LIFE NADAPTA

THE CLIMA PROJECT

The LIFE-IP NAdapta-CC project has received funding from the LIFE Programme of the European Union



Informe metodológico

Action C.6.6

Grant Agreement nº. LIFE 16 IPC/ES/000001

Towards an integrated, coherent and inclusive implementation of Climate Change Adaptation policy in a region: Navarre

(LIFE-IP NAdapta-CC)

LIFE 2016 INTEGRATED PROJECTS CLIMATE ACTIONS

Project start date: 2017-10-02 Project end date: 2025-12-31

DISSEMINATION LEVEL		
PU	Public	☐
PP	Restricted to other programme participants (including the Commission Services)	☐
RE	Restricted to a group specified by the consortium (including Commission Services)	☐
CC	Confidential, only for members of the consortium (including Commission Services)	☒

Autoría:

- Dámaso Munárriz Guezala, NASUVINSA
- David López Oliver, INES Ingenieros Consultores (Asistencia técnica)
- Adriana Mata Calvo, INES Ingenieros Consultores (Asistencia técnica)

Referencia recomendada a efectos bibliográficos:

Munárriz Guezala, D.; López Oliver, D.; Mata Calvo, A.. (2022). *Evaluación de los efectos del Cambio Climático en la Red de Carreteras de Navarra. Medidas de Adaptación y Plan de Acción.* Acción C.6.6 del Proyecto LIFE-IP NAdapta-CC (LIFE 16 IPC/ES/000001) de la Unión Europea. Madrid. INES Ingenieros Consultores para NASUVINSA y Servicio de Economía Circular y Cambio Climático del Gobierno de Navarra.

El Proyecto LIFE-IP NAdapta-CC LIFE 16 IPC/ES/000001 está ejecutado con la contribución financiera del programa LIFE de la Unión Europea

El contenido de este informe no refleja la opinión oficial de la Unión Europea. La responsabilidad de la información y los puntos de vista expresados en esta publicación recaen completamente en su autoría.

www.lifenadapta.eu

Versión 1. diciembre de 2022

Table of contents

0. SUMMARY 6
1. INTRODUCCIÓN 7
2. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD 8
2.1 Objetivo 8
2.2 Enfoque propuesto 8
2.2.1 Exposición 9
2.2.2 Sensibilidad 13
2.2.3 Capacidad de adaptación 13
2.2.4 Vulnerabilidad 13
2.2.5 Cadena de impacto 17
2.3 Entregables 18
3. DEFINICIÓN DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN Y SU IMPLEMENTACIÓN 21
3.1 Objetivo 21
3.2 Enfoque propuesto 21
3.2.1 Priorización 22
3.2.2 Coste de medidas de adaptación 23
3.3 Entregables 23
4. PLAN DE INTERVENCIÓN EN INFRAESTRUCTURAS 24
4.1 Objetivo 24
4.2 Enfoque propuesto 24
4.3 Entregables 26
5. TRASPASO DE INFORMACIÓN Y CONOCIMIENTO 28
5.1 Presentación y consulta al cliente 28
5.2 Formación y ejemplos prácticos 28
5.3 Consulta y participación de agentes locales 29
6. PLAZO Y CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES 31
7. BIBLIOGRAFÍA 33

Tables

Tabla 2-1 Activos considerados. Fuente: Elaboración propia. 11
Tabla 2-2 Modos de fallo debidos a causas climáticas de los activos considerados. Fuente: Elaboración propia. 12
Tabla 2-3 Identificación de puntos críticos. Fuente_ Elaboración propia. 15
Tabla 2-4 Propuesta de indicadores de vulnerabilidad. Fuente: Elaboración propia. 18
Tabla 6-1 Resumen de reparto de actividades y plazos. 31

Figures

Figura 1 Relación entre los componentes de la vulnerabilidad. Fuente [5]..... 8
Figura 2 Cadena de impacto. Fuente: Elaboración propia..... 17
Figura 3 Vulnerabilidad del pavimento frente a deslizamiento e inundaciones de la red de carreteras de Bután. Fuente: Elaboración propia..... 19
Figura 4 Condición y criticalidad de los puentes y obras de tierra en la red de carreteras de Dominica en formato Excel. Fuente: Elaboración propia..... 19
Figura 5 Vulnerabilidad de las obras de drenaje de la red de carreteras de Haití representadas sobre una plataforma de gestión web. Fuente: Elaboración propia..... 20
Figura 6 Propuesta de medidas de adaptación concretas para el caso de problemas causados por avenidas torrenciales. Fuente: [5]..... 21
Figura 7 Listado y ficha de medidas de adaptación ejemplo. Fuente: [11]..... 22
Figura 8 Esquema de evaluación de impactos. Fuente: [6]..... 23
Figura 9 Fórmulas de valoración para 9 activos de carretera. Fuente: [8]..... 25
Figura 10 Presentación general de los factores tenidos en cuenta por los DOTs para la valoración de los activos. Fuente: [7]..... 26
Figura 11 Ejemplos de planes de intervención para activos carreteros realizados para el Ministerio de Obras Públicas de Chile y de Dominica. Fuente: Elaboración propia..... 27

0. SUMMARY

This document is the first deliverable report of the project in which the methodology to be developed is defined.

The project is divided into five phases that will be prepared over the next ten months: a fist phase based on the search for available information, the second based on the methodological approach, the third consisting of vulnerability analysis, a fourth based on the definition and implementation of adaptative activities, and a fifth based on the development of an intervention plan.

After carrying out the information gathering phase, the methodology that defines the oncoming activities is developed. The methodology is presented with a triple objective:

First, to calculate the vulnerability of the Navarra's Road network against the climate actions and its future evolution related to climate change. For this purpose, it will be identified the different assets that defines the network, and its failure modes due to climate actions. This will be the starting point in the work of identifying hotspots. The vulnerability of these identified points will be evaluated for the four climate scenarios, on which LIFE NAdapta has already worked. The results will be displayed graphically using a traffic light color scale.

Second, based on the previous results, to define a set of adaptation measures in order to improve the resilience of the road network, which can be interventions on assets previously identified as vulnerable or management activities to be adopted by the Autonomous Community of Navarra that allow to anticipate problems with a high probability of occurrence. These measures require prioritization and a medium-term action plan to ensure proper implementation and optimization of resources.

Finally, quantify the benefit and return on investment of the application of these adaptation measures, which allow justifying their implementation. Three possible benefits are assessed: improved operating conditions, greater user safety and reduced rehabilitation costs in the event of extreme events.

The methodology includes the planning of the different activities related to the transfer of information and knowledge with the client and local agents, as well as the activities chronogram for the entire project.

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento comprende el primer entregable correspondiente al Contrato "REALIZACIÓN DE UN MAPA E INFORME DE VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO DE LAS INFRAESTRUCTURAS EN LA RED DE CARRETERAS DE NAVARRA", el cual describe el enfoque metodológico a seguir para el desarrollo de los trabajos comprendidos en dicho contrato.

A continuación, se expone una metodología con un objetivo triple:

Por un lado, calcular la vulnerabilidad de la red de carreteras de Navarra frente a las acciones climáticas y su evolución futura con el cambio climático. Esto se traduce en la identificación de aquellos activos que conforman la infraestructura, más susceptibles a presentar problemas de conservación y de explotación frente a diferentes eventos de carácter meteorológico. Tal y como se verá más adelante, no se limita a escoger unos activos y analizar su vulnerabilidad, sino de analizar el conjunto para tener una susceptibilidad del mismo.

En segundo lugar, definir unas medidas de adaptación para mejorar la resiliencia de la red de carreteras, las cuales pueden ser intervenciones sobre los activos previamente identificados como vulnerables (acciones de adaptación al cambio climático en puntos vulnerables), o bien, actividades de gestión a adoptar por la Comunidad Foral de Navarra que, permitan adelantarse a problemas con alta probabilidad de ocurrencia (sistemas de gestión con alertas integrando alertas climáticas y de usuarios de la red, por ejemplo). Estas medidas requieren de una priorización y de un plan de acción a medio plazo para garantizar una correcta implementación y optimización de recursos.

Finalmente, cuantificar el beneficio y el retorno de la inversión de la aplicación de estas medidas de adaptación, que permitan justificar su implementación. Se valoran tres posibles beneficios: mejora de las condiciones de explotación (mejor recuperación frente a un evento, mejor conservación general de la infraestructura), mayor seguridad de los usuarios (disminución del riesgo de desastres puntuales) y disminución del coste de rehabilitación en caso de eventos extremos.

2. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

2.1 Objetivo

Identificación de los puntos críticos (mayor vulnerabilidad) de la red de carreteras en los que enfocar el estudio del plan de implementación de medidas de adaptación.

2.2 Enfoque propuesto

Basado en experiencias previas y tras revisar la bibliografía existente en relación con el cálculo de vulnerabilidad de activos de carretera, se propone emplear el marco metodológico planteado por la PIARC (Asociación Mundial de la Carretera) en [1], el cual es muy similar a lo propuesto tanto por la CEDR (Conference of European Directors of Roads) en [2], así como, por la Federal Highway (FHWA) en su última edición [3].

En dicho marco, la vulnerabilidad se expresa en función del carácter, magnitud y rapidez del cambio climático, así como la variación a la que un sistema está expuesto (exposición); y el grado en que se ve afectado algo, ya sea adversa o benéficamente, por estímulos relacionados con el clima (sensibilidad). La vulnerabilidad también está determinada por la capacidad de adaptación, la cual esencialmente es la capacidad del sistema para hacer frente y adaptarse a la variabilidad climática existente y sus cambios futuros.

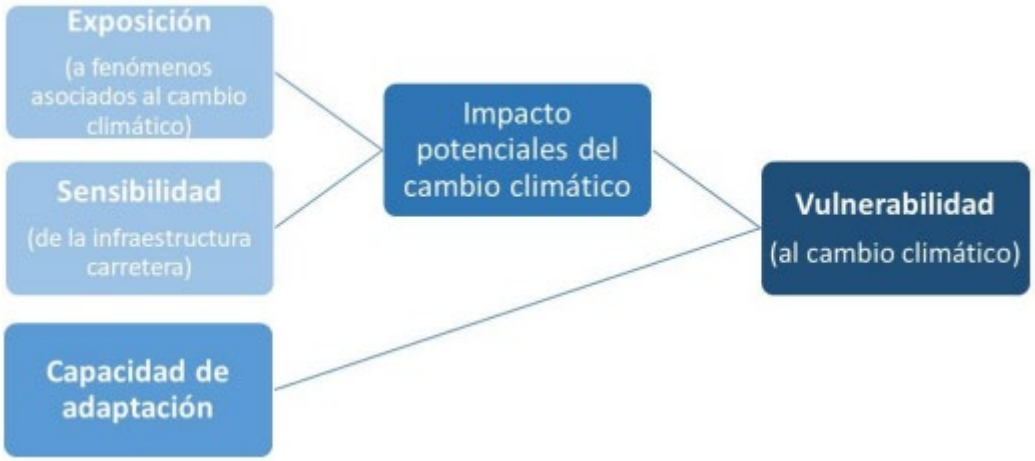


Figura 1 Relación entre los componentes de la vulnerabilidad. Fuente [5]

A continuación, se presenta cómo se propone abordar el cálculo según el esquema de la figura anterior. La descripción continúa yendo de lo general a lo particular, describiendo cada factor y los datos que se tendrán en cuenta para su cálculo:

2.2.1 Exposición

Refleja cómo cada activo se encuentra afectado por las acciones climáticas en función de su posición o localización geográfica. En definitiva, resulta de la superposición de los mapas de riesgos climáticos sobre los activos de carretera georreferenciados.

Para su obtención, se empieza por los activos de carretera, ya que su definición permitirá determinar qué variables climáticas tendrán impacto y qué mapas de riesgos climáticos será importante considerar.

El primer paso es, por tanto, la definición de los activos de carretera a considerar como parte del estudio. Teniendo en cuenta las infraestructuras que conforman una red de carreteras, se van a estudiar los pavimentos de la vía, de las áreas de descanso y miradores contiguos a las vías solicitadas en el pliego del proyecto, puentes, obras de drenaje transversal de la plataforma, obras de tierra, obras de contención, boca de túneles y los motivos ornamentales existentes en la red.

En la tabla de la página siguiente se resume el proceso de identificación de activos llevado a cabo y las propuestas de tratamiento de dicha información para poder ser empleada.

Por otra parte, se encuentra el Registro de Incidencias sobre la red de carreteras de la Dirección General de Obras Públicas e Infraestructuras del Gobierno de Navarra. Este registro permite conocer los incidentes que han tenido lugar en la red en algún momento, sin embargo, estos datos no se emplearán en las labores de identificación de puntos críticos, utilizándose únicamente como una fuente de información adicional en las labores de validación de los resultados obtenidos en determinados tramos de esta.

El motivo de no emplear estos registros durante la fase de identificación de puntos críticos es el deseo de manejar un criterio único en el proceso de identificación de estos. Además, los registros realizados tiempo atrás puede que ya no se correspondan con la situación actual, por ejemplo, es probable que un talud que falló hace dos años ya no presente las mismas características que en el momento del fallo y, de encontrarse en un área no afectada por las variables climáticas consideradas, no sería necesario identificarlo como un punto crítico.

Adicionalmente, se empleará información procedente del Instituto Geográfico Nacional (IGN), del Programa de Observación de la Tierra de la Unión Europea (COPERNICUS), del Catálogo Nacional de Inundaciones Históricas del Sistema Nacional de Protección Civil y la cartografía del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNZCI).

En cuanto a las acciones climáticas que afectan a los activos en estudio, de forma general, tienen como variable principal bien la temperatura o bien la precipitación, si bien es verdad que en unos casos estará marcado por un valor mínimo / máximo (ciclos hielo-deshielo, heladas, inundación pluvial), en otros importará el valor en un intervalo de tiempo (periodos de sequía, lluvias torrenciales).

A cada una de las acciones climáticas identificadas se le asignará una serie de variables climáticas características de acuerdo con la relación de mapas elaborados en el proyecto LIFE NAdapta para los periodos de estudio.

Tabla 2-1 Activos considerados. Fuente: Elaboración propia.

	Descripción	Identificación	Propuesta
Red viaria de Navarra	Red de Carreteras solicitada para en proyecto	Superficie en planta georreferenciada por categorías	Emplear información disponible
Áreas de servicio y miradores	Áreas de servicio y miradores situados junto a la Red de Carreteras en estudio	Superficie en planta georreferenciada Listado de elementos por zonas	Emplear información disponible
Obras de drenaje	Obras de drenaje transversal de la plataforma de la Red de Carreteras en estudio	No disponible	Identificación a través del cruce de la red de ríos con la red de carreteras
Puentes	Estructuras tipo puente situados en la Red de Carreteras en estudio	Superficie en planta georreferenciada	Emplear información disponible
Obras de tierra (relleno o terraplén) y taludes (desmonte)	Obras de tierra (rellenos o terraplenes) que configuran la plataforma y taludes (desmontes) necesarios para configurar la plataforma.	Superficie en planta georreferenciada Pendiente Geología	Emplear información disponible
Boca de túnel	Túneles y pasos inferiores que conforman la Red de Carreteras en estudio	Geometría de la boca georreferenciada	Emplear información disponible
Obra de contención	Estructuras tipo obras de contención situadas junto a la Red de Carreteras en estudio	Superficie en planta georreferenciada	Emplear información disponible
Arte en la carretera	Catálogo de motivos ornamentales ubicados en la Red de Carreteras en estudio	Listado de elementos existentes	Precisa digitalización
Otros	Elementos electrónicos, señalización, alumbrado y sistemas de seguridad	Pendiente	Pendiente

Una vez definidos los activos a considerar, se analizan los distintos modos de fallo debidos a acciones climáticas a las que se encuentran expuestos cada uno de los activos, que posteriormente se ligará a una variable climática característica de forma que se pueda atribuir un peligro (amenaza climática) y generar un mapa asociado con el que obtener la exposición.

Tabla 2-2 Modos de fallo debidos a causas climáticas de los activos considerados. Fuente: Elaboración propia.

Activo	Modo de fallo
Pavimentos	Fisuración, agrietamiento Ablandamiento Deformación (hundimiento / hinchamiento) Perdida de áridos
Obras de drenaje	Obstrucción Corrosión Abrasión Fisuración, rotura Fallo de la cimentación
Puentes	Socavación en pilas y estribos Expansión y contracción de juntas
Obras de tierra y taludes	Asentamiento Despedimiento, colapso Vuelco, desplome Deslizamiento Flujo Erosión Expansión y contracción
Boca de túnel	Desprendimiento, colapso Filtración, anegación Rotura de protecciones
Obras de contención	Grietas y fisuras por asentamiento / hinchamiento Desprendimiento Rotura de protecciones
Arte en la carretera	Deterioro

En la Tabla 2-2, los modos de fallo son asociados a una o varias variables climáticas, que serán las que definan los mapas climáticos que tendrán que emplearse para determinar la exposición.

En cuanto a los escenarios climáticos a considerar, se propone trabajar con los mismos cuatro periodos, dos de datos observados y dos futuros analizados en el Estudio de Variabilidad Climática realizado como parte del proyecto LIFE NAdapta:

- Clima pasado. Periodo 1: 1961-1990 (periodo de referencia).
- Clima presente. Periodo 2: 1991-2019.
- Clima futuro. Periodo 3: RCP 8.5. 2021-2050. Escenario de cambio climático a corto plazo.

- Clima Futuro. Periodo 4: RCP 8.5. 2051-2080. Escenario de cambio climático a medio plazo.

2.2.2 Sensibilidad

La sensibilidad tiende a considerarse como la combinación del estado de conservación con la capacidad de resistencia por diseño de los activos.

Cabe destacar que, con la información disponible, se desconocen múltiples características de los activos propuestos que influyen directamente en la evaluación de la sensibilidad de estos ante las distintas acciones climáticas. Más concretamente, no se tiene constancia del tipo de pavimento que constituye cada una de las vías analizadas, así como su estado de conservación, la tipología y materiales que conforman los puentes y obras de drenaje o los materiales empleados en las obras de tierra y obras de contención y ni las dimensiones en alzado.

Al no contar con información que permita conocer la condición de los activos, ni sus características de diseño, en este caso, la sensibilidad será considerada igual para toda la red de carreteras.

2.2.3 Capacidad de adaptación

Considera cómo de rápido puede recuperarse un activo que ha sido afectado por un evento climático, llegando a perder su función de explotación. Para entenderse mejor, se propone un ejemplo: si en Navarra existe una planta de hormigón y se cuenta con acero de armar, pero el acero estructural se tiene que traer de fuera de la región y depende por tanto de cadenas de suministro, la capacidad de adaptación de un puente de hormigón es mayor que la de un puente metálico, ya que la recuperación en caso de fallo es más fácilmente abordable en cuanto a tiempo se refiere.

En relación con este aspecto, nuevamente, el equipo hará una serie de propuestas (facilidad de acceso al activo, dimensiones del activo, personal y medios disponibles, etc.), pero depende en gran parte del conocimiento del cliente. Por tanto, se propone realizar una serie de reuniones con el cliente para su discusión y ajuste a las particularidades de Navarra.

2.2.4 Vulnerabilidad

Se trata del indicador que definirá los puntos críticos de la red y se computará a partir de la exposición tal y como acaba de explicarse. Se establecen tres categorías de puntos críticos cuya diferenciación va ligada a las diferentes tareas de mantenimiento requeridas según cada activo:

- Puntos críticos de carácter repentino. Se trata de aquellos activos que se vean afectados por acciones de carácter puntual como pueden ser las inundaciones causadas por lluvias torrenciales. Por tanto, estos puntos críticos van asociados a labores de mantenimiento preventivo y a un protocolo de actuación basado en alertas.

- Puntos críticos de carácter estacional. Va ligado a las actuaciones de mantenimiento rutinario, es decir, incluye a los activos afectados por efectos climáticos que siempre se concentran en momentos conocidos del año como por ejemplo es el caso de las heladas.
- Puntos críticos de carácter esperado. Se entiende por aquellos efectos negativos sobre los activos que ocurren en un medio plazo de exposición a una acción climática (como ejemplo estaría el deterioro del pavimento sufrido por la exposición a altas temperaturas) y por tanto van ligados a un mantenimiento periódico (es fácil planificar la necesidad de reparación porque el deterioro avanza lentamente y se conoce mejor la durabilidad que tiene).

El proceso de identificación de puntos críticos se va a llevar a cabo para cada uno de los activos considerados y cada una de las variables climáticas que los afectan, mediante los mapas climáticos correspondientes al escenario de estudio 4 (RCP 8.5. 2051-2080). El hecho de considerar este periodo y no otro es que presenta las proyecciones más extremas de los cuatro escenarios de estudio, lo que implica que se obtendrá el mayor número de puntos críticos posibles. Todos los puntos críticos identificados se evaluarán para los cuatro escenarios climáticos considerados, permitiendo a su vez definir una evolución de los riesgos sobre cada uno de ellos.

En la tabla siguiente se relacionan los distintos activos con las acciones climáticas que los afectan, los efectos negativos originados, la/s variable/s climática característica que definen cada acción y el tipo de punto crítico asociado.

Tabla 2-3 Identificación de puntos críticos. Fuente_ Elaboración propia.

Activo	Acción climática	Efectos negativos sobre el activo	Efecto sobre la explotación	Variable climática característica	Punto Crítico asociado
Pavimentos	Lluvias torrenciales	Inundación de la calzada	Riesgo accidente o cierre	rx1day, rx5day	Repentino
		Lavado de materiales	Riesgo accidente o cierre	rx1day, rx5day	Repentino
	Lluvias continuadas – deshielo	Inundación de la calzada	Riesgo accidente o cierre	r10mm, r20mm, r95p - id	Esperado
		Aumento de humedad (deformación)	Incomodidad en el usuario	r10mm, r20mm, r95p - id	Estacional
	Heladas	Deterioro pavimento	Riesgo accidente	Tn, Tnn, AbsTn, fd	Estacional
	Altas temperaturas	Deterioro pavimento (ablandamiento, deformación, agrietamiento)	Incomodidad en el usuario	Tx, Txx, HWD (EHF/Tx90/Tn90)	Esperado
		Asentamientos por reducción de la humedad del suelo y agrietamiento	Incomodidad en el usuario	Tx, HWD (EHF/Tx90/Tn90)	Esperado
Obras de drenaje	Lluvias torrenciales	Falta de capacidad / obstrucción	Riesgo accidente o cierre	rx1day, rx5day	Repentino
	Lluvias continuadas – deshielo	Falta de capacidad / obstrucción	Riesgo accidente o cierre	r10mm, r20mm, r95p - id	Estacional
Puentes	Lluvias torrenciales	Levantamiento / socavación	Riesgo accidente o cierre	rx1day, rx5day	Repentino
	Lluvias continuadas – deshielo	Levantamiento / socavación	Riesgo accidente o cierre	r10mm, r20mm, r95p - id	Estacional
	Heladas	Deterioro por el uso de sales Contracción	Riesgo accidente	Tn, Tnn, AbsTn, fd	Estacional
	Altas temperaturas	Expansión	Incomodidad en el usuario	Tx, Txx, HWD (EHF/Tx90/Tn90)	Esperado

Activo	Acción climática	Efectos negativos sobre el activo	Efecto sobre la explotación	Variable climática característica	Punto Crítico asociado
		Asentamientos por reducción de la humedad del suelo y agrietamiento	Incomodidad en el usuario	Tx, Txx, HWD (EHF/Tx90/Tn90)	Esperado
Obras de tierra y taludes	Lluvias torrenciales	Inestabilidad (desprendimiento, colapso, vuelvo, desplome, deslizamiento o flujo)	Riesgo accidente o cierre	rx1day, rx5day	Repentino
		Lavado de materiales	Riesgo accidente o cierre	rx1day, rx5day	Repentino
	Lluvias continuadas – deshielo	Inestabilidad (desprendimiento, colapso, vuelvo, desplome, deslizamiento o flujo)	Riesgo accidente o cierre	r10mm, r20mm, r95p	Esperado
	Sequía	Erosión	Riesgo accidente o cierre	cdd	Esperado
	Hielo – deshielo y/o saturación	Inestabilidad	Riesgo accidente o cierre	fd, id	Estacional
Boca de túnel	Lluvias torrenciales	Filtraciones y/o inestabilidad	Riesgo accidente o cierre	rx1day, rx5day	Estacional
	Lluvias continuadas – deshielo	Filtraciones y/o anegación. Aumento de humedad	Riesgo accidente o cierre	r10mm, r20mm, r95p	Esperado
Obras de contención	Lluvias torrenciales	Inestabilidad (desprendimiento, colapso, vuelco, desplome, deslizamiento o flujo)	Riesgo accidente o cierre	rx1day, rx5day	Repentino
		Lavado de materiales	Riesgo accidente o cierre	rx1day, rx5day	Repentino
	Lluvias continuadas – deshielo	Inestabilidad (desprendimiento, colapso, vuelco, desplome, deslizamiento o flujo)	Riesgo accidente o cierre	r10mm, r20mm, r95p	Esperado
Arte en la carretera	Lluvias continuadas – deshielo	Deterioro por humedad o corrosión	-	r10mm, r20mm, r95p	Esperado

2.2.5 Cadena de impacto

Una cadena de impacto climático refleja la interrelación entre un determinado estímulo climático y un receptor. Las cadenas de impacto permiten recoger las relaciones causa – efecto entre una determinada amenaza climática y un determinado sector.

Por tanto, la cadena de impacto realizada relaciona el aumento de la frecuencia de ciertos eventos extremos con los riesgos asociados a los distintos activos de la infraestructura de carreteras. Se muestra a continuación el esquema propuesto.

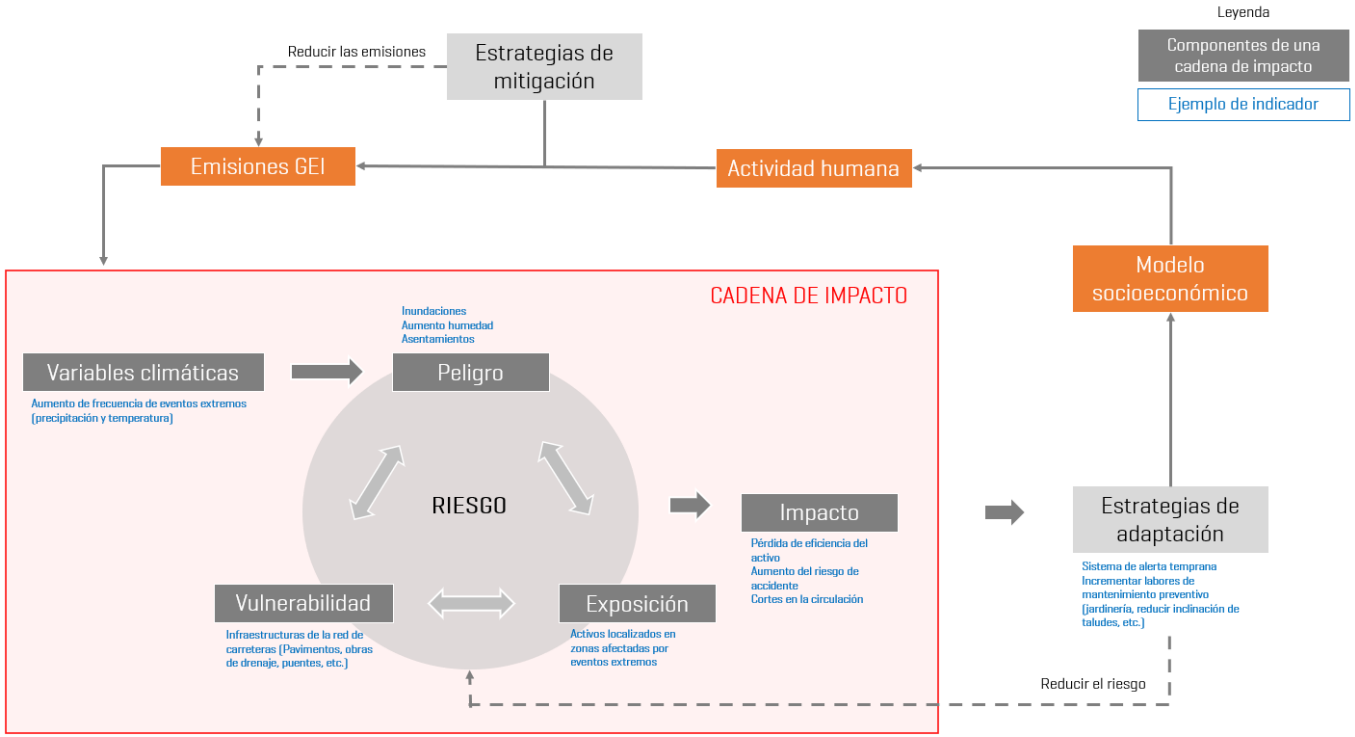


Figura 2 Cadena de impacto. Fuente: Elaboración propia.

2.3 Entregables

Esta fase del contrato tiene asociado el entregable "Informe sobre el efecto del cambio climático en la red de carreteras de Navarra". El informe contendrá los resultados de la evaluación de la red de carreteras de Navarra, es decir, se expondrá la vulnerabilidad de los diferentes activos considerados a las diferentes acciones climáticas y el impacto que tiene cada uno de los escenarios en los resultados obtenidos.

Para ello, se propone una serie de indicadores relativos a cada una de las acciones climáticas que ocasionan un efecto negativo sobre los distintos activos. Estos indicadores permitirán, posteriormente, facilitar las labores de priorización de los riesgos y, a su vez, priorizar la aplicación de medidas de adaptación. En la tabla siguiente se muestran los indicadores propuestos:

Tabla 2-4 Propuesta de indicadores de vulnerabilidad. Fuente: Elaboración propia.

Activo	Indicador
Pavimentos	Longitud / km² de pavimento con riesgo de corte total y accidente
	Longitud / km² de pavimento con riesgo de deterioro acelerado por exposición a alta cantidad de agua
	Longitud / km² de pavimento con riesgo de deterioro acelerado por exposición a temperaturas mínimas continuadas
	Longitud / km² de pavimento con riesgo de deterioro acelerado por exposición a temperaturas máximas continuadas
Obras de drenaje	Nº de obras de drenaje con riesgo de desbordamiento
	Nº de obras de drenaje con riesgo de obstrucción
	Nº de obras de drenaje con riesgo de deterioro acelerado
	Nº de obras de drenaje con riesgo de erosión
Puentes	Nº de puentes con riesgo de sufrir levantamiento
	Nº de puentes con riesgo de sufrir socavaciones
	Nº de puentes con riesgo de deterioro por exposición a temperaturas mínimas continuadas
	Nº de puentes con riesgo de deterioro por exposición a temperaturas máximas continuadas
Obras de tierra / taludes	Longitud / km² de desmote / terraplén con riesgo de deslizamientos
	Longitud / km² de desmonte con riesgo de sufrir desprendimientos
	Longitud / km² de terraplén con riesgo de sufrir erosión
Boca de túnel	Nº de túneles con riesgo de sufrir desprendimientos
	Nº de túneles con riesgo de sufrir problemas de infiltración
Obra de contención	Nº de obras de contención con riesgo de inestabilidad
	Nº de obras de contención con riesgo de lavado de materiales
Arte en la carretera	Nº de elementos de arte con riesgo de deterioro acelerado por exposición a altas humedades

Para cada indicador, se asignará una calificación al activo según una escala de colores semafórica que se pueda representar gráficamente. Se tendrá la siguiente calificación:

- Rojo: Vulnerable frente a la acción climática que se analice.
- Naranja: Potencialmente vulnerable a la acción que se analice.
- Verde: No vulnerable.

A continuación, se muestran algunos ejemplos de presentación de resultados de diferentes estudios de vulnerabilidad de carreteras, empleando herramientas como ArcGIS, Excel o desarrollos particularizados.

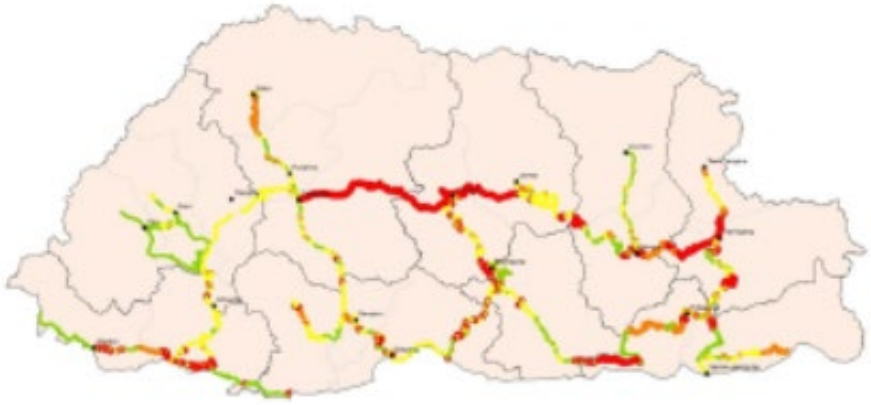


Figura 3 Vulnerabilidad del pavimento frente a deslizamiento e inundaciones de la red de carreteras de Bután. Fuente: Elaboración propia.

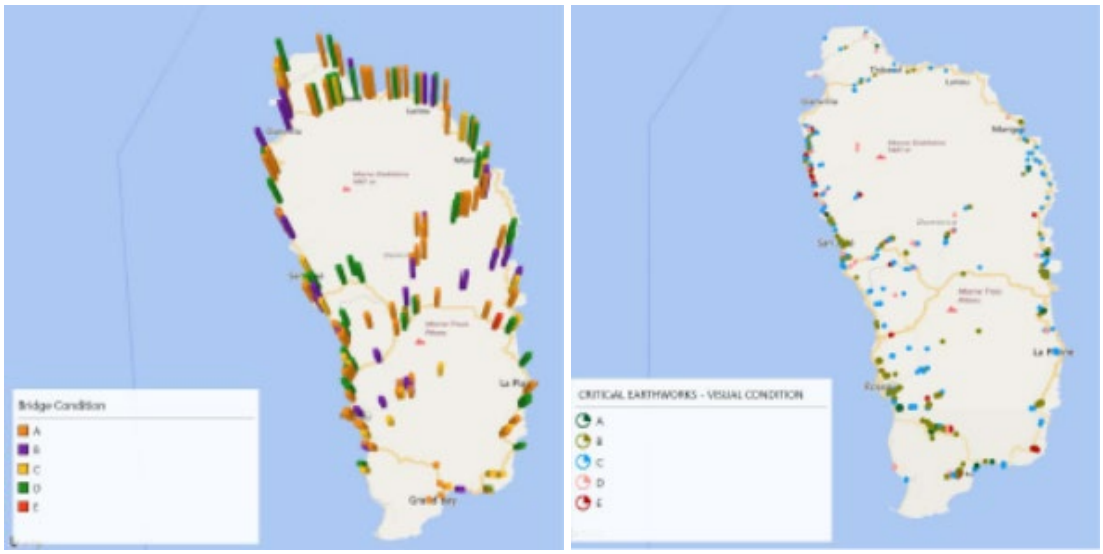


Figura 4 Condición y criticalidad de los puentes y obras de tierra en la red de carreteras de Dominica en formato Excel. Fuente: Elaboración propia.

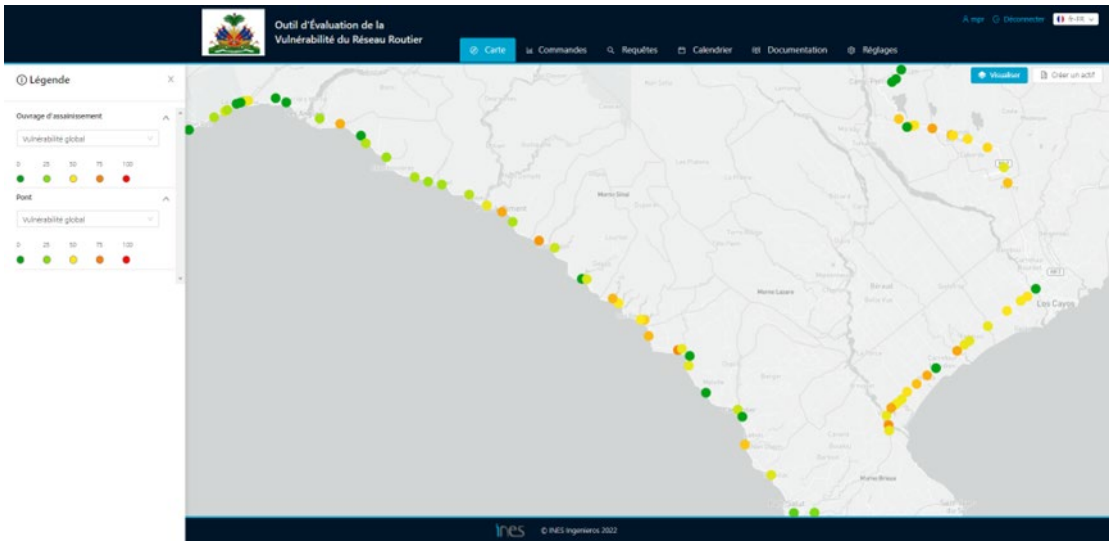


Figura 5 Vulnerabilidad de las obras de drenaje de la red de carreteras de Haití representadas sobre una plataforma de gestión web. Fuente: Elaboración propia.

Tal y como se refleja en el cronograma presentado en el apartado 6, el primer borrador del entregable se presentará en el mes cuatro (4).

3. DEFINICIÓN DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN Y SU IMPLEMENTACIÓN

3.1 Objetivo

Una vez completado el análisis de vulnerabilidad, el siguiente paso es definir una lista de actuaciones cuyo objetivo es reducir o erradicar la vulnerabilidad resaltada en epígrafe anterior. Dichas actuaciones o intervenciones reciben el nombre de medidas de adaptación, a las cuales deberá asignárselas un coste y establecer un criterio de priorización para, comparando con el presupuesto disponible, poder realizar un plan de intervención optimizado.

3.2 Enfoque propuesto

Del análisis de la vulnerabilidad se podrán obtener los activos afectados y la acción climática que desencadena el potencial problema. En esta parte del contrato, se verá de realizar un listado de potenciales daños que puede sufrir cada activo frente a cada acción climática y se verá de dar una medida de adaptación para reducir la probabilidad de ocurrencia de este problema. Para su determinación, se van a emplear como referencia las recomendaciones realizadas por las guías de ROADAPT [2], lo propuesto por PIARC, FHWA y Naciones Unidas en los respectivos documentos [1], [3], [4]; así como, se tomará como base la puesta en práctica realizada por la Secretaria de Comunicaciones y Transportes de México [5], de la cual se muestra a continuación un ejemplo.

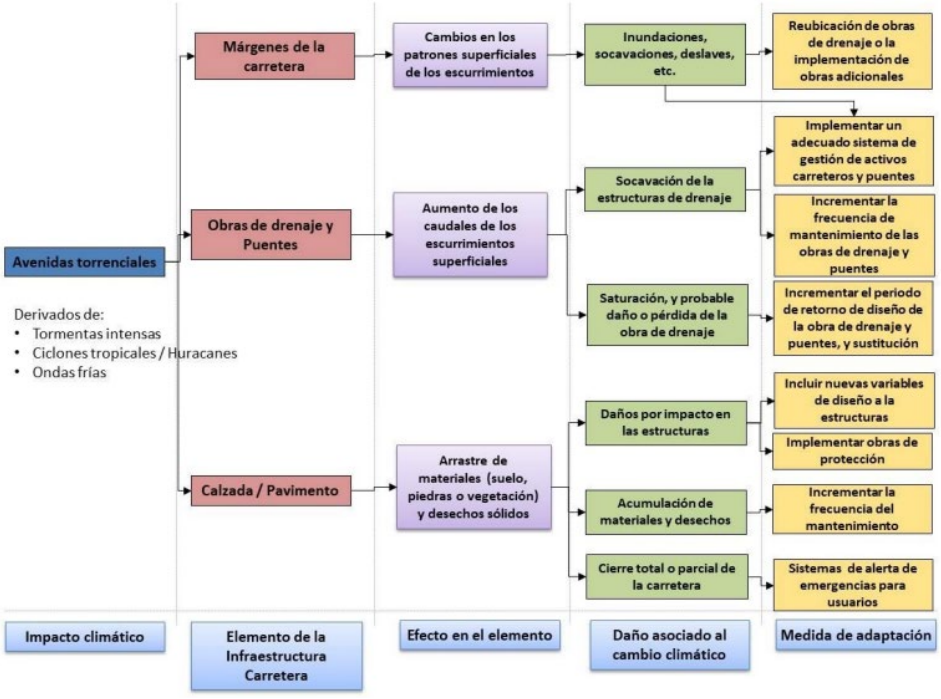


Figura 6 Propuesta de medidas de adaptación concretas para el caso de problemas causados por avenidas torrenciales. Fuente: [5].

ÁMBITO	CÓDIGO DE FICHA	MEDIDA
GEOTECNIA Y TALUDES	T-1	Mejora de la estabilidad de taludes: tendido de taludes y plantaciones.
	T-2	Mejora de la estabilidad de taludes: muros de escollera en pie de talud de desmonte.
	T-3	Mejora de la estabilidad de taludes: muros de escollera en pie de talud de rellenos.
	T-4	Mejora de la estabilidad de taludes: soluciones alternativas a desmontes y terraplenes (túneles y viaductos).
	T-5	Mejora de la estabilidad de taludes: desplazamiento del eje de la carretera.
	T-6	Mejora de la estabilidad de taludes: ejecución de falso túnel.
	T-7	Mejora de la protección de taludes: concreto hidráulico proyectado.
	T-8	Mejora de la protección de taludes: solución combinada entre medidas de bioingeniería y drenaje superficial.
	T-9	Mejora de la protección de taludes: protección de rellenos inundables.
	T-10	Plan de monitoreo del estado de los taludes.
HIDROLOGÍA Y DRENAJE	D-1	Estudio de detalle en cuencas y microcuencas.
	D-2	Mejora de drenaje en bajantes: areneros y disipadores de energía.
	D-3	Mantenimiento del cauce natural y protección de cauces y riberas: solución conjunta con obras de drenaje transversal, encauzamiento y sistemas de protección.
	D-4	Mejora del sistema de desagüe y control de caudales en cuencas aguas abajo: estanques de laminación.
	D-5	Mejora del sistema de desagüe y control del arrastre de sólidos (azudes de retención).
ESTRUCTURAS	E-1	Mejora del análisis dinámico del cauce / estructura: estudios de socavación en cimentaciones.
	E-2	Mejora del drenaje de las estructuras en los tableros.
	E-3	Implantación de obras de drenaje transversal de tipo preventivo en estribos de estructuras ejecutadas en terraplén.
PAVIMENTOS	P-1	Mejora del comportamiento del pavimento al aumento de las temperaturas.
	P-2	Empleo de pavimentos de concreto.
	P-3	Reducción de tiempos / longitud de recorrido de escorrentías por medio de hendiduras en el pavimento.

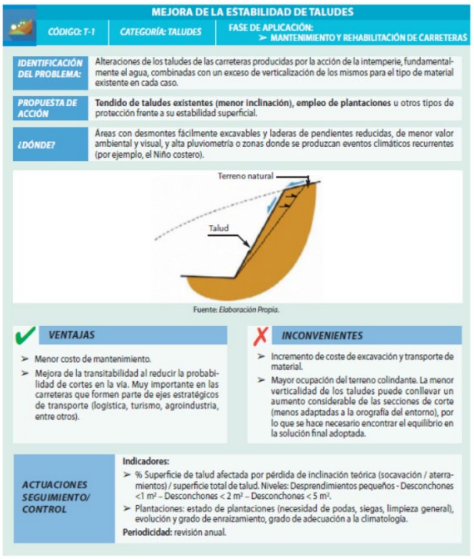


Figura 7 Listado y ficha de medidas de adaptación ejemplo. Fuente: [11]

Tal y como se ha mencionado anteriormente, adicionalmente a las medidas de adaptación, existen otras medidas orientadas a la gestión de estas situaciones que también serán presentadas en este apartado, entre las que se pueden destacar: inventariado e inspección de activos, implementación de alertas asociadas a la detección temprana de daños potenciales, implementación de sistemas de gestión, actualización de web de alertas con avisos de los usuarios y no sólo temas de obras en ejecución, etc.

3.2.1 Priorización

De cara a implementar las medidas de adaptación propuestas, será necesario definir un criterio de priorización que permita a la Comunidad Foral de Navarra planificar las actividades a llevar a cabo en función de su presupuesto, permitiendo la elaboración de un plan de mitigación a medio plazo. Se propone llevar a cabo la priorización en base a otro indicador al que se le denomina criticidad. La criticidad viene a medir la importancia de cada activo vulnerable dentro del conjunto de la infraestructura de carreteras. Normalmente, para su definición, se suelen tener en cuenta tres aspectos: técnico-económico, medioambiental y social. En este caso, se recomienda emplear la IMD (disponible en el geoportal de Navarra) y realizar un análisis de a qué dan acceso cada una de las carreteras. Como ejemplo de esto último, no tendrá la misma relevancia una carretera que de acceso a una estación de ferrocarril, un aeropuerto o un hospital que una carretera que permita acceder a una zona residencial. Adicionalmente, se tendrá en cuenta la posibilidad de alternativas de acceso para determinar potenciales zonas aisladas como parte de la priorización y determinación de áreas vulnerables.

Adicionalmente, se valorarán los resultados obtenidos del [8] para el cálculo del impacto socioeconómico de las intervenciones.

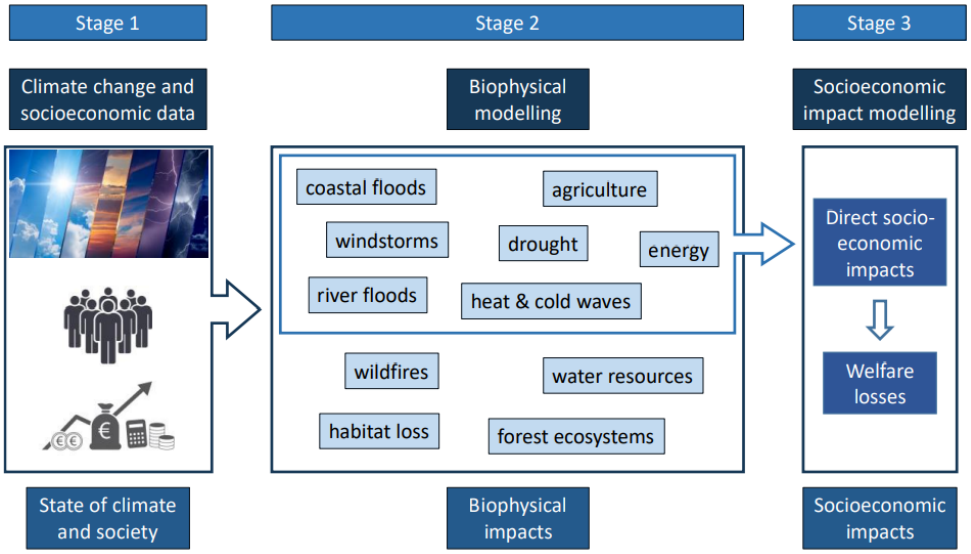


Figura 8 Esquema de evaluación de impactos. Fuente: [6].

3.2.2 Coste de medidas de adaptación

Se propone construir macro-precios / partidas alzadas de cada medida de adaptación empleando como referencia por un lado la base de precios del MITMA y la base de precios Centro o en su defecto, la que proporcione el cliente; y por el otro lado, el conocimiento del mercado en relación con actividades de servicios enfocadas a una mejor gestión del mantenimiento y conservación de las carreteras (generación de inventarios, realización de inspecciones, desarrollo de sistemas de gestión, etc.).

3.3 Entregables

Esta fase del contrato tiene asociado el entregable "Estrategia de Carreteras y cambio climático".

Dicho entregable incluirá:

- Análisis de la normativa aplicable. Se analizará la normativa y guías de buenas prácticas o recomendaciones de carácter local e internacional.
- Catálogo de medidas de gestión adaptativa de infraestructuras. Se verá de diferenciar entre las medidas adaptativas en función de si van orientadas a un impacto repentino, estacional o esperado.
- Evaluación de la aplicabilidad de estrategias y medidas.
- Relación con los instrumentos de ordenación territorial, la movilidad y los servicios de transporte.
- Propuesta de integración de indicadores en cadena de impacto a incorporar al portal de indicadores LIFE NAdapta.

Tal y como se refleja en el cronograma presentado en el apartado 6, el primer borrador del entregable se presentará en el mes cinco (5).

4. PLAN DE INTERVENCIÓN EN INFRAESTRUCTURAS

Se quiere resaltar que, dado el alcance de los trabajos englobados en este contrato y de la información disponible, los resultados relacionados con el análisis de coste-beneficio deberán ser interpretados con cautela y su grado de incertidumbre contextualizado.

4.1 Objetivo

Preparar un plan de intervención en infraestructuras que permita reducir su vulnerabilidad frente al impacto producido por las acciones climáticas afectadas por el efecto del cambio climático, demostrando la viabilidad del plan de las acciones a implementar mediante la definición de las medidas de financiación correspondientes, y una aproximación del cálculo del periodo de retorno de dichas inversiones y la valoración de otros criterios de carácter medioambiental y/o social entre otros.

4.2 Enfoque propuesto

Una vez conocido el análisis de vulnerabilidad de la red de carreteras, contando con un catálogo de medidas de adaptación enfocado a los modos de fallo de los activos y clasificado según su aparición (repentino, estacional o periódico) y conociendo los indicadores de seguimiento y gobernanza, el equipo estará en posición de trasladar las estrategias previamente definidas en un plan de intervención.

En esta fase del contrato, adicionalmente a la priorización mencionada anteriormente en base a la criticidad, se propone incorporar un análisis de coste-beneficio que permita optimizar las inversiones a realizar. De esta forma, se asignarán medidas concretas a implementar en un horizonte temporal.

El análisis de coste-beneficio pasa por estimar el impacto de las actuaciones propuestas desde el punto de vista económico. Esto implica tener o hacer una valoración de los activos, definir un coste de implementación de las medidas de adaptación y establecer un periodo de amortización o recurrencia de la vulnerabilidad de cada activo.

El coste de las medidas de adaptación se habrá calculado previamente como parte de las actividades de la fase anterior, mientras que la recurrencia de los eventos deberá simplificarse o sustituirse por las predicciones para los periodos futuros ya calculadas en el análisis de vulnerabilidad realizado en la segunda fase del contrato.

Por tanto, quedará pendiente la valoración de los activos, es decir, la estimación del valor actual de cada uno. Para la realización de este ejercicio, se propone seguir el enfoque planteado por la FHWA [3] y seguida por los DOT (Departamentos de Transporte) [8], la cual sigue la experiencia de los estados australianos y de Nueva Zelanda, pioneros en el tema de valoración de activos. Dicho enfoque parte del valor de reemplazo del activo al cual posteriormente se le afecta por la condición. Algunas administraciones también en el caso de puentes y pavimentos

pueden afectarlo por el uso que ha tenido hasta la fecha, el cual puede calcularse a partir de la IMD y el año de construcción. Para la adaptación del coste de reemplazo a los valores de España y, sobre todo, los valores de mercado actuales, se propone involucrar a la Comunidad Foral de Navarra. Esta colaboración será esencial, dado que se ha podido observar que no se dispone actualmente de toda la información necesaria para poder abordar la valoración de activos, según la metodología propuesta y será necesario realizar algunas conjeturas y quizás enfocarlo más por el año de construcción y no por la condición.

Asset Class	Formula	Explanation
Bridge	$cv=rv\times\frac{\text{sufficiency rating}}{100}\times\left(1-0.5\times\frac{\text{year today -year built}}{75}\right)$ rv=deck area×unit cost	Bridge replacement value is discounted by both its condition rating and an obsolescence factor that linearly declines from 2015 at the value of 1 to 75 years (based on useful life) ago at 0.5. Earlier bridges, if extant, receive smaller
Buildings	cv=insured value rv=insured value	Due to data constraints, insured value provides a close approximation.
Culvert	$cv=rv\times\frac{\text{culvert rating}}{9}\times\left(1-0.3\times\frac{\text{year today -year built}}{75}\right)$ rv=deck area×unit cost	Culvert valuation is the same as the bridge valuation, only with different conditional assessment, unit cost assumptions, and an obsolescence factor of 0.3, 75 years ago.
Fleet	$cv=rv\times\max\left\{1-\frac{\text{age}}{\text{life}\times(m+2\sigma)},5.8\%\right\}$ rv=acquisition value×inflation factor *NB: Due to salvage sales, if salvage value if greater than the current value calculation, then the salvage value takes its place. The salvage value as a percentage of acquisition value is calculated based on historical data, and it is 5.8%.*	Fleet replacement value is calculated with historical acquisition adjusted for inflation, while current value is discounted by age divided by useful life adjusted by its current standard deviation. This is because many fleet assets are beyond their book useful life while still retain value.
ITS	$cv=rv\times\left[1-\frac{\text{age}}{\text{life}\times(m+2\sigma)}\right]$ $rv=$ acquisition value × inflation factor	ITS (intelligent transportation systems) are calculated similar to fleet without salvage value.
Pavement	$cv=\left[(uc_{\text{replace}}-uc_{\text{major rehab}})+\frac{DL}{25}\times uc_{\text{major rehab}}\right]\times$lane miles rv=unit cost×lane miles	Pavement is decompositioned into surface and foundation. Foundation does not depreciate, while surface is depreciated by the drivability index (DL).
Signals	$cv=\sum_i rv_i\times\left[1-\frac{\text{age}}{\text{life}\times(m+2\sigma)}\right]$ rv_i=unit cost$_i$,i∈{assembly, cabinet, controller}	Signals are calculated similar to ITS, except it is decompositioned into 3 components, and the replacement is based on current cost as opposed to historical acquisition cost.
Tunnel	$cv=\sum_i rv_i\times WCI_i$ rv_i=unit cost$_i\times q_i$,i∈$S_{\text{tunnel elements}}$	Tunnel is decompositioned into several components, each of which the replacement value is discounted by condition ratings to obtain current value.
Wall	$cv=rv\times\frac{\text{main structure rating}}{9}$ rv=unit cost×surface area	Wall current value is a simple discounted replacement value by condition.

Figura 9 Fórmulas de valoración para 9 activos de carretera. Fuente: [8].



Figura 10 Presentación general de los factores tenidos en cuenta por los DOTs para la valoración de los activos. Fuente: [7].

Una vez se cuente con el valor de los activos y su coste de implementación, se asumirá que los elementos altamente vulnerables (resaltados en rojo), requerirán ser completamente reemplazados, los potencialmente vulnerables supondrán una pérdida sustancial del valor del activo y los no vulnerables se mantendrán en la situación actual sin suponer un coste adicional. De esta forma, el impacto de la implementación de las medidas se obtendrá restando al coste de reemplazo o pérdida de valor del activo, el coste de la medida de adaptación y repercutiendo el periodo de tiempo marcado por el escenario climático empleado.

4.3 Entregables

Esta fase cuenta con un único entregable que es el Plan de Intervención en infraestructuras.

Basado en un presupuesto anual para implementación de medidas de adaptación, se propondrá un listado de actuaciones a realizar a corto (Periodo 2, urgente), medio (Periodo 3) y largo plazo (Periodo 4), que conformará el Plan de Intervención en infraestructuras.

A continuación, se presentan imágenes de algún ejemplo de plan de intervención en el que, como puede verse, se detalla la división entre tipos de mantenimiento y se busca una reducción con el tiempo del presupuesto asignado a emergencias a base de incrementar la resiliencia de la red. También se realiza un listado de activos a intervenir en orden de importancia de intervención, cortando cada año al llegar al presupuesto objetivo.

Activity	Weight	Budget (Millions EC$)
MAINTENANCE ACTIVITIES		
Routine Maintenance	20%	3
Periodic Maintenance	75%	11.25
Emergency Maintenance	5%	0.75
ROUTINE MAINTENANCE ACTIVITIES		
Brush cutting	30%	0.9
Drain Cleaning	30%	0.9
Road Patching	25%	0.75
Road Safety Improvement	15%	0.45
PERIODIC MAINTENANCE ACTIVITIES		
Interventions	90%	10.125
Inspections	10%	1.125
TOTAL INVESTMENT IN MAINTENANCE FOR FY 2018		15

#	Asset	Risk	Type of asset	Budget (EC$)
1	M1-SG-CR-2068	80-100E	G	40,000.00 XCD
2	M3-SA-KP-0+415-0+878	80-100E	P	1,407,826.32 XCD
3	M3-SA-KP-1+798-1+976	80-100E	P	497,082.48 XCD
4	M3-SA-KP-2+092-2+550	80-100E	P	1,315,320.00 XCD
5	M3-SA-KP-2+692-2+770	80-100E	P	223,143.36 XCD
6	M3-SA-KP-4+111-4+528	80-100E	P	1,234,990.56 XCD
7	M3-SA-KP-4+650-4+841	80-100E	P	579,906.96 XCD
8	M3-SA-KP-1+443-1+784	80-100E	P	925,090.32 XCD
9	M3-SA-KP-5+408-5+479	80-100E	P	211,807.20 XCD
10	M3-SA-KP-5+563-6+511	80-100E	P	2,651,874.96 XCD
11	M3-SA-KP-6+980-7+494	80-100E	P	1,326,547.68 XCD
TOTAL BUDGET FOR FY 2018				10,413,589.84 XCD

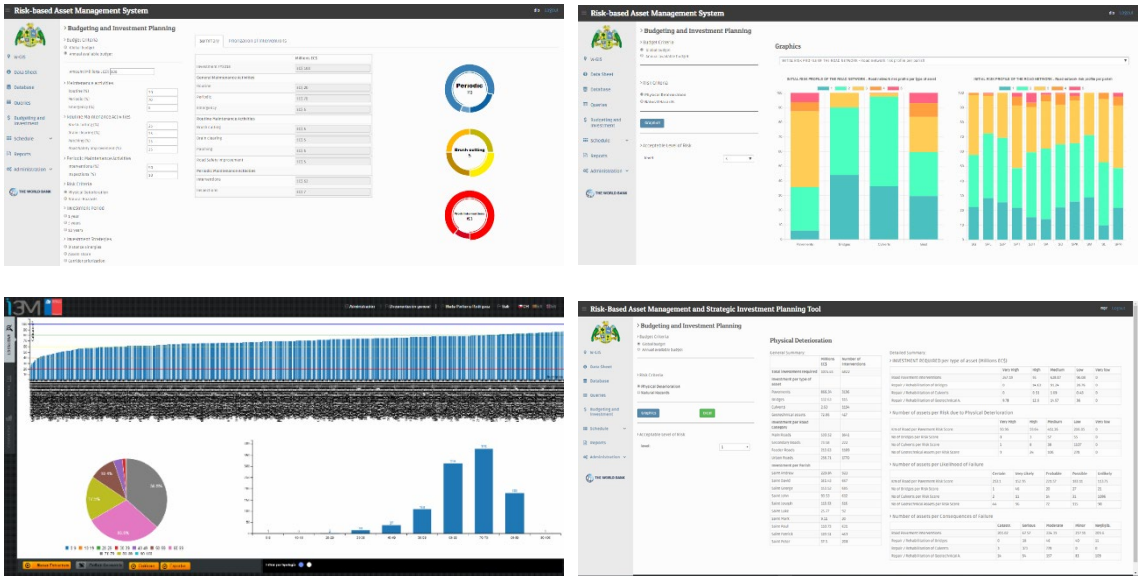


Figura 11 Ejemplos de planes de intervención para activos carreteros realizados para el Ministerio de Obras Públicas de Chile y de Dominica. Fuente: Elaboración propia.

Tal y como se refleja en el cronograma presentado en el apartado 6, el primer borrador del entregable se presentará en el mes nueve (9).

Seguido de esta entrega, a la finalización del contrato en tras los diez (10) meses, se realizará una entrega definitiva de todos los documentos anteriormente descritos.

5. TRASPASO DE INFORMACIÓN Y CONOCIMIENTO

Con el objetivo de que tanto cliente como agentes locales obtengan una visión global de las carencias de resiliencia de su red de carreteras frente a las acciones climáticas venideras, las necesidades presupuestarias y las acciones relevantes que es necesario comenzar a implementar para mejorar tanto la gestión como la respuesta de los activos de la carretera, se desarrolla el siguiente apartado.

5.1 Presentación y consulta al cliente

Se realizará una reunión mensual con el cliente con el propósito de exponer la propuesta del equipo a todos los especialistas para aunar puntos de vista, enriquecer el diseño metodológico y, sobre todo, adaptarlo lo máximo a las particularidades de la región.

5.2 Formación y ejemplos prácticos

Tal y como se refleja en el cronograma presentado, se propone un modelo de formación continua con unas sesiones de trabajo que se realizarán cada tres meses, haciendo un total de cuatro sesiones con un carácter parcial y una sesión final que cubrirá todo el alcance del contrato. Las sesiones tendrán el siguiente propósito:

- Sesión 1. Utilidad de potencial información disponible. Se mostrará el cliente las ventajas e inconvenientes de contar o no con cierta información existe para el cálculo de vulnerabilidad. Balance entre coste y utilidad de generación de información en el futuro.
- Sesión 2. Explicación de la metodología a implementar para el análisis de vulnerabilidad, mostrando resultados de proyectos previos, realizando ejemplos de diferentes alcances y exponiendo necesidades futuras para garantizar la continuidad en el seguimiento de la vulnerabilidad de las infraestructuras de carreteras (no se trata de un estudio estático).
- Sesión 3. Particularidades de la aplicación de la metodología de análisis de vulnerabilidad al caso de la infraestructura de Navarra, calibraciones necesarias. Ejemplos reales para aprender a actualizar los estudios de vulnerabilidad en el futuro y primera presentación de resultados obtenidos.
- Sesión 4. Evolución esperable de los impactos del cambio climático sobre la infraestructura de carreteras de Navarra, medidas de adaptación que se recomiendan para paliar / mitigar ese impacto y coste de implementación.
- Sesión final. Resumen completo de resultados del análisis de vulnerabilidad, futuro esperable, situación en base al presupuesto actualmente destinado a mantenimiento, actuaciones de gestión y recopilación de información que pueden mejorar la optimización de recursos disponibles y mejorar la resiliencia de la red de carreteras.

En general, las sesiones constarán de una introducción teórica mediante presentaciones lo más breves y simplificadas posibles, que permitan entender los conceptos con una visión

macro, seguida de ejemplos prácticos y buscando la participación de los presentes a lo largo de las sesiones, mediante el uso de herramientas tipo Polly, que permiten realizar formularios tipo test con preguntas relacionadas con el temario, para que los participantes den su visión antes de conocer los resultados y ver si su visión se acerca a la realidad.

Adicionalmente a las sesiones, el material generado para las mismas será obviamente compartido con anterioridad suficiente para que los asistentes puedan revisarlo y usar las sesiones para preguntar a los consultores. Además, se dejará un canal abierto para resolver dudas a lo largo de todo el contrato.

Como el contrato implica el desarrollo de un informe metodológico y una serie de informes sobre el impacto del cambio climático sobre las carreteras, así como, el plan de intervención se considera innecesario realizar manuales adicionales. En su lugar, se buscarán ejemplos concretos y el equipo se apoyará en ellos para que los asistentes puedan entender mejor los resultados obtenidos. Además de las sesiones de formación, se llevarán a cabo las siguientes actividades de difusión:

- Se preparará material para la publicación en la web de LIFENADAPTA, en caso de que sea posible y en su defecto, se propone la creación de una web que se pueda enlazar con cualquier web del Gobierno de Navarra.
- Se escribirá un artículo al respecto el cual se enviará a algún congreso o foro nacional o internacional. Se pide la ayuda de los agentes locales para la búsqueda de foros locales en los que poder hacer la difusión a través de ponencias, publicaciones en periódicos o medios de comunicación.
- Se presentará el trabajo realizado en modo de sesión informativa en el congreso Understanding Risk promovido por The World Bank Group a través del GFDRR (https://www.understandrisk.org/), foro en el que INES participa desde 2018.
- Publicación de un video explicativo de los resultados en el canal de YouTube y en perfil de las redes de INES (LinkedIn, Instagram y Twitter).

5.3 Consulta y participación de agentes locales

Se llevará a cabo mediante una reunión de seguimiento cada dos meses con potenciales agentes locales relacionados con el alcance del proyecto (Gobierno de Navarra, Demarcación de Carreteras, Demarcación Hidrográfica, Protección Civil, etc.).

Adicionalmente, en la medida de lo posible, se emplearán páginas públicas para la realización de encuestas a la población en busca de su opinión en relación con la respuesta actual de la Administración a las situaciones causadas por eventos climáticos.

Esto permite conocer la visión del ciudadano sobre la gestión realizada y las propuestas de mejora a contemplar en el plan de implementación propuesto.

Finalmente, se desea involucrar al grupo de trabajo de cambio climático de la ATC (Asociación Técnica de Carreteras) para disponer de la opinión de diferentes especialistas a nivel nacional del sector privado y público, así como del ámbito profesional e investigador.

De este modo, cliente, entidades participantes y consultor van de la mano durante todo el proceso, validando las diferentes etapas y conociéndose en todo momento el estado de avance del proyecto.

6. PLAZO Y CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tal y como establece el contrato, el proyecto tendrá una duración total de diez (10) meses, los cuales se van a emplear a desarrollar las tareas previamente descritas, siguiendo el esquema Gantt y el resumen de reparto que se propone a continuación.

Tabla 6-1 Resumen de reparto de actividades y plazos.

Conceptos	Meses
FASE I: RECOPILACIÓN DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE	1 mes
1.1. Información relacionada con los activos de carretera	1 mes
1.2. Información relacionada con los aspectos climáticos	1mes
FASE II. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	10 meses
2.1. Borrador del informe metodológico	1 mes
2.2. Informe metodológico final	10 meses
FASE III. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD	9 meses
3.1. Borrador del informe sobre el efecto del impacto del cambio climático	4 meses
3.2. Informe final sobre el efecto del impacto del cambio climático	10 meses
FASE IV: MEDIDAS DE ADAPTACIÓN E IMPLEMENTACIÓN	6 meses
4.1. Borrador del informe sobre Estrategia de Carreteras y Cambio Climático	5 meses
4.2. Informe final sobre Estrategia de Carreteras y Cambio Climático	10 meses
FASE V: PLAN DE INTERVENCIÓN	5 meses
5.1. Borrador del informe sobre el Plan de Intervención	9 meses
5.2. Informe final sobre el Plan de Intervención	10 meses
TRASPASO DE INFORMACIÓN Y CONOCIMIENTO	10 meses

El esquema Gantt presentado en la siguiente página es una adaptación a la situación actual de lo propuesto en la oferta, sobre el cual se refleja que ya ha transcurrido un mes desde la firma del contrato, periodo que se ha empleado para la recopilación de información existente y redactar este primer borrador del informe metodológico.

7. BIBLIOGRAFÍA

[1] International Climate Change Adaptation Framework for Road Infrastructure. [https://www.cakex.org/sites/default/files/documents/Toplis_International%20climate%20change%20adaptation%20framework%20for%20road%20infrastructure_2015.pdf]. PIARC.

[2] Roads for today, adapted for tomorrow. Guidelines. [https://www.cedr.eu/download/other_public_files/research_programme/call_2012/climate_change/roadapt/ROADAPT_integrating_main_guidelines.pdf]. CDER

[3] Vulnerability Assessment and Adaptation Framework (THIRD EDITION). FHWA, 2018

[4] Climate Change Impacts and Adaptation for Transport Networks and Nodes [https://unece.org/sites/default/files/2021-01/ECE-TRANS-283e_web.pdf]. UNITED NATIONS.

[5] Marco Metodológico para la Adaptación de la Infraestructura Carretera ante el Cambio Climático en México. 2019. SCT (Secretaría de comunicaciones y transportes de México).

[6] "Climate change impacts and adaptation in Europe. JRC PESETA IV final report".

[7] Financial Planning for Transportation Asset Management: An Overview. Washington, DC: U.S. Department of Transportation, 2015.

[8] Asset Valuation of Transportation Infrastructure: Proof of Concept in Colorado. Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington D.C., January 7-11, 2018.

[9] Valuation of Road Infrastructure Assets in Australia and New Zealand. Sydney: Austroads Incorporated, 2000.

[10] Understanding the Value of Transport Infrastructure - Guidelines for macro-level measurement of spending and assets. Paris, France: OECD/ITF, 2013.

[11] Guía de buenas prácticas para la adaptación de las carreteras al clima. CAF 2018.