



Infraestructuras Críticas

Resumen ejecutivo

2022

Informe de Impacto
y Vulnerabilidad al

Cambio Climático en Gipuzkoa

Gipuzkoako
Foru Aldundia
Departamento de Medio Ambiente
y Obras Hidráulicas



ETORKIZUNA ORAIN
Es futuro



Naturklima
Fundación de Cambio Climático de Gipuzkoa



Edita: Naturklima - Fundación de Cambio Climático de Gipuzkoa
Resumen ejecutivo del informe de Impacto y Vulnerabilidad al Cambio Climático en Gipuzkoa 2022
con depósito legal: LG D 00884-2022
Donostia / San Sebastián, 2022



Infraestructuras Críticas

Resumen ejecutivo

2022

Informe de Impacto y Vulnerabilidad al Cambio Climático en Gipuzkoa

Gipuzkoako
Foru Aldundia
Departamento de Medio Ambiente
y Obras Hidráulicas



ETORKIZUNA ORAIN
Es futuro



Naturklima
Fundación de Cambio Climático de Gipuzkoa



Naturklima

Aldaketa Klimatikoaren | Fundación de Cambio
Gipuzkoako Fundazioa | Climático de Gipuzkoa

Gipuzkoako
Foru Aldundia
Departamento de Medio Ambiente
y Obras Hidráulicas



ETORKIZUNA ORAIN
Es futuro

/G

Informe de Impacto
y Vulnerabilidad al
Cambio Climático
en Gipuzkoa



**José Ignacio
Asensio Bazterra**

Diputado de Medio Ambiente
y Obras Hidráulicas
Presidente de Naturklima

La historia de la humanidad se ha escrito a lo largo de los siglos al ritmo de los cambios, casi siempre obligados, que han llevado a los diferentes tipos de sociedades que han habitado y habitan el planeta a una evolución constante en todos los aspectos imaginables. Los humanos nos hemos adaptado a las nuevas realidades siempre con el fin de con un único objetivo final más allá incluso de nuestro bienestar: nuestra supervivencia. Por eso, en la actualidad, nos enfrentamos a uno de los mayores retos imaginables, porque lo que está en juego es precisamente nuestra supervivencia como especie.

El cambio climático implica, inevitablemente, un nuevo periodo de alteraciones. Los expertos climáticos del IPCC nos han advertido en numerosas ocasiones, y a través de no pocos y variados informes, de la especial importancia estratégica de la presente década como punto de partida para trabajar en una doble dirección: mitigar a través de nuestros actos los efectos del cambio climático, y trabajar en la creación de escenarios resilientes para adaptarnos a aquellas situaciones que nos será complicado evitar por mor de la actual organización de las sociedades avanzadas. Es el momento de cambiar: cómo nos alimentamos, cómo nos movemos, cómo producimos, cómo consumimos y, en definitiva, cómo interactuamos con un planeta que es nuestro hogar y que debemos cuidar.

“Gipuzkoa Klima 2050”, nuestra estrategia de lucha contra el cambio climático aprobada en 2018, fue el impulso definitivo que dimos a esa transformación en Gipuzkoa. El propósito era y, de hecho es, muy sencillo: apostar firmemente mediante normativas, planificaciones, colaboración y por supuesto presupuestos, por impulsar políticas para ralentizar el calentamiento global, garantizar la calidad de vida de la población de Gipuzkoa y asegurar un futuro sostenible para las futuras generaciones.

En este contexto surgió Naturklima, primera fundación que opera a nivel territorial con el objetivo de analizar el calentamiento global y valorar su impacto en la sociedad. Naturklima analiza todos los años, a través de su observatorio, los principales indicadores que nos permiten seguir la evolución de los efectos causados por el cambio climático y realizar proyecciones de futuro. Es imprescindible conocer lo que nos puede ocurrir para poder anticiparnos y mejorar nuestra capacidad de adaptación y contribuir al mismo tiempo a frenar la crisis climática.

Este es el tercer “Informe de Impacto y Vulnerabilidad al Cambio Climático en Gipuzkoa” que realizamos, y hemos querido ahondar en la incidencia que el cambio climático puede tener a lo largo del presente siglo sobre las infraestructuras críticas de nuestro territorio. Las infraestructuras críticas garantizan el funcionamiento de las funciones vitales para la sociedad como la salud, la seguridad, la economía, o la educación. Es, por tanto, imprescindible conocer el impacto potencial y real del cambio climático sobre estas infraestructuras para adaptarnos, maximizar la resiliencia de nuestro territorio, y garantizar el bienestar de nuestra sociedad.

Las infraestructuras críticas son la columna vertebral de la sociedad moderna. Además de los daños físicos directos que les pueden ocasionar eventos meteorológicos y climáticos extremos tales como olas de calor, precipitaciones fuertes e inundaciones, se añaden esos otros daños indirectos provocados por pérdidas de operatividad o interrupciones de las cadenas de suministro o servicios auxiliares. Además, los impactos sobre estas infraestructuras suponen elevados costes económicos para el territorio. Según los datos y conclusiones corroboradas por el presente informe, las inundaciones, los embates de mar, y los fuertes vientos, han generado un coste que asciende a 270 millones de euros en Gipuzkoa en las tres últimas décadas.

También hemos confirmado que las carreteras, debido a los riesgos de inundaciones pluviales, y las infraestructuras de transmisión de electricidad, por su sensibilidad ante el aumento de temperaturas máximas, son las principales infraestructuras críticas por las que debemos velar, ya que destacan como los elementos más vulnerables ante los efectos del cambio climático.

Gracias a todo este conocimiento que estamos generando, en Gipuzkoa estamos preparados para pasar de las palabras a los hechos y seguir ejecutando las políticas de mitigación y adaptación necesarias que nos están posicionando como referentes, tanto en materia de economía circular como en transición energética.



Introducción



Naturklima
Fundación de Cambio Climático de Gipuzkoa

**Gipuzkoako
Foru Aldundia**
Departamento de Medio Ambiente
y Obras Hidráulicas



ETORKIZUNA ORAIN
Es futuro





La Estrategia Guipuzcoana de Lucha contra el Cambio Climático 2050 establece el objetivo fundamental de asegurar la resiliencia del territorio en relación con los impactos del cambio climático. Entre las metas definidas en la estrategia se recoge específicamente la Meta 7, *Anticipación a los riesgos*, la necesidad de prospección del cambio climático y actualización y mejora de la cartografía de riesgos de Gipuzkoa.

Uno de los ejes de actuación de la Fundación de Cambio Climático de Gipuzkoa, Naturklima, se enmarca en dicha meta, y da como resultado este *'Informe de Impacto y Vulnerabilidad al Cambio Climático en Gipuzkoa – Infraestructuras críticas'*. En el primer bloque del informe (Bloque I. El clima desde la escala global a la local en 2021) se realiza un seguimiento de los impactos que el cambio climático está generando a nivel global y también, de manera específica, en Gipuzkoa. En esta labor de observación se analizan múltiples indicadores climáticos, pero también ambientales, económicos y sociales. Además, en este informe se han analizado en detalle en un segundo bloque (Bloque II. Análisis de los efectos del cambio climático en las infraestructuras críticas de Gipuzkoa) los riesgos del cambio climático en las infraestructuras críticas (IC) del territorio. La protección y la seguridad de estas infraes-

tructuras es un requisito indispensable para la resiliencia de los territorios, ya que, incluso cualquier interrupción de corta duración no deseada podría tener graves consecuencias en los flujos de suministros y/o provocar perturbaciones y disfunciones graves en el territorio.

Este *Informe de Impacto y Vulnerabilidad al Cambio Climático en Gipuzkoa – Infraestructuras críticas'*, constituye el tercero de una serie de informes anuales elaborados por la Fundación de Cambio Climático de Gipuzkoa, Naturklima, que pretenden ser una herramienta que proporcione la información necesaria para la toma de decisiones en la planificación de medidas de adaptación y mitigación, y con todo ello contribuir a la mejora de la resiliencia del territorio, en línea con los objetivos marcados en la Estrategia Guipuzcoana de Lucha Contra el Cambio Climático 2050.





El clima desde la escala global a la local en 2021



Gipuzkoako
Foru Aldundia
Departamento de Medio Ambiente
y Obras Hidráulicas



ETORKIZUNA ORAIN
Es futuro





En este primer bloque del informe se realiza un diagnóstico descriptivo del clima en nuestro territorio en 2021 junto con el contexto histórico de una serie de variables climáticas esenciales. El objetivo es mejorar el conocimiento de la evolución del clima en Gipuzkoa. Para ello se analiza la evolución de un conjunto de indicadores, como la temperatura, pero también la concentración de gases de efecto invernadero, el contenido calorífico y el nivel del mar, que proporcionan una visión, tanto a escala global como regional, de la evolución del clima. Además, se presenta la evolución de los indicadores de seguimiento de los impactos del cambio climático en el territorio. A continuación, se resumen las principales tendencias observadas en los indicadores de cambio climático en Gipuzkoa.

- La temperatura media anual presenta una tendencia positiva desde el año 1971.
- En 2021, la temperatura media anual registrada en las estaciones meteorológicas del territorio fue de 13,2 °C, aproximadamente 0,3°C por debajo de la temperatura media (1981-2010).
- En la última década se han registrado 7 de los años más cálidos del siglo XXI.
- La última década (2011-2020) ha sido de media 0,5°C más cálida que el periodo 1981-2010.
- La precipitación acumulada anual no presenta una tendencia significativa en el periodo 1971-2021.
- 2021 fue un año normal en muchos puntos del territorio y húmedo especialmente en el litoral. Las precipitaciones acumuladas fueron alrededor de un 2,3% superiores al periodo de referencia 1981-2010.
- La última década (2011-2020) ha sido de media en torno a un 10% más húmeda que el periodo 1981-2010.
- El nivel del mar en las costas del golfo de Vizcaya está ascendiendo en promedio a 2,5 cm década⁻¹ desde los años 90.
- El ascenso del nivel del mar se está acelerando en la región en las últimas tres décadas respecto al ascenso medio en el siglo XX.





///

Análisis de los efectos del cambio climático en las infraestructuras críticas de Gipuzkoa



Naturklima
Fundación de Cambio Climático de Gipuzkoa

**Gipuzkoako
Foru Aldundia**
Departamento de Medio Ambiente
y Obras Hidráulicas



ETORKIZUNA ORAIN
Es futuro





El objetivo de este segundo bloque es mejorar el conocimiento de la vulnerabilidad y riesgo ante el cambio climático de las infraestructuras críticas de Gipuzkoa.

Las IC son elementos cruciales que garantizan el funcionamiento básico de cualquier sociedad (funciones vitales de la sociedad, la salud, la seguridad, la economía o el bienestar de las personas). Estas infraestructuras pueden potencialmente verse afectadas por amenazas relacionadas con el clima, como los fenómenos meteorológicos extremos, que pueden afectar a su eficacia, a su vida útil o pueden incluso conducir a su destrucción.

La recopilación de las principales IC del territorio se ha realizado en base a la Directiva Europea 2088/114/CE¹ y la

Ley 8/2011² sobre la protección de las infraestructuras críticas y el Real Decreto 704/2011 que desarrolla dicha ley, en las que se definen las infraestructuras críticas como “aquellas que proporcionan servicios esenciales para la sociedad y por tanto a proteger frente a todo tipo de riesgos, cuya función es indispensable y no permite soluciones alternativas, por lo que su perturbación o destrucción tendría un grave impacto sobre los servicios esenciales”. Para su definición se ha considerado los sectores estratégicos propuestos en el Anexo de esta ley (Tabla 1). Para cada uno de estos sectores, se han definido los subsectores estratégicos y las potenciales IC de cada subsector a partir de una revisión bibliográfica (Tabla 1, ej. Batista e Silva et al., 2019³).

SECTOR	SUBSECTOR	IC
ENERGÍA	Electricidad	Centros de transformación, distribuidoras, subestaciones, líneas de baja, media y alta tensión, central hidroeléctrica.
	Petróleo, gas y derivados	Depósitos, estación compresora, red de distribución.
TRANSPORTE	Transporte por carretera	Vías, centros de control de tráfico, plataformas logísticas, intercambiadores.
	Transporte aéreo	Aeropuertos, helipuertos.
	Transporte marítimo	Puertos, puertos de mercancías
	Transporte ferroviario	Vías ferroviarias, vías de metro, funicular, estaciones.
TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES (TIC)	Medio de comunicación	Antenas, repetidores, estaciones de emisión, tendidos.
	Internet	Centrales telefónicas, centros de datos.
SALUD	Asistencia sanitaria	Hospitales, centros de salud.
ALIMENTACIÓN	Industria alimentaria	Centros de transformación.
	Distribución y comercialización	Centros de distribución, centros logísticos, mercados mayoristas.
AGUA	Almacenamiento y distribución	Reservorios o embalses, captaciones, depósitos, bombas.
	Tratamiento	Potabilizadoras.
	Sistemas de drenaje y saneamiento	Colectores y red de saneamiento, tanques de tormenta, colectores, depuradoras, infraestructura de vertido.
SISTEMA FINANCIERO Y TRIBUTARIO	Entidades bancarias	Bancos centrales, centros de datos.
INSTALACIONES DE INVESTIGACIÓN	Centros de investigación	Laboratorios y almacenamientos.
ADMINISTRACIÓN	Seguridad ciudadana	Cuarteles de bomberos, comisarías de policía, protección civil.
	Servicios de emergencia	Infraestructuras que se utilizan en situaciones de emergencia (ej. polideportivos)
INDUSTRIA QUÍMICA	Instalaciones químicas	Instalaciones industriales SEVESO ⁴
ESPACIO	Instalaciones espaciales	Antenas, centros de control y telecomunicaciones
SOCIAL	Educación	Centros escolares
RESIDUOS	Infraestructuras de gestión de residuos	Planta de separación de envases, planta de compostaje, complejo Medioambiental de Gipuzkoa, estación de transferencia.

1. Tabla. Principales infraestructuras potencialmente críticas localizadas en el T.H. de Gipuzkoa.

- 1 Directiva 2088/114/CE del Consejo de 8 de diciembre de 2008 sobre la identificación y designación de infraestructuras críticas europeas y la evaluación de la necesidad de mejorar su protección.
- 2 Jefatura del Estado (2011). Ley 8/2011, de 28 de abril, por la que se establecen medidas para la protección de las infraestructuras críticas. “BOE” núm. 102, de 29 de abril de 2011. <https://www.boe.es/buscar/pdf/2011/BOE-A-2011-7630-consolidado.pdf>
- 3 Batista e Silva, F., Forzieri, G., Marin Herrera, M.A., Bianchi, A., Lavalle, C., Feyen, L. (2019). HARCI-EU, a harmonized gridded dataset of critical infrastructures in Europe for large-scale risk assessments. *Scientific Data*, 6, 126.

IMPACTOS HISTÓRICOS OBSERVADOS

El análisis de los impactos históricos observados permite no solo priorizar las amenazas climáticas más relevantes para el territorio, sino también comprender la naturaleza de los impactos derivados. Se han analizado los principales impactos históricos observados sobre las IC del territorio en base a la revisión de informes técnicos (Ura, 2018⁵; CCS, 2021⁶) y fuentes indirectas de información, principalmente medios de comunicación escritos.

El sector que presenta un mayor número de impactos es el transporte. En concreto, el subsector transporte por carretera es el que presenta un mayor número de impactos, ligados a las heladas y nevadas, inundaciones fluviales e inundación costera, precipitación extrema e inundaciones pluviales, deslizamientos y fuertes tormentas de viento.

El subsector 'seguridad ciudadana' es el que presenta un mayor número de incidencias. Esto se debe a que los servicios de emergencia se activan y actúan en cualquiera de los fenómenos meteorológicos extremos analizados.

Por último, el otro sector que presenta una alta frecuencia de impactos es el de la energía, asociado a eventos de fuerte tormenta de viento, que provocan cortes que dejan sin luz a determinadas poblaciones, o a inundaciones que anegan transformadores eléctricos que ocasionan incidencias en el suministro eléctrico.

4 Industrias que manipulan sustancias químicas peligrosas.

5 URA. (2018). Revisión y actualización de la evaluación del riesgo de inundación (EPRI 2º ciclo). Anexo 1. Registro de eventos de inundación.

6 CCS. (2021). Estadística riesgos extraordinarios. Serie 1971-2020. [Internet]. Disponible en: [14ca6778-2081-4060-a86d-728d9a17c522 \(consortseguros.es\)](https://14ca6778-2081-4060-a86d-728d9a17c522.consortseguros.es).



SECTOR	SUBSECTOR	IC	CALOR EXTREMO	HELADAS	INUNDACIONES FLUVIALES	PRECIPITACIÓN EXTREMA E INUNDACIÓN PLUVIAL	DESIZAMIENTOS	SEQUÍA METEOROLÓGICA	INCENDIO METEOROLÓGICO	FUERTES TORMENTAS DE VIENTO	NEVADAS	INUNDACIÓN COSTERA
ENERGÍA	Electricidad	Centros de transformación, distribuidoras, subestaciones, líneas de baja, media y alta tensión, central hidroeléctrica										
	Petróleo y derivados	Refinerías, oleoductos, terminales portuarias, depósitos										
	Gas	Estación compresora, gasoductos, red de distribución										
TRANSPORTE	Transporte por carretera	Vías, centros de control de tráfico, plataformas logísticas, intercambiadores										
	Transporte aéreo	Aeropuertos, helipuertos										
	Transporte marítimo	Puertos, puntos de mercancías, terminales de pasajeros										
	Transporte ferroviario	Vías ferroviarias, funicular, estaciones										
TIC	Medio de comunicación	Antenas, repetidores, estaciones de emisión, tendidos										
	Internet	Centrales telefónicas, centros de datos										
SALUD	Asistencia sanitaria	Hospitales, centros de salud										
ALIMENTACIÓN	Industria alimentaria	Centros de transformación										
	Distribución y comercialización	Centros de distribución, centros logísticos, mercados mayoristas										
AGUA	Almacenamiento y distribución	Embalses, captaciones, depósitos, bombas										
	Tratamiento	Potabilizadoras										
	Sistema de drenaje y saneamiento	Colectores y red de saneamiento, tanques de tormenta, depuradoras										

Ninguno/Bajo: Ninguno o menos de 1 episodio cada 5 años en la última década
 Moderado: Al menos 1 episodio cada 5 años en la última década
 Alto: Al menos 1 episodio cada 2 años en la última década

3. Tabla. Relevancia de los impactos históricos observados en Gipuzkoa.



SECTOR	SUBSECTOR	IC	CALOR EXTREMO	HELADAS	INUNDACIONES FLUVIALES	PRECIPITACIÓN EXTREMA E INUNDACIÓN PLUVIAL	DESIZAMIENTOS	SEQUÍA METEOROLÓGICA	INCENDIO METEOROLÓGICO	FUERTES TORMENTAS DE VIENTO	NEVADAS	INUNDACIÓN COSTERA
SIST. FINANCIERO	Entidades bancarias	Bancos centrales. Centros de datos										
INST. INVESTIGACIÓN	Centros de investigación	Laboratorios y almacenamientos										
ADMINISTRACIÓN	Seguridad ciudadana	Cuarteles de bomberos, comisarías de policía, protección civil										
	Servicios de emergencias	Infraestructuras que se utilizan en situaciones de emergencia										
INDUSTRIA QUÍMICA	Instalaciones químicas	Instalaciones industriales SEVESO										
ESPACIO	Instalaciones espaciales	Antenas, centros de control y telecomunicaciones										
SOCIAL	Educación	Centros escolares										
ESIDUOS	Infraestructuras de gestión de residuos	Planta de separación de envases, planta de compostaje, Complejo Medioambiental										

Ninguno/Bajo: Ninguno o menos de 1 episodio cada 5 años en la última década

Moderado: Al menos 1 episodio cada 5 años en la última década

Alto: Al menos 1 episodio cada 2 años en la última década

3. Tabla. Relevancia de los impactos históricos observados en Gipuzkoa.



PELIGROS CLIMÁTICOS EN ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO

El proceso de análisis del riesgo debe comenzar por un conocimiento detallado de las condiciones climáticas actuales y de las posibles tendencias climáticas futuras que podrán suponer una amenaza para las IC objeto de estudio en los escenarios de cambio climático. Los fenómenos meteorológicos más relevantes que ejercen un impacto sobre las IC en nuestro territorio son las inundaciones, deslizamientos de terreno, vientos fuertes, nevadas y temperaturas bajas extremas, temperaturas extremas altas y el oleaje e inundación costera.

Las proyecciones de temperatura media anual muestran, en general, un incremento progresivo a lo largo del S. XXI, más intenso para el otoño e invierno que para la primavera y verano (Neiker, 2021⁷). En concreto, señalan incrementos para la temperatura media anual en el escenario RCP8.5, de $1,9 \pm 0,5$ °C en el periodo 2041-2070 y de $3,3 \pm 0,5$ °C para el periodo 2070-2100. Relacionado con este incremento de la temperatura, los modelos proyectan una disminución en el número de días de helada que se intensifica a medida que avanza el siglo.

En lo que respecta a las variables relacionadas con la precipitación, no son esperables cambios significativos en la precipitación máxima diaria, ni tampoco para variables asociadas como el número de días de precipitación

intensa, el número de días húmedos consecutivos o el máximo de precipitación acumulada en 5 días. En el caso de la precipitación horaria máxima anual, las proyecciones indican una intensificación muy notable en el escenario RCP8.5, principalmente en el último periodo de cálculo (2071-2100) y mayor para mayores periodos de retorno. Esto indica una tendencia al incremento de las precipitaciones para intervalos temporales más pequeños y, por tanto, una mayor aportación de los extremos en la cantidad anual de precipitación y un incremento de la torrencialidad. Asociado a esto, se espera que aumente la frecuencia de peligros derivados de la precipitación, como inundación fluvial, precipitación extrema e inundación pluvial y deslizamientos. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la proyección de estos indicadores está sujeta a una alta incertidumbre.

Las proyecciones regionales del nivel del mar para la costa vasca señalan aumentos de + 26 cm para el año 2050 (valor medio para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5), y de +51 cm y +70 cm para 2100, valores medios para RCP4.5 y RCP8.5 respectivamente (Slangen et al., 2014)⁸.

En cuanto a los peligros restantes (incendios meteorológicos, fuertes tormentas de viento y nevadas) existe una baja confianza en la dirección del cambio.

⁷ Neiker (2021). Análisis de escenarios de cambio climático en Euskadi.

⁸ Slangen, A.B.A., Carson, M., Katsman, C.A. van del Wal, R.S.W., Köhl, A., Vermeersen, L.L.A., & Stammer, D. (2014). Projecting twenty-first century regional sea-level changes. *Climatic Change*, 124, 317-332

CADENAS DE IMPACTO

Las cadenas de impacto representan las relaciones causa-efecto de los cambios en las variables climáticas y fenómenos meteorológicos extremos con sus efectos potenciales, directos e indirectos, sobre las distintas IC. De entre todas estas posibles combinaciones, permite relacionar una amenaza particular sobre un sector o sub-sector de IC concreto. Sobre estas cadenas se realiza el análisis de riesgo.

La identificación y priorización de las distintas cadenas de impacto a analizar se ha realizado en función de la revisión de los impactos históricos observados sobre las IC, la confianza y grado de conocimiento del contexto climático actual y futuro de los distintos peligros climáticos en nuestra región y las interdependencias identificadas entre los distintos sectores de IC. Con estos criterios se han seleccionado cuatro cadenas de impacto sobre las que se analiza el riesgo, bajo el escenario más pesimista (RCP8.5), y varios horizontes temporales (Tabla 2).

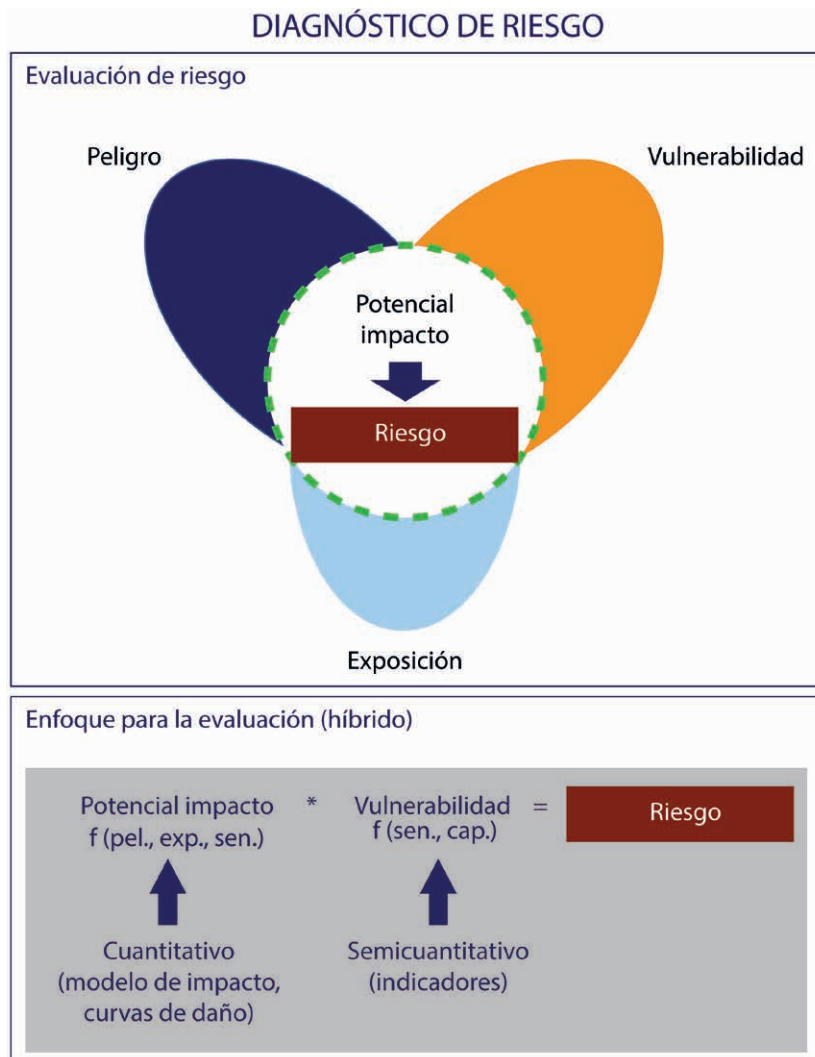
CADENA DE IMPACTO	HORIZONTES TEMPORALES ANALIZADOS
INUNDACIONES PLUVIALES SOBRE LA RED VIARIA	Histórico, 2041-2070
DESLIZAMIENTOS SOBRE LA RED VIARIA	Histórico, 2041-2070, 2071-2100
INUNDACIONES FLUVIALES SOBRE LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS	Histórico (T=100 años)
TEMPERATURA MÁXIMA SOBRE LOS TENDIDOS ELÉCTRICOS	Histórico, 2041-2070, 2071-2100

2. Tabla. Cadenas de impacto definidas y horizontes temporales sobre los que se analizará el riesgo.

RIESGO CLIMÁTICO DE LAS INFRAESTRUCTURAS CRÍTICAS

El riesgo se encuentra en el centro del marco propuesto y se entiende como el potencial de que los sistemas humanos y ecológicos puedan sufrir consecuencias adversas derivadas de los peligros climáticos y otro tipo de peligros. Se ha realizado un análisis completo del riesgo, combinando los conceptos de vulnerabilidad, exposición y amenaza, a través de la combinación de aproximaciones cuantitativas y semicuantitativas. La aproximación cuantitativa, basada en modelos físicos de impacto

y/o observaciones, ofrece una estimación cuantitativa del potencial impacto consecuencia de la exposición y/o sensibilidad de la propia infraestructura; mientras que la aproximación semicuantitativa emplea indicadores para medir los componentes subyacentes de la vulnerabilidad (sensibilidad y capacidad adaptativa). Este enfoque híbrido, ha sido adaptado específicamente para cada cadena de impacto objeto de análisis.



2. Fig. Enfoque metodológico para el análisis de riesgos.

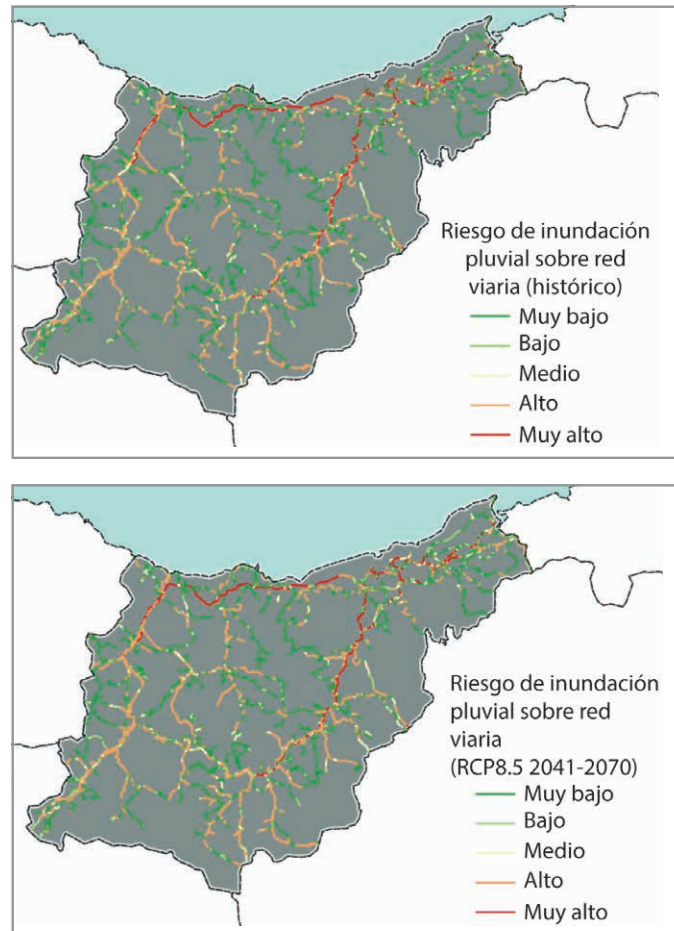
INUNDACIONES PLUVIALES SOBRE LA RED VIARIA

La red viaria está constituida por materiales en su mayoría impermeables, siendo por tanto especialmente susceptibles a inundaciones pluviales en situaciones de precipitaciones intensas. Este tipo de inundaciones reducen su capacidad, ya sea directamente, como resultado de daños que las hacen inutilizables, o como resultado de la presencia de láminas o balsas de agua importantes que ralentizan o incluso impiden la circulación.

El nivel de riesgo actual de la red viaria ante las inundaciones pluviales es variable en el territorio. Los niveles de riesgo más elevado se encuentran en la A15, a la altura de Hernani, Andoain y Urnieta, a lo largo de la AP-1/AP-8, en la GI-20 en la variante de Donostia y a lo largo de la N-1, desde Lasarte hasta Beasain. Los elevados niveles de riesgo en estos tramos se deben a tres motivos principales: (i) la lámina de agua presenta cotas superiores a 0,30 m, límite a partir del cual se impide la circulación, (ii) la sensibilidad es mayor, ya que, la intensidad media del tráfico y también de vehículos ligeros es mayor y (iii) si bien la capacidad de adaptación es variable, la sensibilidad y el impacto potencial (pérdida en la capacidad de transporte) de estos tramos es elevada, dando como resultado niveles de riesgo altos.

Los niveles de riesgo bajo se localizan principalmente en la red secundaria y de manera aislada en determinados puntos de la red primaria. En estos puntos la sensibilidad es baja (tráfico de vehículos total y vehículos ligeros bajo), la capacidad adaptativa es baja (tramos sin cámaras de videovigilancia, número de carriles bajo y grado de desarrollo de la red de drenaje intermedio) y también es baja la pérdida en la capacidad de transporte viario debido a una baja exposición al peligro de inundación pluvial.

Respecto a la evolución temporal del riesgo, se observa una **tendencia al alza en el nivel de riesgo a medida que aumenta el periodo temporal**. Así, los niveles más altos se registran bajo el periodo 2041-2070 y se asocian a una mayor pérdida en la capacidad de transporte debido a una mayor superficie y mayor calado en la inundabilidad pluvial bajo el escenario de cambio climático. Los niveles de mayor riesgo para este periodo se localizan en los mismos tramos de la red viaria en los que para el periodo histórico el riesgo de inundación pluvial es también mayor.



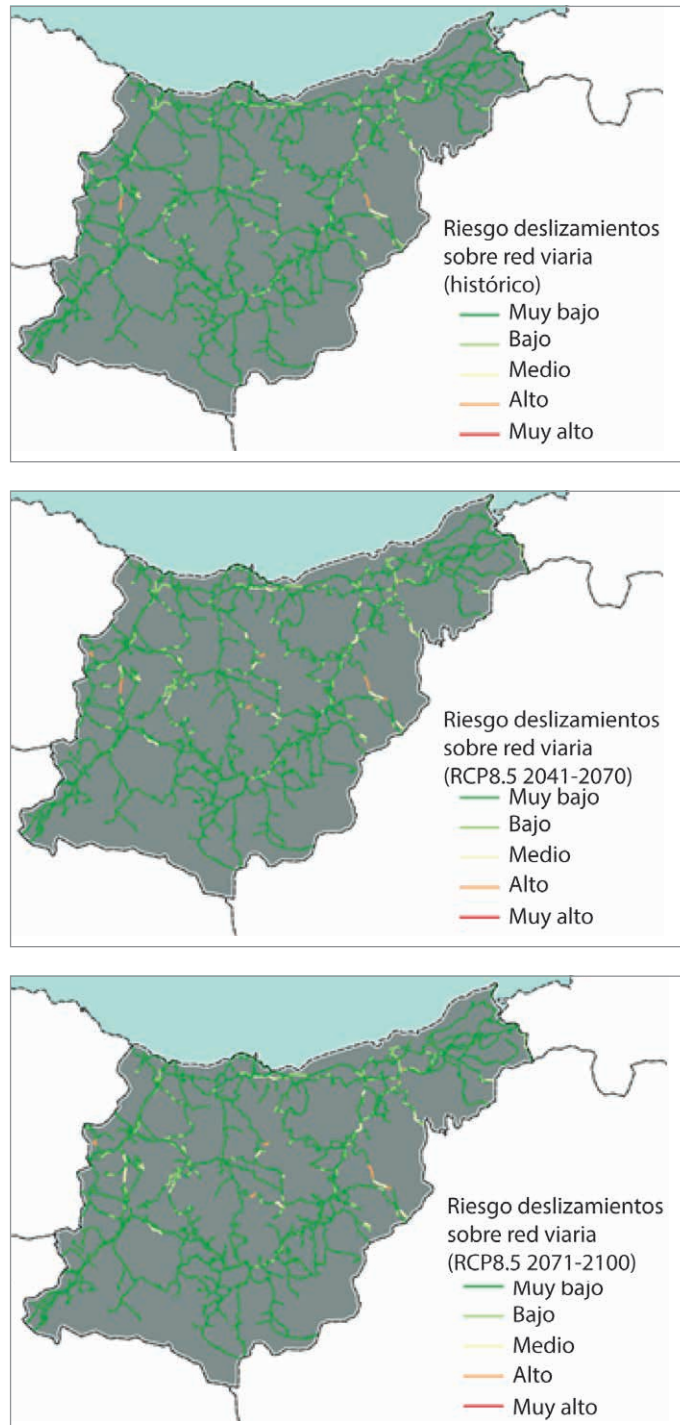
3. Fig. Riesgo de las inundaciones pluviales sobre la red viaria para (arriba) el periodo histórico y (abajo) el periodo 2041-2070 bajo el escenario RCP8.5.

DESLIZAMIENTOS SOBRE LA RED VIARIA

Los deslizamientos afectan de forma recurrente a la red viaria del territorio, causando numerosos cortes de carretera. En este caso se ha analizado el riesgo a deslizamientos en masa, para los cuales la peligrosidad en el territorio es de baja a moderada. En concreto, se ha analizado como cambia la peligrosidad y riesgo ante este tipo de inestabilidades al cambiar el principal proceso climático generador de los deslizamientos, la precipitación. Sin embargo, hay que tener en cuenta que muchos de los factores desencadenantes de la generación de deslizamientos están ligados a la actividad humana.

El nivel de riesgo en el periodo histórico de los deslizamientos en masa de la red viaria es, en la mayor parte del territorio, entre bajo y muy bajo. Esto se debe fundamentalmente a la baja exposición de la red viaria a niveles de peligrosidad altos y muy altos ante los deslizamientos. Los mayores niveles de riesgo se concentran en la zona central del territorio, donde crece la exposición a mayores niveles de peligrosidad, coincidiendo con una mayor sensibilidad de las vías (debido a una alta velocidad de los vehículos y un elevado tráfico de vehículos).

El nivel de riesgo de los deslizamientos en masa sobre la **red viaria aumenta en el medio plazo (2041-2070) y disminuye en el largo plazo (2071-2100)** sobre los tramos expuestos actualmente a niveles de peligrosidad alta y muy alta. Esto se debe a la evolución prevista para el factor desencadenante de los deslizamientos, la precipitación máxima acumulada en 5 días, que se proyecta aumente para el primer periodo y disminuya ligeramente para finales de siglo.

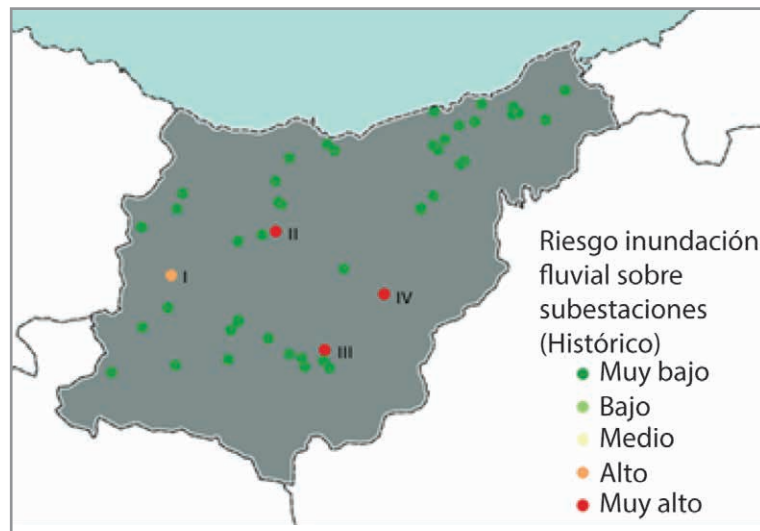


4. Fig. Riesgo de los deslizamientos sobre la red viaria para el periodo histórico y para los periodos 2041-2070 y 2071-2100 bajo el escenario RCP8.5.

INUNDACIONES FLUVIALES SOBRE LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

Las inundaciones fluviales han llegado a anegar transformadores eléctricos en el pasado, ocasionando como consecuencia incidencias en el suministro eléctrico. A pesar de estas afecciones puntuales, la mayoría de las subestaciones eléctricas del territorio no están expuestas a las inundaciones pluviales con periodos de retorno de 100 años, por lo que el nivel de riesgo de inundaciones fluviales sobre estas subestaciones es muy bajo. Las subestaciones eléctricas expuestas a este peligro presentan

sin embargo niveles de riesgo muy altos, localizados en las cuencas del Urola y del Oria. Esto se debe a que presentan los mayores impactos potenciales (daño potencial en la subestación) y un alto grado de sensibilidad. En la cuenca de Deba el nivel de riesgo de la subestación expuesta es alto, ya que, a pesar de tener una sensibilidad similar, el potencial impacto de las inundaciones fluviales es menor.



5. Fig. Riesgo de las inundaciones fluviales sobre las subestaciones eléctricas bajo el período histórico y para el período de retorno de 100 años.

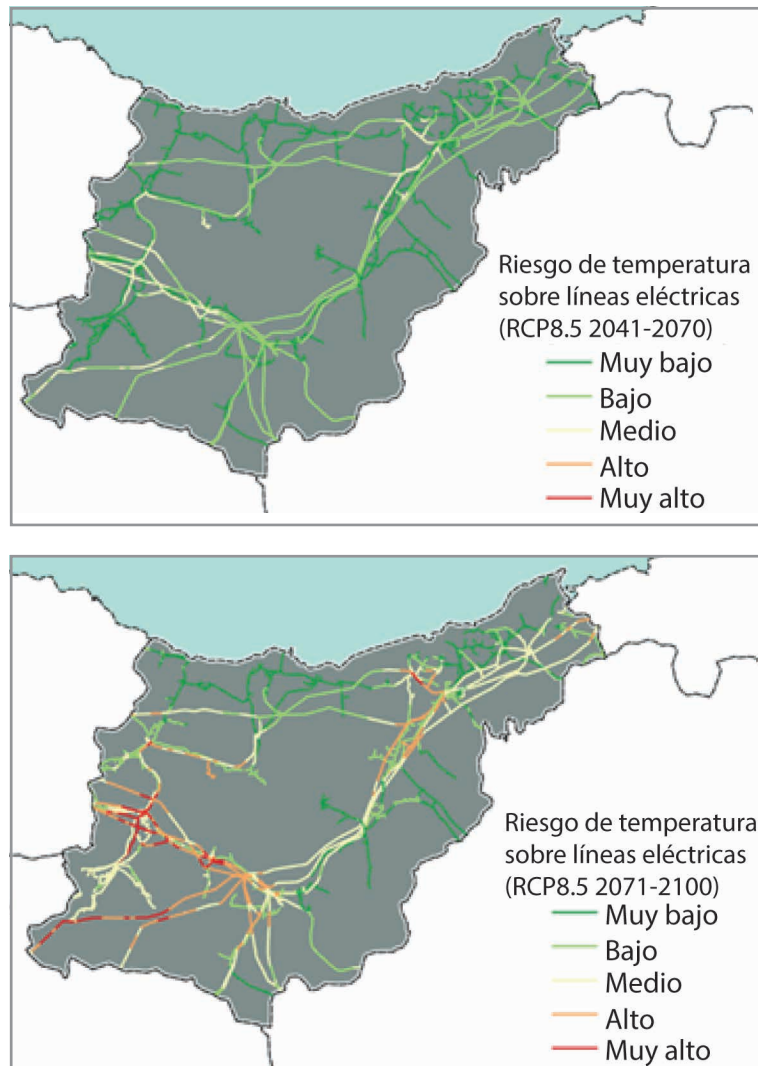
En el escenario de cambio climático el nivel de riesgo se incrementa en aquellas subestaciones eléctricas expuestas actualmente a este peligro, debido a cambios en el periodo de retorno de la mancha de inundación. En concreto, se prevé que los episodios de periodo de retorno de 100 años ocurrirán en un menor número de años. Por tanto, el mayor cambio en el

nivel de riesgo se producirá en aquellas cuencas donde el cambio en el periodo de retorno de las inundaciones sea mayor. Sin embargo, es importante resaltar la gran incertidumbre que envuelve estas conclusiones debido a las incertidumbres que tienen asociadas los modelos climáticos y proyecciones, así como los modelos pluviométricos, hidrológicos e hidráulicos.

TEMPERATURA MÁXIMA SOBRE LOS TENDIDOS ELÉCTRICOS

Durante los días de calor, la infraestructura de transmisión de la electricidad pierde eficiencia debido a la resistencia adicional inducida. **El nivel de riesgo de las temperaturas máximas sobre la capacidad de transporte de las líneas eléctricas aumenta a medida que avanza el siglo**, siendo entre muy bajo y bajo en el medio plazo (2041-2070) e incrementándose a medio-muy alto a largo plazo (2071-2100).

En el medio plazo (2041-2070) el nivel de riesgo de la temperatura sobre las líneas eléctricas es entre muy bajo y bajo en la mayor parte del territorio, siendo mayor el riesgo sobre las líneas de mayor tensión, debido a la mayor relevancia que tendría para el sistema eléctrico un fallo en este tipo de líneas. El riesgo podría alcanzar un nivel medio en ciertas zonas de Debagoiena y Donostialdea, donde se prevé un mayor impacto potencial (pérdida en la capacidad de transporte de las líneas) y la sensibilidad es también mayor.



6. Fig. Riesgo de las temperaturas máximas sobre las líneas eléctricas para el periodo 2041-2070 y 2071-2100 bajo el escenario climático RCP8.5.



En el largo plazo (2071–2100) se prevé un aumento generalizado en los niveles de riesgo, especialmente en los tramos en los que un impacto potencial elevado coincide con una mayor sensibilidad. El nivel de riesgo de las líneas de mayor tensión se incrementa en todas las comarcas, concentrándose los niveles de riesgo más elevados en Debagoiena y Donostialdea. En cambio, en las líneas de menor tensión, el nivel de riesgo es

en general menor y no se prevén cambios significativos. Sí se aprecia, sin embargo, un incremento en el nivel de riesgo de este tipo de líneas en la comarca de Debagoiena, donde podría pasar de un nivel de riesgo muy bajo en el periodo 2041–2070 a un riesgo medio en el periodo 2071–2100.