	386,86ºC
	Precipitación (mm/año)	352,12 mm	-0,63%	-4,31%	-7,89%	-2,52%	-4,69%	-17,40%
	Precipitación máxima en 24 horas (mm/día)	17,73 mm/día	5,53%	7,90%	9,87%	5,02%	12,13%	10,38%
	Máximo número de días consecutivos con precipitación <1mm	57,45 días	7,58 días	19,60 días	26,37 días	12,67 días	21,62 días	37,56 días

Evaluación de la exposición

Variación de la temperatura

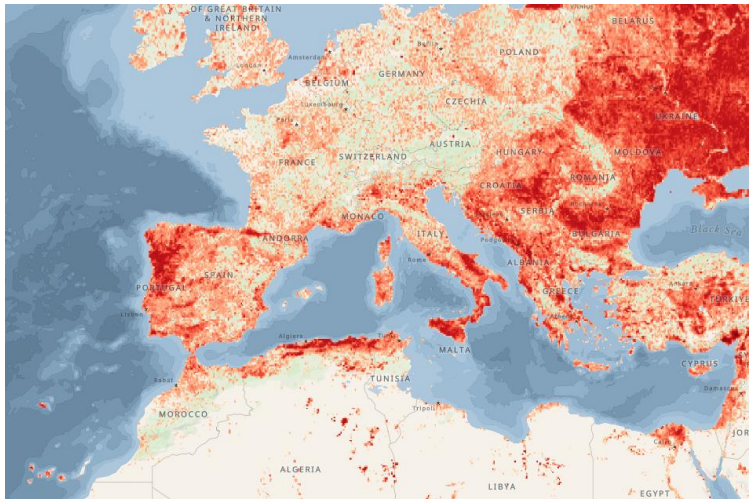
Olas de calor

Sequía

Precipitaciones fuertes

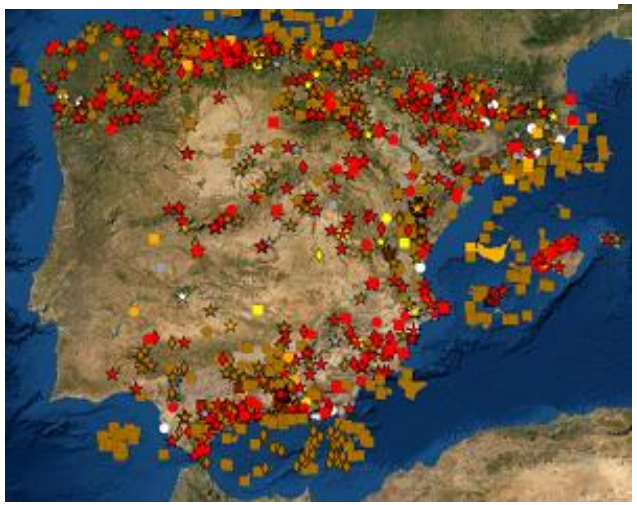
- **Plataforma de mapas de UNISDR** basada en el Atlas GAR (Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction - Risk Data Platform)
- **Think Hazard** desarrollado por GFDRR (Global Facility for Disaster Reductión and Recovery) en colaboración con World Bank Group
- **NASA Sea Level Projection Tool**
- **Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI)**
- **Base de Datos de Movimientos del terreno (BDMOVES) del IGME**

UNISDR
The United Nations Office for Disaster Risk Reduction



CSIC
IGME

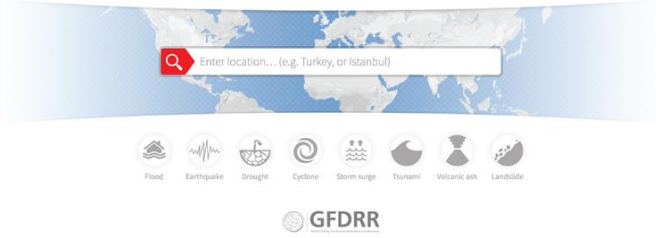
ipcc NASA



Sea Level Projection Tool

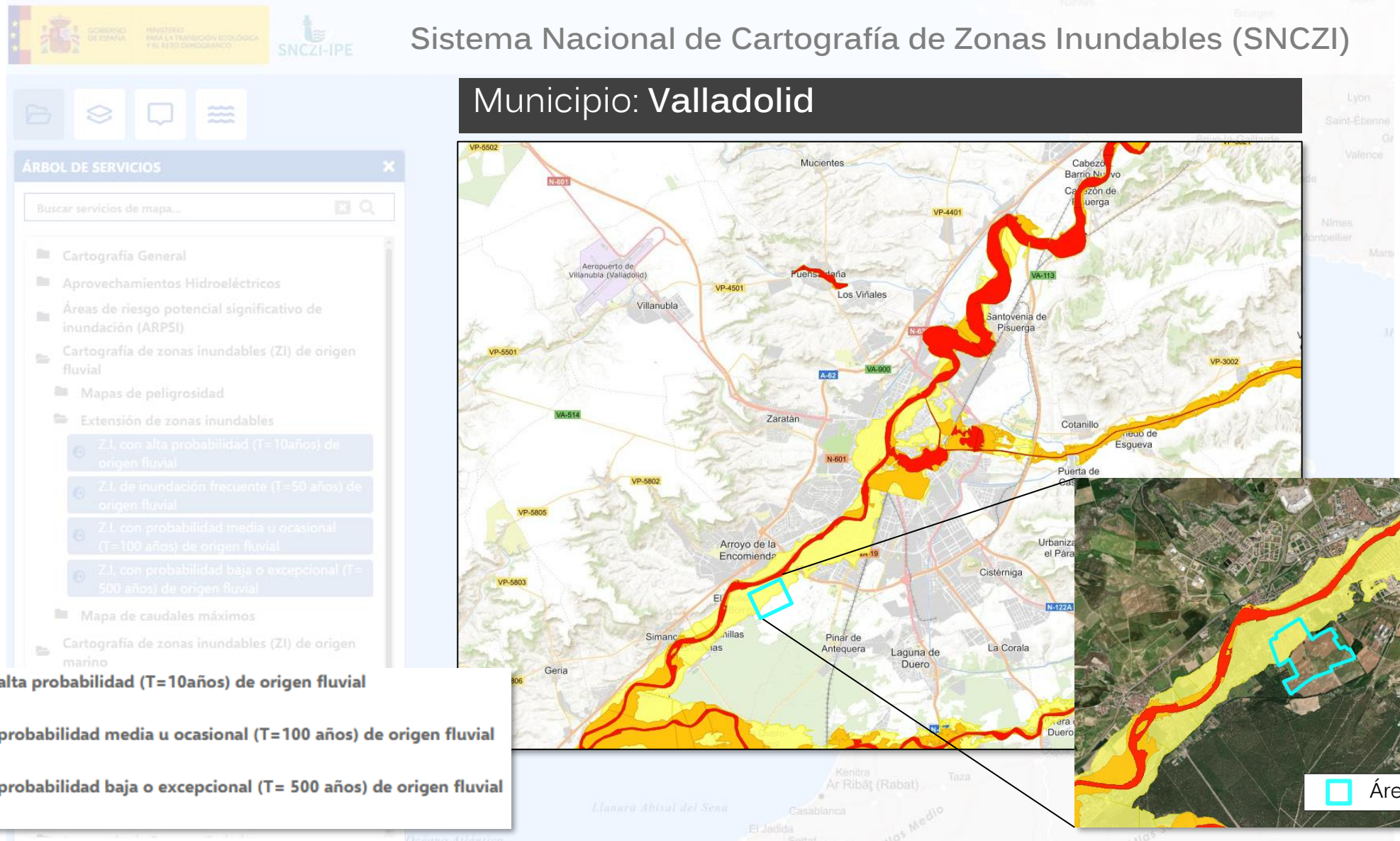
ThinkHazard!

Identify natural hazards in your project area and understand how to reduce their impact



Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI)

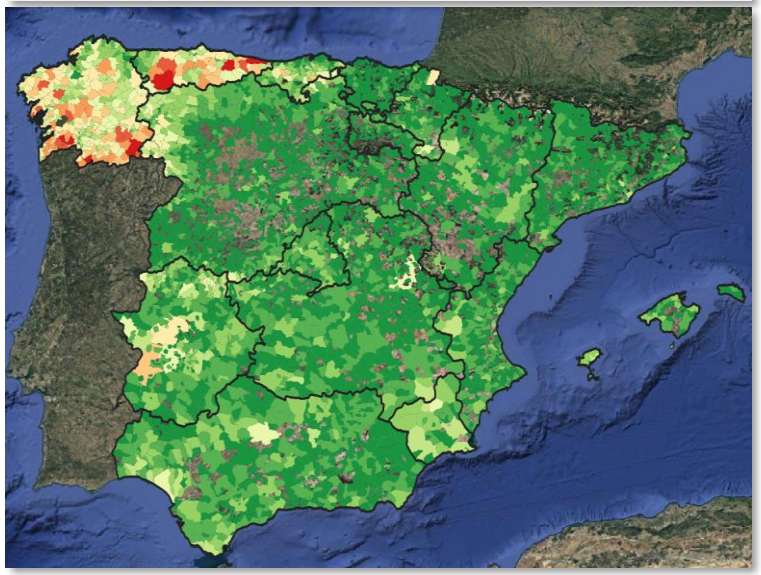
Municipio: **Valladolid**



Número de incendios 1996-2015

Municipio Valladolid

- No. de incendios: 98

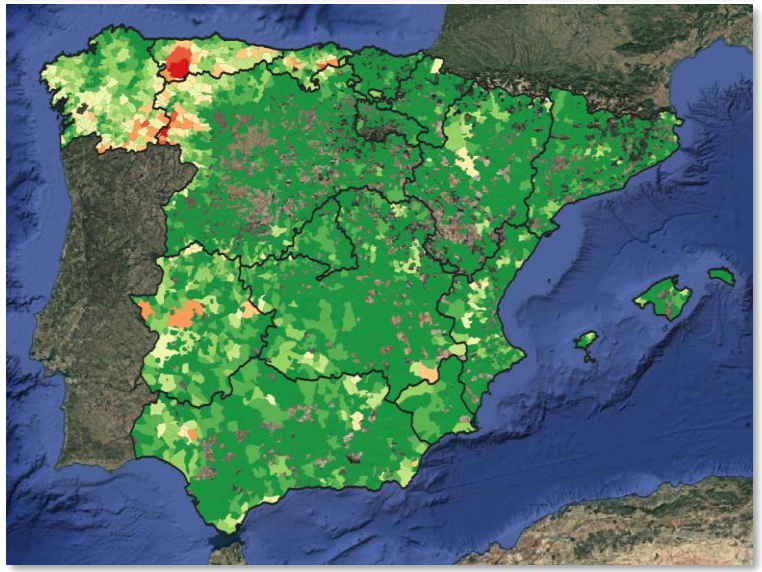


Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

Superficie forestal afectada 1996-2015

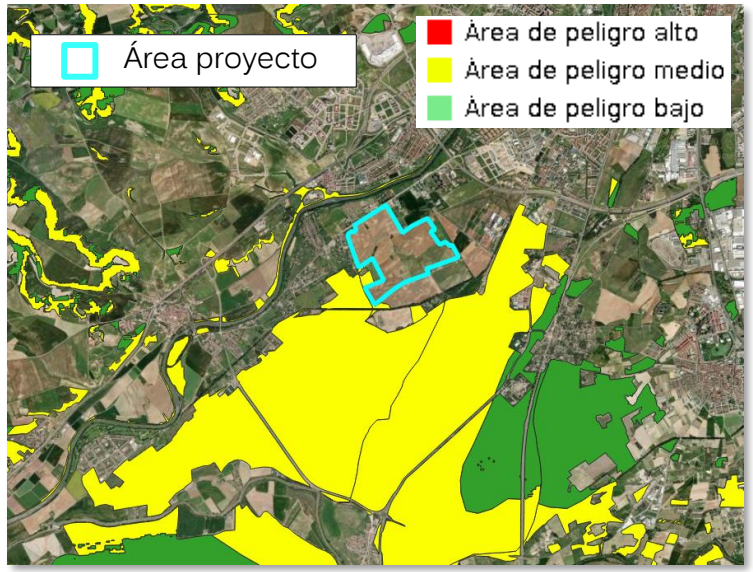
Municipio Valladolid

- Superficie afectada: 212 ha

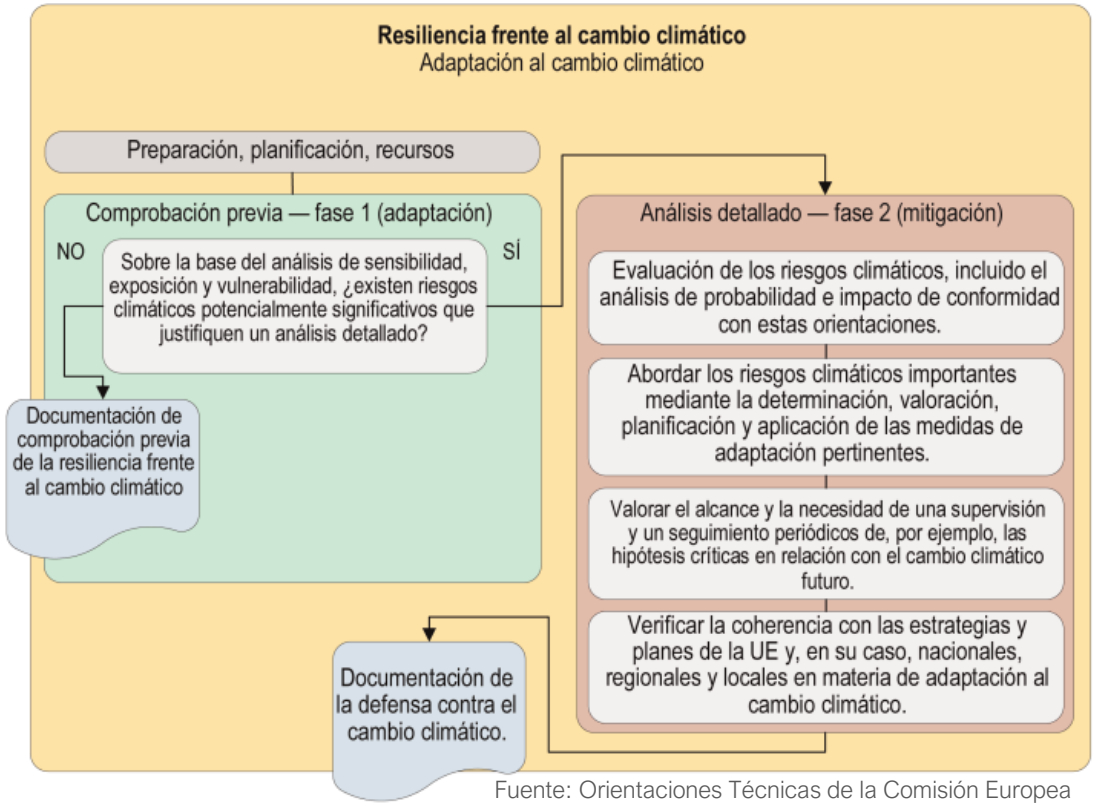


Áreas peligro incendios forestales

Plan Anual de Prevención, Vigilancia y Extinción de Incendios Forestales 2025



Fuente: Visor IDECyL



Fuente: Orientaciones Técnicas de la Comisión Europea

Análisis de Tendencias Climáticas Futuras (Herramientas disponibles)

- Basado en escenarios del IPCC
  - Escenario SSP2-4.5
  - Escenario SSP5-8.5
- Diferentes visores de riesgos naturales (incendios, inundación)

Fase 1: Comprobación previa

- Análisis de vulnerabilidad.

Fase 2: Análisis detallado

- Evaluación de Riesgos
- Medidas de Adaptación (Estructurales y no Estructurales)

PELIGROS CLIMÁTICOS

Variación de la Temperatura | Olas de Calor | Precipitaciones fuertes | Inundación Fluvial | Sequía | Incendios forestales

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

El objetivo del **análisis de sensibilidad** es determinar qué peligros climáticos son relevantes para el tipo específico de proyecto, independientemente de su ubicación.

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Cuadro de sensibilidad indicativo: *(ejemplo)*	Variables y peligros climáticos: Inundación	Calor	...	Sequía
Temas: Activos sobre el terreno...	Alto	Bajo	...	Bajo
Insumos (agua...)	Medio	Medio	...	Bajo
Resultados (productos...)	Alto	Bajo	...	Bajo
Enlaces de transporte	Medio	Bajo	...	Bajo
Puntuación más alta en cuatro temas	Alto	Medio	...	Bajo

El resultado del análisis de sensibilidad puede resumirse en un cuadro con la clasificación de la sensibilidad de las variables y los peligros climáticos pertinentes para un tipo de proyecto determinado, independientemente de la ubicación, incluidos los parámetros críticos, y divididos, por ejemplo, en los cuatro temas.

ANÁLISIS DE EXPOSICIÓN

Cuadro de exposición indicativo: *(ejemplo)*	Variables y peligros climáticos: Inundación	Calor	...	Sequía
Clima actual	Medio	Bajo	...	Bajo
Clima futuro	Alto	Medio	...	Bajo
Puntuación más alta, actual+futuro	Alto	Medio	...	Bajo

El resultado del análisis de exposición puede resumirse en un cuadro con la clasificación de la exposición de las variables y los peligros climáticos pertinentes para la ubicación seleccionada, independientemente del tipo de proyecto y divididos, por ejemplo, en clima actual y futuro. Tanto para el análisis de sensibilidad como para el de exposición, el sistema de puntuación debe definirse y explicarse de forma cuidadosa y las puntuaciones otorgadas deben justificarse.

El objetivo del **análisis de exposición** es determinar qué peligros son pertinentes para la ubicación prevista del proyecto, independientemente del tipo de proyecto.

El **análisis de vulnerabilidad** combina el resultado del análisis de sensibilidad y el análisis de exposición

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

Cuadro de vulnerabilidad indicativa: *(ejemplo)*		Exposición (clima actual + futuro): Alto	Medio	Bajo
Sensibilidad (puntuación más alta en los cuatro temas)	Alto	Inundación		
	Medio		Calor	
	Bajo			Sequía

Leyenda: Nivel de vulnerabilidad
Alto
Medio
Bajo

El análisis de vulnerabilidad puede resumirse en un cuadro para el tipo de proyecto específico en la ubicación seleccionada. Combina el análisis de sensibilidad y el de exposición. Las variables y los peligros climáticos más pertinentes son los que tienen un nivel de vulnerabilidad alto o medio, que llevan a los pasos siguientes. Los niveles de vulnerabilidad deben definirse y explicarse cuidadosamente y las puntuaciones dadas deben justificarse.

Tiene como objetivo determinar los posibles peligros significativos y los riesgos conexos.

Análisis de Sensibilidad

Vulnerabilidad = **Sensibilidad** x Exposición

PELIGRO CLIMÁTICO	SENSIBILIDAD				
	ACTIVOS SOBRE EL TERRENO	INSUMOS	RESULTADOS	SISTEMAS INTERDEPENDIENTES	MÁXIMA
Variación de la temperatura	1	-	1	-	Baja
Ola de calor	1	-	1	-	Baja
Precipitaciones fuertes	3	1	1	3	Alta
Inundación	3	1	1	3	Alta
Sequía	2	-	2	-	Media
Incendios forestales	3	-	-	2	Alta

SENSIBILIDAD	VALOR	DESCRIPCIÓN
NULA	-	El peligro climático no tiene impacto (nulo)
BAJA	1	El peligro climático podría impactar mínimamente
MEDIA	2	El peligro climático podría tener un impacto moderado
ALTA	3	El peligro climático podría tener un impacto significativo

Los principios de evaluación, los niveles de puntuación, etc. deben adaptarse a las características específicas del proyecto, esto es solo un ejemplo, lo importante es demostrar un razonamiento claro y lógico.

Activos sobre el terreno	Infraestructuras asociadas, equipamientos, construcciones e instalaciones que conforman el proyecto. Incluye: materiales, mobiliario, alumbrado, sistemas de drenaje (tradicional o SUDs), sistema eléctrico, sistema de abastecimiento, espacios de estacionamiento, zonas verdes, etc.
Insumos	Energía y agua (potable / no potable) necesario para el funcionamiento de la planta solar. Se considera además los servicios de mantenimiento regulares, así como al personal que lo lleva a cabo.
Resultados	Relativo al funcionamiento óptimo de la planta solar y la correcta prestación de servicios.
Sistemas interdependientes	Fuera del control directo del proyecto. Accesos y conexiones dentro del parque, así como de este con las zonas aledañas.

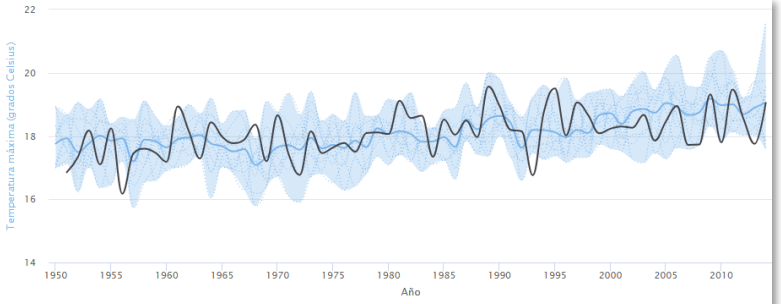
Análisis de Exposición

Vulnerabilidad = Sensibilidad x **Exposición**

PELIGRO CLIMÁTICO	EXPOSICIÓN ACTUAL	EXPOSICIÓN FUTURA	EXPOSICIÓN MÁXIMA
Variación de la temperatura	2	3	Alta
Ola de calor	2	3	Alta
Precipitaciones fuertes	2	3	Alta
Inundación	2	3	Alta
Sequía	1	2	Media
Incendios forestales	1	2	Media

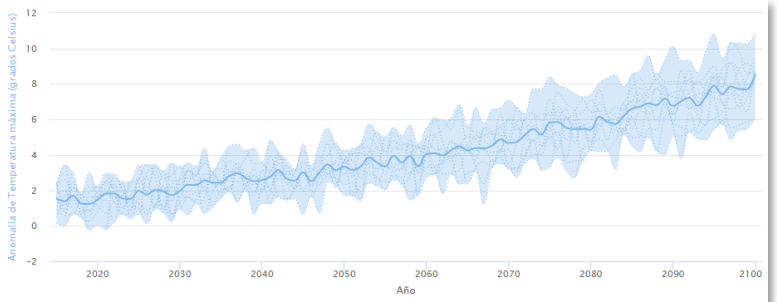
EXPOSICIÓN	
Clasificación	Valor
Sin exposición	-
Baja	1
Media	2
Alta	3

HISTÓRICO



Modelos individuales (azul punteado) – Media (en azul negrita) – Observaciones (en negro cuando proceda)

TEMPERATURA MÁXIMA SSP5-8.5



	VARIABLE CLIMÁTICA	Valor histórico de referencia (1971-2000)	ESCENARIO SSP2-4.5 Cambio proyectado respecto al valor original: Futuro cercano (2015-2040)	Futuro medio (2041-2070)	Futuro lejano (2071-2100)	ESCENARIO SSP5-8.5 Cambio proyectado respecto al valor original: Futuro cercano (2015-2040)	Futuro medio (2041-2070)	Futuro lejano (2071-2100)
VALLADOLID	Temperatura máxima (ºC)	18,05 ºC	1,87ºC	2,97ºC	3,77ºC	2,01ºC	3,65ºC	6,48ºC
	Temperatura máxima extrema (ºC)	36,13ºC	2,79ºC	4,18ºC	5,28ºC	3,42ºC	5,63ºC	8,95ºC
	Duración máxima de las olas de calor (Días)	12 días	11,54 días	18,63 días	28,01 días	12,67 días	27,51 días	53,48 días
	Grados-día de refrigeración (ºC)	88,50ºC	74,65ºC	128,98ºC	182,32ºC	88,88ºC	180,7ºC	386,86ºC
	Precipitación (mm/año)	352,12 mm	-0,63%	-4,31%	-7,89%	-2,52%	-4,69%	-17,40%	
	Precipitación máxima en 24 horas (mm/día)	17,73 mm/día	5,53%	7,90%	9,87%	5,02%	12,13%	10,38%
	Máximo número de días consecutivos con precipitación <1mm	57,45 días	7,58 días	19,60 días	26,37 días	12,67 días	21,62 días	37,56 días

Análisis de Vulnerabilidad

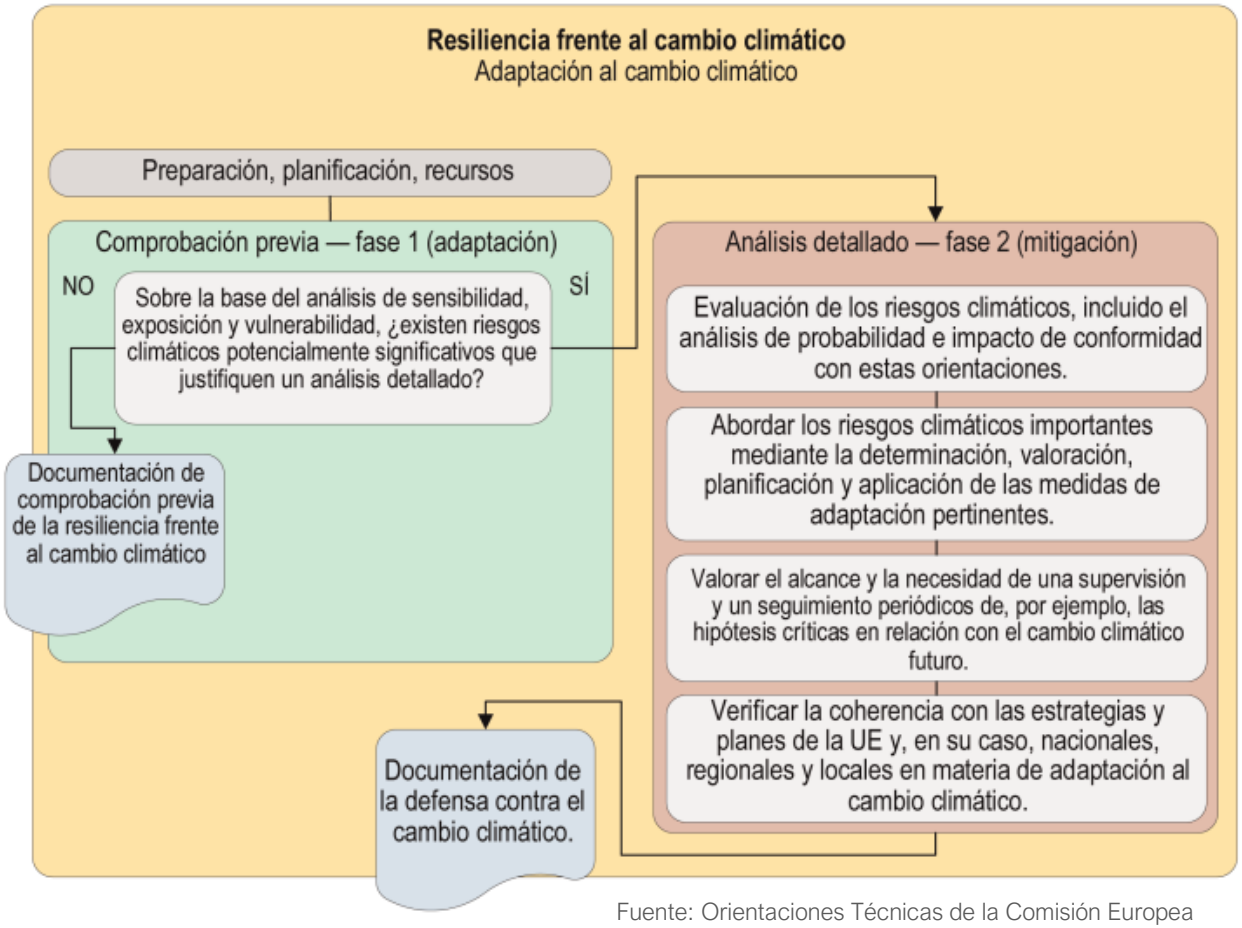
Vulnerabilidad = Sensibilidad x Exposición

VALLADOLID	VULNERABILIDAD		
PELIGRO CLIMÁTICO	EXPOSICIÓN	SENSIBILIDAD	VULNERABILIDAD
Variación de la temperatura	3	1	Media
Ola de calor	3	1	Media
Precipitaciones fuertes	3	3	Alta
Inundación	3	3	Alta
Sequía	2	2	Media
Incendios forestales	2	3	Alta

VULNERABILIDAD		EXPOSICIÓN		
		BAJA	MEDIA	ALTA
SENSIBILIDAD	BAJA	1	2	3
	MEDIA	2	4	6
	ALTA	3	6	9

- Si el proyecto presenta vulnerabilidades bajas no es necesario realizar la Fase 2: Análisis Detallado
- Sin embargo, si presenta vulnerabilidades **medias y altas** para algunos peligros climáticos es necesario pasar al análisis detallado y elaborar la evaluación de riesgos climáticos para esos peligros climáticos.

Resumen del proceso relativo a la adaptación al cambio climático para la defensa contra el cambio climático



Fuente: Orientaciones Técnicas de la Comisión Europea

Análisis de Tendencias Climáticas Futuras (Herramientas disponibles)

- Basado en escenarios del IPCC
  - Escenario SSP2-4.5
  - Escenario SSP5-8.5
- Diferentes visores de riesgos naturales (incendios, inundación)

Fase 1: Comprobación previa

- Análisis de vulnerabilidad.

Fase 2: Análisis detallado

- Evaluación de Riesgos
- Medidas de Adaptación (Estructurales y no Estructurales)

EVALUACIÓN DE RIESGOS CLIMÁTICOS

Probabilidad de que los peligros climáticos detectados se materialicen en un plazo determinado

ANÁLISIS DE PROBABILIDAD

Escala indicativa para evaluar la probabilidad de un peligro climático (ejemplo):

Término	Cualitativo	Cuantitativo (*)
Raro	Muy poco probable que ocurra	5 %
Improbable	Poco probable que ocurra	20 %
Moderado	Misma probabilidad de ocurrir que de no ocurrir	50 %
Probable	Es probable que ocurra	80 %
Casi seguro	Es muy probable que ocurra	95 %

El resultado del análisis de probabilidad puede resumirse en una estimación cualitativa o cuantitativa de la probabilidad de cada una de las variables y los peligros climáticos esenciales. (*) La definición de las escalas requiere un análisis cuidadoso por varias razones, entre ellas, que la probabilidad y el impacto de los peligros climáticos esenciales podrían cambiar significativamente durante la vida útil del proyecto de infraestructura, entre otras razones, debido al cambio climático. En los estudios existentes se hace referencia a varias escalas.

Consecuencias derivadas del peligro climático en caso de que este se produzca

ANÁLISIS DE IMPACTO

Escala indicativa para evaluar el impacto probable de un peligro climático (ejemplo) *Áreas de riesgo:* / *Impacto:*	Insignificante	Leve	Moderado	Grave	Catastrófico
Daños a los activos, ingeniería, operativos					
Seguridad y salud					
Medio ambiente, patrimonio cultural					
Social					
Financiera					
Reputación					
Cualquier otra área de riesgo pertinente					
Global, para las áreas de riesgo mencionadas anteriormente					

El análisis de impacto proporciona una evaluación especializada del impacto potencial para cada una de las variables y los peligros climáticos esenciales.

Representa el nivel de importancia de cada riesgo potencial

EVALUACIÓN DE RIESGOS

Cuadro de riesgos indicativo: *(ejemplo)*

Probabilidad	Impacto general de las variables y los peligros climáticos esenciales (ejemplo): Insignificante	Leve	Moderado	Grave	Catastrófico
Raro					
Improbable		Sequía			
Moderado		Calor	Inundación		
Probable					
Casi seguro					

Leyenda:

Nivel de riesgo
Bajo
Medio
Alto
Extremo

El resultado del análisis de riesgos puede resumirse en un cuadro que combine la probabilidad y el impacto de las variables y los peligros climáticos esenciales. Se requieren explicaciones detalladas para calificar y fundamentar las conclusiones de la evaluación. Los niveles de riesgo se deben explicar y justificar.

Análisis de Probabilidad

Riesgo = **Probabilidad** X Impacto

PELIGRO CLIMÁTICO	PROBABILIDAD VALOR
Variación de la temperatura	5
Ola de calor	5
Precipitaciones fuertes	4
Inundación	3
Sequía	4
Incendios forestales	3

Probabilidad		Escala de probabilidad de un peligro climático	
		Cualitativo	Cuantitativo *
Clasificación	Raro (1)	Es muy poco probable que ocurra	<10%
	Improbable (2)	Es poco probable que se produzca	10-30%
	Posible (3)	Es posible, ha ocurrido en un país / contextos similares	30-60%
	Probable (4)	Es probable que ocurra	60-90%
	Casi seguro (5)	Es muy probable que se produzca, posiblemente varias veces.	>90%

* Probabilidad de ocurrencia (%)

Evaluación de Impactos

Riesgo = Probabilidad X **Impacto**

PELIGRO CLIMÁTICO	IMPACTO				
	DAÑOS A ACTIVOS	DAÑOS OPERATIVOS	MEDIO AMBIENTE	SOCIAL	MÁXIMA
Variación de la temperatura	2	2	2	1	Leve
Ola de calor	2	2	2	1	Leve
Precipitaciones fuertes	4	4	3	2	Grave
Inundación	4	4	3	2	Grave
Sequía	3	2	3	1	Moderado
Incendios forestales	3	2	1	2	Moderado

IMPACTO	ÁREA DE RIESGO			
	DAÑOS A LOS ACTIVOS	DAÑOS OPERATIVOS	MEDIO AMBIENTE	SOCIAL
MAGNITUD DE LAS CONSECUENCIAS: INSIGNIFICANTE (1)	El impacto no supone un cambio en la actividad normal	El impacto no supone un cambio en la actividad normal	Acontecimiento sin afección al medio ambiente (suelo, vegetación, etc.)	Acontecimiento sin afección al ámbito social
LEVE (2)	La actividad normal puede absorber el impacto	La actividad normal puede absorber el impacto	Sin impacto en el ambiente de referencia. Localizado en la zona de origen. No se requiere recuperación	Ningún impacto social negativo
MODERADO (3)	Acontecimiento adverso que se puede absorber adoptando medidas de continuidad de la actividad	Acontecimiento adverso que se puede absorber adoptando medidas de continuidad de la actividad	Localizado dentro de los límites del emplazamiento. Recuperación medible en el plazo de un mes desde el impacto.	Impactos sociales localizados y temporales. Reducción del confort moderada
GRAVE (4)	Acontecimiento grave que requiere medidas adicionales de emergencia para la continuidad de la actividad	Acontecimiento grave que requiere medidas adicionales de emergencia para la continuidad de la actividad	Daño moderado con posible efecto más amplio. Recuperación en un año	Impactos sociales localizados y a largo plazo. Reducción del confort significativa.
MUY GRAVE (5)	Acontecimiento crítico que requiere medidas extraordinarias de emergencia y compromete la continuar de la actividad	Acontecimiento crítico que requiere medidas extraordinarias de emergencia y compromete la continuar de la actividad	Daño significativo con efecto local. Recuperación superior a un año. Incumplimiento de los reglamentos medioambientales o de la autorización	Daños personales moderados. Impactos sociales generalizados y a largo plazo.

Evaluación del Riesgo

Riesgo = Probabilidad X Impacto

	PELIGRO CLIMÁTICO	RIESGO		
		PROBABILIDAD	IMPACTO	RIESGO
VALLADOLID	Variación de la temperatura	5	2	Medio
	Ola de calor	5	2	Medio
	Precipitaciones fuertes	4	4	Alto
	Inundación	3	4	Alto
	Sequía	4	3	Alto
	Incendios forestales	3	3	Medio

Para los riesgos climáticos **significativos** se definirán medidas de adaptación específicas para reducir dichos riesgos a niveles aceptables.

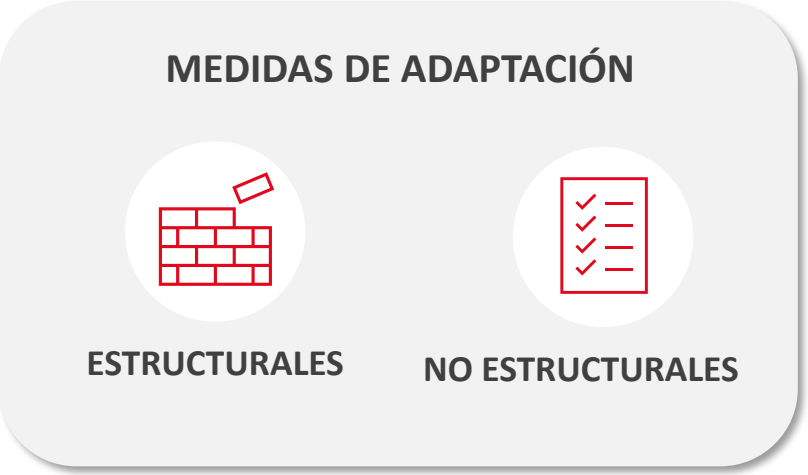
RIESGO	
CLASIFICACIÓN	RESULTADO
INSIGNIFICANTE	1-2
BAJO	3-6
MEDIO	7-10
ALTO	11-16
MUY ALTO	17-25

RIESGO		IMPACTO				
		Insignificante (1)	Leve (2)	Moderado (3)	Grave (4)	Muy grave (5)
PROBABILIDAD	Raro (1)	1	2	3	4	5
	Improbable (2)	2	4	6	8	10
	Posible (3)	3	6	9	12	15
	Probable (4)	4	8	12	16	20
	Casi seguro (5)	5	10	15	20	25

DISEÑO DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

DETERMINAR OPCIONES DE ADAPTACIÓN	VALORAR OPCIONES DE ADAPTACIÓN	PLANIFICAR LA ADAPTACIÓN
Proceso de determinación de opciones: — Determinar las opciones que responden a los riesgos (utilizar, p. ej., talleres de expertos, reuniones y evaluaciones) — La adaptación puede implicar una combinación de respuestas, por ejemplo,: — formación, desarrollo de la capacidad, seguimiento — uso de mejores prácticas, normas — soluciones basadas en la naturaleza — soluciones de ingeniería, diseño técnico — gestión de riesgos, seguros	La valoración de las opciones de adaptación debe tener en cuenta las circunstancias específicas y la disponibilidad de datos. En algunos casos, podría bastar con una rápida opinión de los expertos, mientras que en otros casos se podría justificar un análisis coste-beneficio detallado. Podría ser pertinente estudiar la solidez de varias opciones de adaptación frente a las incertidumbres del cambio climático.	Integrar las medidas pertinentes de resiliencia frente al cambio en el diseño técnico del proyecto y en las opciones de gestión. Elaborar un plan de ejecución, un plan de financiación, un plan de seguimiento y respuesta, un plan de revisión periódica de las hipótesis y de la evaluación de la vulnerabilidad y los riesgos climáticos, etc. La evaluación de la vulnerabilidad y los riesgos y la planificación de la adaptación tienen como objetivo reducir los riesgos climáticos restantes a un nivel aceptable.

Fuente: Orientaciones Técnicas de la Comisión Europea



- Las **medidas estructurales** comprenden la modificación del diseño o las especificaciones de los activos físicos y las infraestructuras, o la adopción de soluciones alternativas o mejoradas.
- Las **medidas no estructurales** comprenden la planificación de la utilización del suelo, la mejora de los programas de seguimiento o de respuesta a emergencias, la formación del personal y las actividades de transferencia de capacidades, la elaboración de marcos estratégicos o empresariales de evaluación de riesgos climáticos, las soluciones financieras como los seguros contra fallos en la cadena de suministro o los servicios alternativos.

DISEÑO DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

El cambio climático plantea un triple desafío para el sector energético:

- Garantizar la demanda energética actual y futura a la par que se mitigan las emisiones de **Gases de Efecto Invernadero**.
- Imperiosa necesidad de aumentar la resiliencia de los activos renovables frente a los impactos actuales y futuros generados por el Cambio Climático.
- Mantener la **rentabilidad y viabilidad a largo plazo** de los activos renovables

Solar Fotovoltaica

- Precipitaciones fuertes/ Inundaciones
- Erosión
- Sequía
- Temperaturas Elevadas y Estrés Térmico

Eólica

- Variación en los patrones de viento
- Temperaturas Elevadas y Estrés Térmico
- Precipitaciones fuertes
- Inundaciones

BESS

- Temperaturas Elevadas
- Incendios
- Estrés Térmico

T&D

- Inundaciones
- Temperaturas Elevadas y Temperaturas Elevadas y Estrés Térmico
- Erosión.

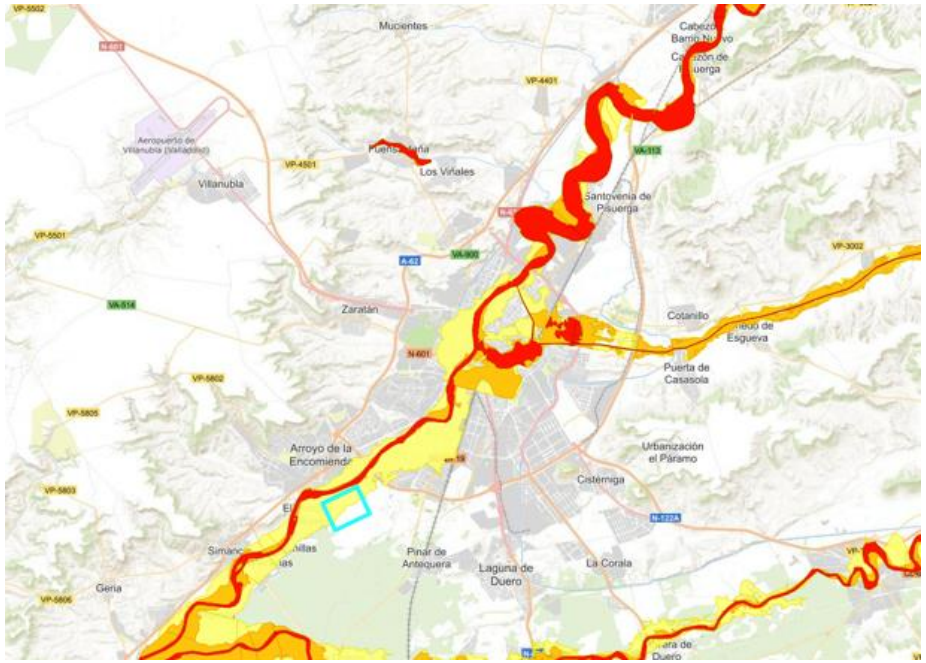
Selección del emplazamiento

Aspecto fundamental para la Adaptación al Cambio Climático:

1. Buscar emplazamiento con riesgos climáticos bajos
   - Fuera de zonas de inundación y zonas de flujo preferente
2. Establecer medidas de adaptación adecuadas

Ejemplo. Planta solar fotovoltaica sobre zona inundable

- Dimensionar sistemas de **drenaje** y evacuación adecuados y respetuosos con el medio ambiente.
- Estructuras metálicas (piles) **reforzadas** e hincados a más **profundidad**.
- Refuerzo y dimensionado adecuado de **recubrimientos anticorrosivos**.
- **Elevación** de estructuras y estaciones de potencia.



Fuente: SNCZI

Medidas contra la Variación de la Temperatura – Solar Fotovoltaica

En Paneles Fotovoltaicos, el aumento de temperatura provoca **estrés térmico** acumulado, una **reducción de la eficiencia** de conversión. Esto se debe a que, con mayor calor, el voltaje generado por las células solares disminuye, **reduciendo la potencia total** disponible e **incrementando la tasa de degradación anual** y LID.

Fuente: TYPSA. Planta Solar Fotovoltaica "El Romero" 246MWp.

Adaptación Estructural

- Módulos de bajo **coeficiente de temperatura**: Minimizar la caída de eficiencia.
- **Mayor pitch** para favorecer disipación térmica: Mejora la ventilación natural entre módulos
- Diseño de **estructuras elevadas** o con sistemas pasivos de ventilación
- Implementación de **cobertura vegetal** o **agrovoltaica**: Reduce la temperatura del suelo, mejora la humedad relativa y disminuye el efecto isla de calor.
- Selección de módulos con mayores garantías de degradación
- Priorizar tecnologías como TOPCon o HJT, que presentan mejor comportamiento térmico.
- Aplicación de recubrimientos reflectantes en superficies cercanas (suelo o estructuras): Ayuda a disminuir la absorción térmica y mantener temperaturas más estables

Medidas contra la Variación de la Temperatura - Solar Fotovoltaica

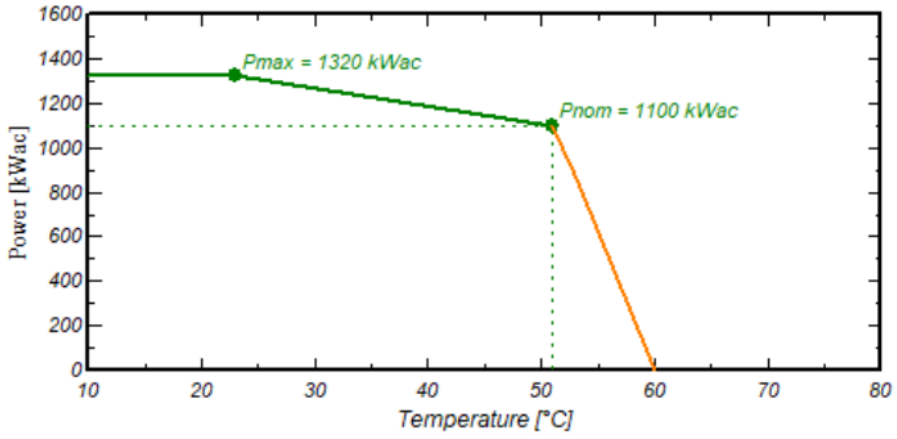
Adaptación No-estructural

- Evaluación Térmica en fase de diseño:
  - Uso de simulaciones climáticas y modelado energético para prever escenarios de estrés térmico futuro.
- **Planificación operativa** ajustada:
  - Horarios de mantenimiento y limpieza en las horas más frescas del día.
  - Evitar operación crítica durante máximos térmicos.
- Sistema de **monitoreo térmico** en tiempo real
  - Supervisión continua de la temperatura de módulos e inversores para activar respuestas preventivas.
  - Mantenimiento preventivo más frecuente en verano

Fuente: TYPSA. Planta Solar Fotovoltaica “Potosí Solar” 300 MWp.

Medidas contra la Variación de la Temperatura - Solar Fotovoltaica

En Inversores, el aumento de temperatura puede provocar **pérdida de eficiencia**, **reducción de la potencia** (deRating) o incluso el fallo.



Fuente: PVsyst. Comportamiento del inversor frente a temperatura

Adaptación Estructural

- Selección de inversores con **amplio rango operativo** térmico.
- Sistemas de **Refrigeración:**
  - ventilación forzada
  - Refrigeración líquida.
- **Ubicación** estratégica:
  - Sombra natural
  - Pérgolas
  - Preferencia de orientación hacia el Norte

Adaptación No-estructural

- Considerar **redundancia de inversores** para evitar pérdidas totales ante eventos extremos
- **Supervisión** térmica en **tiempo real** y control predictivo.
- Especificar en la licitación técnica **requisitos de rendimiento térmico**, además de eléctricos.
- **Ajuste dinámico** de la producción ante alertas climáticas extremas.

Medidas para Precipitaciones Fuertes / Inundaciones - Solar Fotovoltaica

El cambio climático está incrementando la frecuencia e intensidad de **lluvias torrenciales** y **fenómenos meteorológicos extremos** que pueden afectar gravemente a proyectos solares fotovoltaicos de gran escala como afecciones a las cimentaciones, daño a drenajes y viales internos, y corrosión acelerada en las estructuras metálicas

Medidas de adaptaciones

- Sobredimensionamiento del **sistema de drenaje**: Zanjas, canales y sumideros
- Soluciones Naturales tipo **SUDS**:
  - Uso de cubiertas vegetales y mulching
  - Creación de áreas de retención natural (balsas de infiltración) o zonas húmedas
- Sobredimensionamiento del **recubrimiento anticorrosivo**.
- Revisión y **refuerzo de cimentaciones**: contra la erosión y descalces

Drenaje cubierto de malla Paja Coco

Drenaje cubierto de Paja Coco

Medidas adaptación para sequía - Solar Fotovoltaica

El aumento progresivo en la frecuencia, duración e intensidad de las sequías, particularmente en las regiones del sur y centro de España plantea desafíos para garantizar la **sostenibilidad, rentabilidad de las infraestructuras y su vida útil**. La limitación en el **uso de agua** para limpieza puede aumentar las pérdidas de rendimiento por "**soiling**"; la desecación del suelo facilitará la **erosión del terreno;** y aumentará el **riesgo de incendios** cerca de la planta.

Adaptación Estructural

- Mitigación de pérdidas por soiling:
  - Implementación de sistemas de limpieza mecánica o en seco, o inversión en paneles con revestimiento hidrofóbicos o antiestáticos.
  - Limpieza con agua reciclada o no potable
- Gestión del suelo:
  - Introducción de cobertura vegetal (a través de mallas paja-coco con mulching) con especies autóctonas y resistentes a la sequía.
  - Estabilización del suelo con geotextiles en zonas sin vegetación.

Pilar descalzado por la erosión

Medidas adaptación contra el viento- Solar Fotovoltaica

Riesgos clave: desprendimiento de paneles, daño a estructuras y soportes, desplazamiento de polvo y arena.

Plantas Fotovoltaicas dañadas por fuertes vientos

Adaptación Estructural

- Diseño Robusto y adaptado a vientos fuertes.
- Sistemas de seguidor solar con bloqueo automático.
- Aplicación de normativas específicas para Energía Solar (IEC 61215)
- Colocación de barreras naturales contra el viento y polvo (pantalla vegetal)

Adaptación No-estructural

- Monitoreo meteorológico.
- Mantenimiento predictivo y preventivo basado en datos
- Monitoreo y actualización de las medidas de adaptación

Adaptación de otras tecnologías - Parques Eólicos (Onshore/Offshore)

Riesgos clave: viento extremo, variabilidad de viento, corrosión marina (offshore), temperaturas extremas, tormentas y oleajes.

Adaptación Estructural

- **Diseños** de torres y palas **más robusto** contra vientos extremos
- **Materiales resistentes al calor y sistemas de refrigeración** en componentes eléctricos.
- Cimentaciones y caminos internos adaptadas a la erosión

Adaptación no-estructural

- Mantenimiento **predictivo y preventivo** en tiempo real
- **Monitorización** constante de las **condiciones meteorológicas** y planes de acción de respuesta rápida

Cimentación PE Amistad III&IV

Parque Eólico GECAMA

Adaptación de otras tecnologías - Parques Eólicos (Onshore/Offshore)

Riesgos clave: viento extremo, variabilidad de viento, corrosión marina (offshore), temperaturas extremas, tormentas y oleajes.

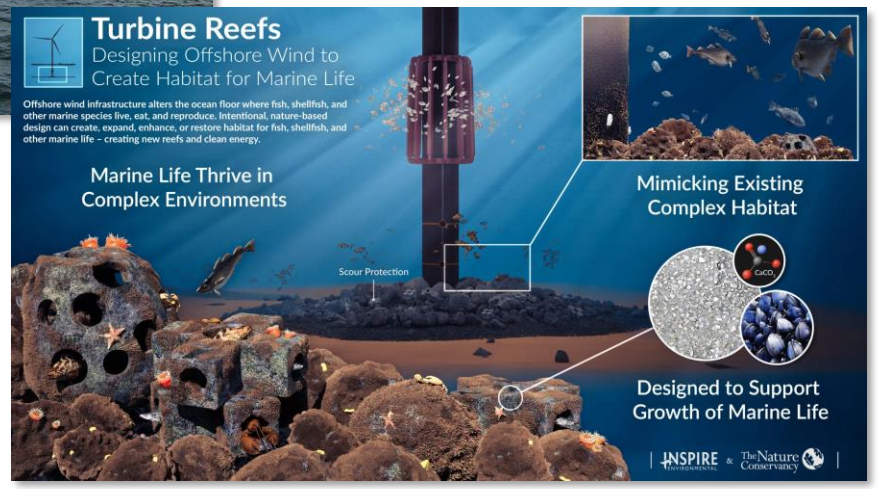
Adaptación Estructural

- **Diseños** de torres y palas **más robusto**
- **Materiales anticorrosivos** diseñados para nuevas condiciones climáticas
- **Cimentaciones resistentes al oleaje y movimientos marinos**
- **Diseño de barreras** respetuosas con la vida marina

Adaptación no-estructural

- Mantenimiento **predictivo y preventivo** en tiempo real
- **Monitorización** constante de las **condiciones meteorológicas** y planes de acción de respuesta rápida

Fuente: TYPSA. Parque eólico Offshore "WindFloat Atlantic"



Fuente: The Nature Conservancy. Arrecife artificial en base de turbina eólica

Adaptación de otras tecnologías – Infraestructura de Transmisión y Distribución

Riesgos clave: temperaturas elevadas, tormentas, inundaciones, incendios forestales.

Adaptación Estructural

- Sobredimensionamiento térmico de conductores y transformadores
- Protección física contra incendios
- Diseño optimizado contra inundaciones y erosión del terreno
- Diseño optimizado contra vientos extremos

Adaptación no-estructural

- Mantenimiento preventivo basado en análisis térmico
- Planes de contingencia con sistemas de respaldo y respuesta rápida

Fuente: TYPSA. SET “El Águila”

Adaptación de otras tecnologías – Infraestructura de Transmisión y Distribución

En Transformadores, el **aumento de la temperatura** puede provocar fallos como el sobrecalentamiento del aceite y los devanados (riesgo de incendios y explosión) y una mayor pérdida eléctrica interna; reduciendo considerablemente a vida útil.

Fuente: TYPSA. Subestación del Parque Eólico "Corti"

Adaptación Estructural

- **Sobredimensionamiento Térmico** (transformadores con mayor capacidad nominal)
- **Refrigeración** auxiliar:
  - Ventiladores adicionales
  - Enfriamiento líquido
- Cubiertas de sombra o casetas ventiladas.

Adaptación No-estructural

- Programación de mantenimiento preventivo (análisis del aceite).

Adaptación de otras tecnologías – Sistemas de Almacenamiento con Baterías

Riesgos clave: altas temperaturas, sobrecalentamiento, incendios, humedad, daños eléctricos.

Adaptación Estructural

- Sistemas avanzados de **gestión térmica:** refrigeración líquida o ventilación forzada
- Protección contra la **humedad** (infiltraciones) y **corrosión**.
- Estructuras de **paisajismo y sombra**.
- Recintos resistentes a tormentas para componentes críticos.

Adaptación no-estructural

- **Mantenimiento preventivo** basado en análisis térmico (simulacros, monitoreo ambiental).
- **Modelado climático predictivo**: Integrar datos meteorológicos y proyecciones climáticas para anticipar eventos extremos (olas de calor, tormentas, etc.) y ajustar la operación del sistema.

Fuente: MITECO

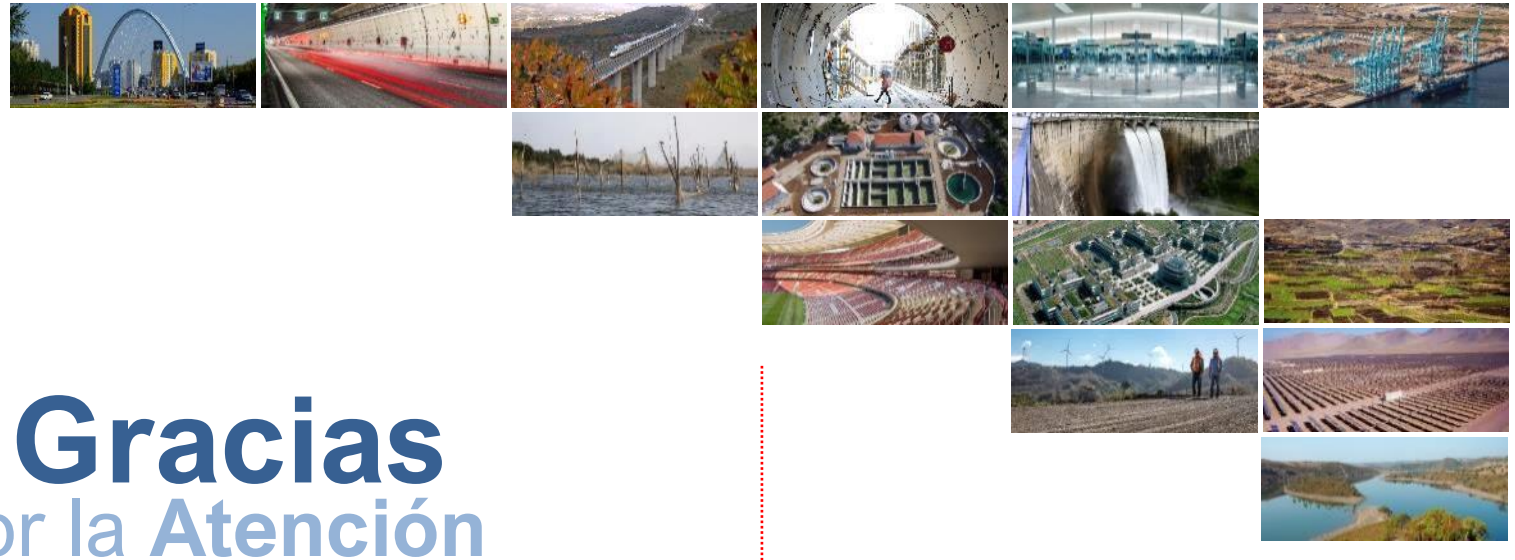
CONCLUSIONES

- Matriz de riesgos residuales después de implementación de medidas de adaptación
- Plan de monitoreo y control de las medidas
- Reporte:
  - Fase 1 Comprobación previa: Análisis de vulnerabilidad
  - Fase 2 Análisis detallado: Evaluación de Riesgos, en caso de tener que desarrollarla
  - Medidas de adaptación identificadas, estructurales y no estructurales
  - Alineación del proyecto con las estrategias y objetivos internacionales, nacionales y regionales en materia de adaptación

PREGUNTAS Y CIERRE

4

- Resolución de preguntas



Gracias
por la Atención

TYPSA

Patricia Rullán de la Mata | Directora de la División de Sostenibilidad y Evaluación Ambiental
prullan@typsa.com

Nuria Mesonero Picazo | Coordinadora de la Sección de Cambio Climático
nmesonero@typsa.com

Maria de los Ángeles Zamora Fernández | Experta de Cambio Climático
mazamora@typsa.com

Pablo Sánchez Sánchez | Director de Division de Energía Solar y Baterías|
psanchez@typsa.com

Septiembre 2025