



NAG 4-0-0.0

NORMA ADIF GENERAL

# METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD, RIESGO Y ADAPTACIÓN A LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

2ª EDICIÓN: ENERO 2024

Este documento ha sido aprobado por el Comité de Normativa.  
Existe la posibilidad de que alguno de los contenidos estén sujetos a derechos de patente, por lo que ADIF/ADIF AV no se hace responsable de la correcta identificación de los mismos.  
TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS, POR LO QUE ESTE DOCUMENTO NO PUEDE SER DISTRIBUIDO, COMUNICADO, COPIADO NI EDITADO POR TERCEROS SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA.


NORMA ADIF GENERAL		ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS	
METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD, RIESGO Y ADAPTACIÓN A LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO		COMITÉ DE NORMATIVA	
NAG 4-0-0.0	2ª EDICIÓN	ENERO 2024	Pág. 1 de 29

### CONTROL DE CAMBIOS Y VERSIONES

Revisión		Modificaciones	Puntos Revisados
Nº	Fecha		
1	Edición 2 ENERO 2024	Mejora en el contenido técnico de la norma y modificación del objeto y campo de aplicación del documento.	Todos

### EQUIPO REDACTOR

Grupo de Trabajo GT-610. Cambio Climático.

<p>Propone:</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Grupo de trabajo GT-610 Fecha: 19 de enero de 2024</p>	<p>Aprueba:</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Comité de Normativa Reunión de 24 de enero de 2024</p>
--	---

Este documento ha sido aprobado por el Comité de Normativa. Existe la posibilidad de que alguno de los contenidos estén sujetos a derechos de patente, por lo que ADIF/ADIF AV no se hace responsable de la correcta identificación de los mismos. TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS, POR LO QUE ESTE DOCUMENTO NO PUEDE SER DISTRIBUIDO, COMUNICADO, COPIADO NI EDITADO POR TERCEROS SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA.

<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b>	<b>PÁGINA</b>
1.- OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN .....	5
2.- CONSIDERACIONES GENERALES .....	5
2.1.-PROCESO RELATIVO A LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO .....	5
2.2.-CICLO DE VIDA DE LA INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA .....	7
2.3.-METODOLOGÍA DE ANÁLISIS.....	8
2.3.1.-ETAPA 0 – PREPARACIÓN .....	8
2.3.2.-ETAPA 1-VULNERABILIDAD .....	9
2.3.3.-ETAPA 2 – RIESGO .....	10
2.3.4.-ETAPA 3-ADAPTACIÓN .....	10
3.- PREPARACIÓN DE LA EVALUACIÓN .....	10
3.1.-INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA A EVALUAR.....	10
3.1.1.-COMPRESIÓN DEL ALCANCE DEL ANÁLISIS .....	10
3.1.2.-COMPRESIÓN DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES MÁS COMPROMETIDOS POR RAZÓN DE VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICOS .....	12
3.1.3.-CARACTERIZACIÓN DE LA CRITICIDAD .....	12
3.2.-HORIZONTE TEMPORAL DE LA EVALUACIÓN .....	14
3.3.-PROYECCIÓN DE CAMBIO CLIMÁTICO A UTILIZAR .....	14
3.3.1.-ORIGEN DE LOS DATOS .....	14
3.3.2.-VARIABLES Y ESCENARIO.....	14
3.3.3.-DESCARGA Y TRATAMIENTO DE LOS DATOS DEL VISOR DE ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO.....	15
4.- EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD .....	16
4.1.-IDENTIFICACIÓN DE COMPONENTES VULNERABLES A LA VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO ....	16
4.1.1.-SENSIBILIDAD .....	16
4.1.2.-EXPOSICIÓN.....	17
4.1.3.-VULNERABILIDAD .....	17
5.- EVALUACIÓN DEL RIESGO .....	18
5.1.-IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS POTENCIALES PRINCIPALES ATRIBUIBLES A LA VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO .....	18
5.1.1.-IMPACTOS POTENCIALES SOBRE LOS COMPONENTES DE LA INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA .....	18
5.1.2.-IMPACTOS POTENCIALES SOBRE EL SERVICIO FERROVIARIO .....	19
5.2.-METODOLOGÍA A EMPLEAR PARA CARACTERIZAR EL RIESGO .....	19
5.2.1.-RIESGO PARA LA INTEGRIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA .....	19
5.2.2.-RIESGOS PARA EL SERVICIO FERROVIARIO.....	22
5.3.-PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN .....	24
6.- ADAPTACIÓN .....	25
6.1.-IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN .....	25

6.2.-PLAN DE ADAPTACIÓN .....	26
6.3.-ACTUALIZACIÓN DE LA EVALUACIÓN .....	26
7.- NORMATIVA DEROGADA .....	27
8.- DISPOSICIONES TRANSITORIAS Y ENTRADA EN VIGOR .....	27
9.- NORMATIVA DE REFERENCIA Y BIBLIOGRAFÍA .....	27

Este documento ha sido aprobado por el Comité de Normativa.  
 Existe la posibilidad de que alguno de los contenidos estén sujetos a derechos de patente, por lo que ADIF/ADIF AV no se hace responsable de la correcta identificación de los mismos.  
 TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS, POR LO QUE ESTE DOCUMENTO NO PUEDE SER DISTRIBUIDO, COMUNICADO, COPIADO NI EDITADO POR TERCEROS SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA.

## 1.-OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

La presente norma tiene como objeto establecer la metodología para analizar la vulnerabilidad y el riesgo de las infraestructuras y el servicio ferroviario a los efectos del Cambio Climático, y proponer un plan de adaptación para mitigar sus efectos. Esta metodología será de aplicación en la elaboración de los Estudios que a este respecto se redacten en ADIF y ADIF Alta Velocidad (en adelante ADIF) que tienen en consideración los distintos subsistemas ferroviarios (infraestructura, vía, energía, instalaciones de seguridad y comunicaciones, protección y seguridad, estaciones y terminales).

Los Estudios se llevarán a cabo sobre los tramos o ámbitos de la red ferroviaria de manera que, progresivamente antes del 2030<sup>1</sup>, se cubra toda la red gestionada por ADIF y se irán actualizando periódicamente según vayan surgiendo modificaciones en los diferentes subsistemas del tramo o ámbito estudiado que así lo aconsejen.

Los análisis recogidos en dichos Estudios deberán servir para identificar y prevenir los impactos, siempre que sea posible, o conseguir la adaptación cuando la situación sea irreversible, identificando y proponiendo un horizonte temporal de implementación de las medidas necesarias para minimizar sus efectos.

A la hora de redactar los proyectos, se deberán considerar las medidas de adaptación propuestas en el Estudio asociado a nivel de Red, si fueran del alcance del proyecto.

Si no hubiera ningún Estudio planteado en dicho ámbito, será necesario planificarlo.

Dado que el conocimiento del cambio climático es un área de investigación en continuo desarrollo, excepcionalmente, se podrán admitir cambios de los criterios desarrollados en la presente Norma en esta materia, acudiendo a las guías y a los textos técnicos publicados de reconocida relevancia, o a la realización de estudios específicos que acrediten los criterios adoptados, siempre con la suficiente y fundada justificación.

## 2.-CONSIDERACIONES GENERALES

### 2.1.-PROCESO RELATIVO A LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

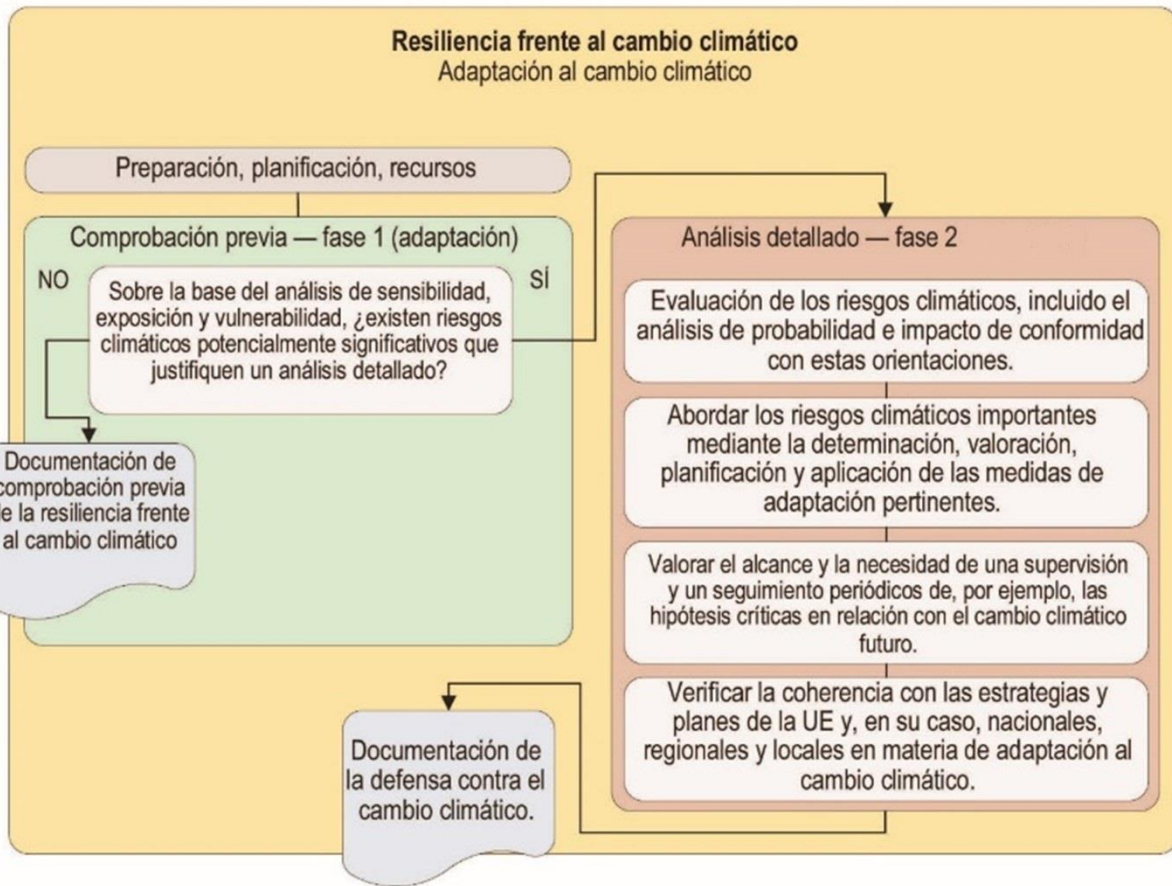
Las infraestructuras<sup>2</sup> ferroviarias de transporte son infraestructuras de larga duración por lo que están y estarán expuestas durante muchos años a un clima cambiante con repercusiones meteorológicas y climáticas extremas cada vez más adversas y frecuentes<sup>3</sup>.

Según se define en el documento de *Orientaciones técnicas sobre la defensa contra el cambio climático*, el proceso de adaptación de las infraestructuras puede resumirse en la siguiente imagen:

<sup>1</sup> De acuerdo con el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030.

<sup>2</sup> El término infraestructura es un concepto amplio que abarca edificios, infraestructura de redes y una serie de sistemas y activos ferroviarios. En el caso de infraestructuras ferroviarias puede tratarse desde líneas ferroviarias completas, estaciones, terminales, a secciones particulares de red.

<sup>3</sup> Capítulo 3.3 Adaptación al cambio climático (resiliencia frente al cambio climático) C373/28 - COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN - Orientaciones técnicas sobre la defensa contra el cambio climático de las infraestructuras para el período 2021-2027-(2021/C 373/01).



**Figura 1** – Resumen del proceso relativo a la adaptación al cambio climático – Fuente: Grafico 7–Diario oficial de la UE–2021/C 373/01

Según las *Orientaciones técnicas sobre la defensa contra el cambio climático de las infraestructuras (Apartado 3.3.1)*, la comprobación previa – fase 1 (adaptación) consiste en un análisis de vulnerabilidad ante el cambio climático. La evaluación de la vulnerabilidad tiene como objetivo determinar los peligros potencialmente significativos y riesgos asociados y constituye la base para la decisión de continuar con la fase de análisis detallado de evaluación de riesgos.

Por lo general, muestra los peligros a considerar en la evaluación de riesgos, que son aquellos con vulnerabilidad alta y, en ocasiones, media, según la escala. Si la evaluación de la vulnerabilidad llega a la conclusión de que, de forma justificada, todas las vulnerabilidades se clasifican como bajas o insignificantes, no sería necesaria ninguna otra evaluación de riesgos (climáticos) y con ello concluye la comprobación previa y la fase 1.

Por otra parte, en apartado 3.3.2 de este mismo documento, en el análisis detallado – fase 2 (adaptación) se llevará a cabo la evaluación de riesgos para analizar los peligros climáticos y sus impactos con el fin de proporcionar información para la toma de decisiones. La evaluación de riesgos consiste en el análisis de la probabilidad y la gravedad de los impactos relacionados con los peligros detectados en la evaluación de vulnerabilidad (o en la comprobación previa inicial de los peligros), valorando la importancia de los riesgos en las condiciones climáticas actuales y futuras. El análisis de riesgos constituye la base para determinar, valorar, seleccionar y aplicar las medidas de adaptación. El Estudio de análisis de la vulnerabilidad, riesgo y adaptación al Cambio Climático sobre la infraestructura ferroviaria existente permite incorporar en la etapa de evaluación del riesgo la identificación de los componentes ferroviarios vulnerables frente al cambio climático, así como los impactos potenciales asociados, de forma que los proyectos en elaboración o los

futuros proyectos puedan integrar en su diseños las medidas de minimización del riesgo derivadas de este análisis.

En el caso de nuevos corredores ferroviarios no realizados sobre infraestructura existente, las etapas de evaluación de la vulnerabilidad y del riesgo se llevarán a cabo considerando la solución propuesta en la fase de planificación de la infraestructura (Estudio Informativo u otra similar disponible). De esta forma, según las vulnerabilidades detectadas y los impactos más habituales asociados a los componentes ferroviarios y a las amenazas climáticas, la etapa de evaluación del riesgo se realizará según las estimaciones necesarias basadas en la mejor evidencia disponible, así como en el criterio experto, de manera que se estimen los riesgos y se definan las potenciales medidas de adaptación a incorporar en fases posteriores de diseño de la infraestructura ferroviaria planificada.

## 2.2.-CICLO DE VIDA DE LA INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA

La **gestión del ciclo de vida** de la infraestructura es el proceso de planificación, organización, coordinación y verificación eficaz y eficiente de un proyecto a lo largo de todas sus fases, desde la planificación, la ejecución y la explotación, hasta su desmantelamiento.

La defensa contra el cambio climático **debe integrarse en la gestión del ciclo de vida de la infraestructura**. De esta forma, es importante entender en qué fase o fases de desarrollo se encuentra la infraestructura a evaluar, de manera que la defensa contra el cambio climático se considere en la fase más temprana que sea posible, considerando las fases del ciclo de la infraestructura y las actividades de desarrollo de la misma definidas a continuación:



**Figura 2** – Resumen de las fases del ciclo de vida y las actividades de desarrollo – Fuente: Grafico 22 –Diario oficial de la UE – 2021/C 373/01.

## 2.3.-METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

El proceso de evaluación se estructura en cuatro etapas principales: *1.Vulnerabilidad, 2.Riesgo y 3.Adaptación*, precedidas de una etapa *0.Preparación* encaminada a establecer las bases de la evaluación. Según las Orientaciones técnicas, la fase 1 equivale a las etapas 0 y 1, y la fase 2 a las etapas 3 y 4 que se observan a continuación:

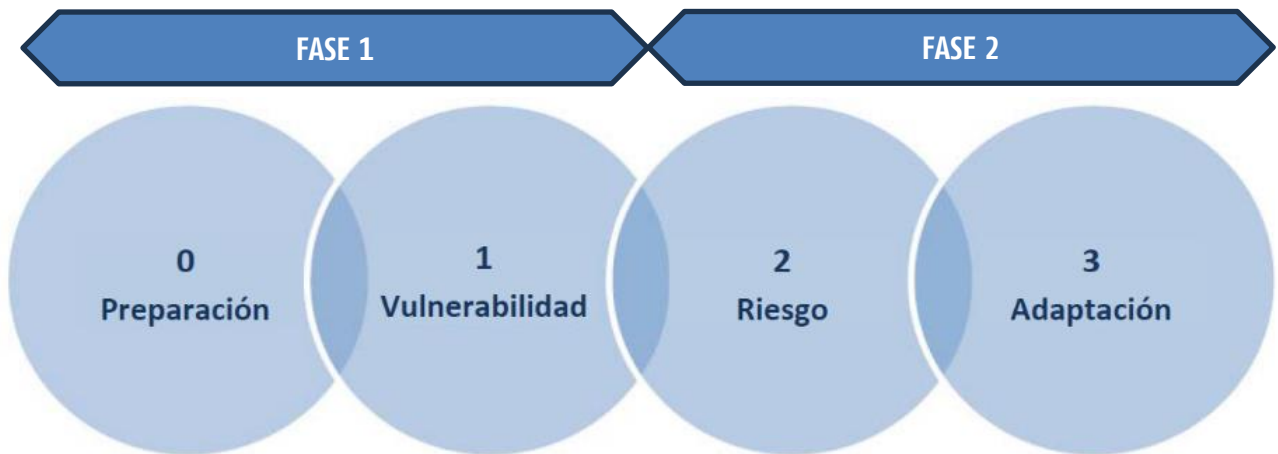


Figura 3 – Proceso de evaluación de la vulnerabilidad y el riesgo frente al cambio climático.

A continuación, se describen de forma resumida cada una de las etapas del proceso de análisis de los riesgos frente al Cambio climático:

### 2.3.1.-ETAPA 0 – Preparación

El objetivo de esta etapa es establecer la información de partida necesaria para garantizar que la evaluación tiene un alcance adecuado y es apropiada para su propósito, entendiendo la situación actual y los antecedentes de la infraestructura ferroviaria a analizar. Como resultado de esta fase se obtiene una **descripción** en la que se **identifican y describen** todos los **subsistemas técnicos** que conforman **la infraestructura ferroviaria**, así como el **servicio ferroviario que presta**. Como datos de partida para la preparación de la evaluación, se debería considerar la siguiente documentación (listado no exhaustivo) si la hubiera:

- Datos que permitan la descripción actual de la infraestructura ferroviaria.
- Datos que permitan la descripción actual del servicio ferroviario.
- Documentación relativa a los proyectos o actuaciones planificadas, ejecutadas o en ejecución, de interés para el correcto análisis, incluso estudios previos de la infraestructura (Estudios Informativos, Anteproyectos, Estudios Funcionales, etc.).
- Documentación relativa a las incidencias y mantenimiento de la red.
- Manual de Prevención y Gestión de Incidencias.
- Estudios de inundabilidad previos.
- Datos relativos a los costes de inversión y mantenimiento.



### 2.3.2.-ETAPA 1-Vulnerabilidad

La vulnerabilidad frente al cambio climático de la red ferroviaria de la que es titular ADIF ha sido objeto de valoración, en los últimos años, en dos ocasiones:

- En primer lugar, con motivo del análisis realizado en 2013 en el ámbito del Grupo Fomento y del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente sobre las necesidades de adaptación al cambio climático de la red troncal de infraestructuras de transporte en España<sup>4</sup>. Dicho análisis permitió efectuar una primera identificación, eminentemente cualitativa, de los impactos y riesgos esperados del cambio climático tanto en la fase de planificación de la Red Ferroviaria de Interés General (RFIG) como en la de su diseño y operación, tomando como base las previsiones de evolución media en España de algunas de las variables climáticas más relevantes para las infraestructuras de transporte. También permitió recomendar diversas medidas de adaptación encaminadas tanto al diseño de nuevas líneas ferroviarias como a la explotación de las existentes.
- Más recientemente, en el transcurso del ejercicio de identificación de las secciones de la RFIG a las que prestar atención con prioridad por razón de su vulnerabilidad frente a la variabilidad climática actual y a su posible evolución como consecuencia del cambio climático, figura otro análisis realizado por el CEDEX en 2018 con la colaboración de ADIF, entre otros<sup>5</sup>.

Los dos análisis anteriores han permitido comprender en un primer momento cuáles podían ser las principales amenazas climáticas en la red ferroviaria que gestionan (precipitación, temperatura y viento). Tras estos trabajos previos, se hace necesario actualizar este análisis para las secciones ferroviarias objeto del estudio. La finalidad de la evaluación de la vulnerabilidad es comprender a qué fenómenos climáticos pueden ser vulnerables los componentes principales de la infraestructura y el servicio ferroviario en función de las características de los componentes, los parámetros de servicio y de la situación actual de la infraestructura. De esta manera, se determinan qué amenazas y qué componentes presentan riesgos potencialmente significativos y, por tanto, requieren ser analizados en una fase más detallada de evaluación de riesgos posterior.

La vulnerabilidad según la *Jaspers Guidance Note* es una combinación de dos indicadores:

$$\text{VULNERABILIDAD} = \text{Sensibilidad} \times \text{Exposición}$$

- a) Sensibilidad: determinada por la sensibilidad intrínseca de los componentes frente a los fenómenos climáticos que pudieran ser un peligro para éstos.
- b) Exposición: determinada por la probabilidad de que estos fenómenos tengan lugar en el emplazamiento de los componentes de la Infraestructura actualmente y en el futuro.

<sup>4</sup> Informe final del Grupo de Trabajo para el análisis de las necesidades de adaptación al cambio climático de la red troncal de infraestructuras de transporte en España. Septiembre 2013.

<sup>5</sup> Informe final sobre las secciones de la red estatal de infraestructuras de transporte terrestre a las que prestar atención preferente por razón de la variabilidad y cambio climáticos. Junio 2018.

### 2.3.3.-ETAPA 2 – Riesgo

El propósito de esta etapa es evaluar el riesgo de los impactos potenciales, asociados a los componentes principales de la infraestructura **vulnerables** frente a las variables climáticas, obtenidos en la etapa anterior. Esta etapa se concreta en un apartado específico de **evaluación del riesgo**, en el que se incluye la **relación de impactos** asociados a eventos climáticos que se consideran que pueden tener mayor incidencia en el análisis. En esta fase se tendrá en cuenta las **proyecciones de cambio climático** y se documentarán los **resultados** obtenidos al término de la misma.

El riesgo de que se produzca un impacto sobre un componente debido a una variable climática determinada es una combinación de dos indicadores: la **severidad** del impacto si éste ocurriera y la **probabilidad** de que se produzca:

$$\text{RIESGO} = \text{Severidad} \times \text{Probabilidad}$$

### 2.3.4.-ETAPA 3-Adaptación

El objeto de esta etapa es la de proponer medidas que mitiguen o disminuyan los riesgos significativos determinados en la etapa anterior. Esta etapa concluye en un Plan de Adaptación que recoge las medidas seleccionadas para reducir los riesgos calificados como inadmisibles en la evaluación del riesgo. Para cada medida se incluirá el plazo en el que se propone que sea implementada, los costes aproximados que conlleva y el nivel de riesgo residual que se espera alcanzar una vez implementada la medida.

## 3.-PREPARACIÓN DE LA EVALUACIÓN

### 3.1.-INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA A EVALUAR

#### 3.1.1.-Comprensión del alcance del análisis

Para la aplicación de la metodología, la **infraestructura ferroviaria** (red, línea, sección, estación ferroviaria) vendrá definida por todos los componentes que la integran (ver figura 4) y que aseguran su funcionalidad, independientemente de que una parte o todos estos componentes se encuentren en fase de diseño (como proyecto o grupo de proyectos), de construcción o de explotación.

Para comprender los riesgos que el cambio climático puede introducir en las infraestructuras ferroviarias, es importante tener presente los **componentes principales** que la integran, y organizarlos de forma que facilite sistematizar su evaluación. A este fin, se recomienda distinguir, de entrada, entre **infraestructura** y **servicio ferroviario**, y luego agrupar los distintos componentes físicos que conforman la infraestructura, por ejemplo, como se muestra en la figura 4. La consideración del componente servicio ferroviario permite dar cabida a la incidencia de las condiciones climáticas que afectan directamente al tráfico ferroviario, sin ocasionar necesariamente un daño a la infraestructura, además de valorar la afectación al servicio ferroviario de aquellas incidencias que afectan simultáneamente a ambos.

- **INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA**
  - **Plataforma:**
    - **Obras de tierra:**
      - Desmontes
      - Terraplenes
    - **Sistema de drenaje/Red de saneamiento:**
      - Obras de drenaje transversal
      - Drenaje longitudinal
      - Red de saneamiento
    - **Estructuras:**
      - Obras de paso superior
      - Obras de paso inferior
      - Viaductos
    - Túneles
    - Caminos de acceso y servicio...(ver Ley del sector ferroviario)
  - **Vía**
    - **Vía sobre balasto:**
      - Balasto
      - Carril, traviesas y sujeciones
      - Aparatos de vía
    - **Vía en placa**
  - **Electrificación de la línea:**
    - Línea aérea de contacto, con todos sus elementos
    - Subestaciones de tracción
    - Centros de transformación
    - Líneas de alta y media tensión propiedad de ADIF
    - Instalaciones asociadas (calefacción de agujas, alumbrado de túneles...)
  - **Instalaciones de seguridad y comunicaciones**
  - **Estaciones ferroviarias**
  - **Terminales ferroviarias de transporte de mercancías**
  - **Otros componentes:**
    - Pantallas acústicas
- **SERVICIO FERROVIARIO**

**Figura 4** - Componentes principales que integran la infraestructura y servicio ferroviarios.

Los riesgos de naturaleza climática que pueden afectar a los componentes de infraestructura dependerán no solo de los cambios que puedan producirse respecto de las condiciones climáticas actuales, sino también de las características de la propia infraestructura, en particular, del tiempo transcurrido desde que se ha construido, de las prescripciones que se han considerado para su diseño, de la forma en que se ha ejecutado la obra y de la manera en que los distintos componentes de la infraestructura se han ido manteniendo y conservando a lo largo de su vida útil.

Por ello, conviene que antes de realizar la evaluación, se analice en qué fase de desarrollo (apartado 2.2) se encuentra cada uno de los componentes principales de la infraestructura. Hay que tener presente que la evaluación puede integrar componentes que se hallen todavía en fase de diseño, componentes que hayan superado ya esta fase y estén pendientes de construcción, componentes que hayan sido construidos recientemente o bien que ya se encuentren en fase de explotación durante algunos o muchos años.

### 3.1.2.-Comprensión de los componentes principales más comprometidos por razón de variabilidad y cambio climáticos

Al inicio del Estudio que documenta el proceso de evaluación, se incluirá una Descripción del mismo. Esto facilitará también a terceros la comprensión del ejercicio realizado. En esta descripción de la Infraestructura/servicio quedarán reflejados, junto al alcance de la misma, aquellos elementos de cada componente de la infraestructura cuya integridad o funcionalidad pueda verse presumiblemente más comprometida por razón de la variabilidad y cambio climáticos, destacando las características principales de los mismos que pueden afectar en mayor medida a dicha integridad o funcionalidad, y agrupándolos, si procede, por emplazamientos donde el nivel de sensibilidad sea previsiblemente similar.

Para realizar esta tarea, se recurrirá a la **documentación disponible** en cada caso (estudios informativos, proyectos constructivos, informes de inspección visual, resultados de auscultación, incidencias de la red por causas climáticas, etc.) y al conocimiento no documentado que pueda residir en personal vinculado o cercano a la Infraestructura a través de tareas de construcción, operación o mantenimiento. Es aconsejable, asimismo, que se realice una visita *in situ* a la Infraestructura antes de dar por cerrada la descripción.

### 3.1.3.-Caracterización de la criticidad

Para estar en disposición de determinar con posterioridad cuáles serán los umbrales de riesgo aceptables en la infraestructura por razón de la variabilidad y cambio climáticos, es importante que se indique también en la descripción cuáles son los **niveles de criticidad** que se considera que tienen las secciones ferroviarias que se hayan considerado significativas.

En **líneas existentes**, para estimar dicha criticidad, se tendrán en cuenta los niveles definidos en la figura III.2 del *Informe final sobre las secciones de la red estatal de infraestructuras de transporte terrestre a las que prestar atención preferente por razón de la variabilidad y cambio climáticos* (Junio 2018), niveles que deberán ir actualizándose pasado cierto tiempo.

Para las **líneas no reflejadas** en este Informe o para aquellas en las que se considere que la criticidad ha podido variar desde su publicación, el cálculo de la criticidad se realizará siguiendo el **proceso** que a continuación se describe.

La criticidad de la infraestructura a evaluar (o de una sección ferroviaria, si se prevé que pueda haber secciones con distinto nivel de criticidad), de forma práctica, se caracterizará por el número de circulaciones, partiendo del número medio de trenes de viajeros de larga y media distancia, de

servicios de cercanías y de trenes de mercancías que circulan por semana por la sección. El número de circulaciones de trenes de viajeros de larga y media distancia se mayorará cuando la sección pertenezca a la infraestructura de transporte ferroviario de pasajeros de la Red Transeuropea de Transporte<sup>6</sup> (o desempeñe actualmente la función de una sección incluida en esa infraestructura). Lo mismo se hará con el número de circulaciones de trenes de mercancías en secciones que forman parte de la infraestructura de transporte ferroviario de mercancías de la Red Transeuropea de Transporte. La mayoración será igual a  $1,2 * \alpha$ , donde el valor del factor  $\alpha$  variará de la siguiente manera, según se considere que es menor o mayor el nivel de accesibilidad que proporciona la infraestructura a los principales centros de actividad y servicios de la Península, como parte del sistema nacional de transporte terrestre:

Factor $\alpha$	Red convencional o de ancho métrico	Red de alta velocidad
De menor a mayor nivel de accesibilidad	1,0-1,5	1,1-1,8

Tabla 1 Accesibilidad del factor  $\alpha$ .

Para caracterizar la inversión realizada, el resultado obtenido anteriormente se multiplicará por un factor  $\beta$  variable según se trate de una sección de la red de alta velocidad, o de la red convencional o de ancho métrico. Los valores del factor  $\beta$  serán igual a:

Factor $\beta$	Red convencional o de ancho métrico	Red de alta velocidad
Orografía llana	1,0	1,2
Orografía ondulada	1,1	1,5
Orografía montañosa	1,2	1,8

Tabla 2 Valores del factor  $\beta$ .

El valor del resultado final obtenido determinará cuál es el nivel de criticidad de la Infraestructura, según sea el rango en el que está comprendido:

<b>Nivel de criticidad</b>	Alta	>650
	Media-Alta	300-650
	Media	105-300
	Media-Baja	50-105
	Baja	<50

Tabla 3 Niveles de criticidad de la Infraestructura.

En todo caso, antes de dar por bueno el nivel de criticidad obtenido, es conveniente contrastar la coherencia del mismo con los niveles de criticidad obtenidos para el conjunto de la RFIG en el ejercicio realizado en 2018.

<sup>6</sup> Reglamento 1315/2013/UE de 11 de diciembre de 2013 sobre las orientaciones de la Unión para el desarrollo de la Red Transeuropea de Transporte.

Se puede considerar asimismo otros **aspectos cualitativos** en la determinación de la criticidad siempre y cuando se justifiquen.

### 3.2.- HORIZONTE TEMPORAL DE LA EVALUACIÓN

Los horizontes temporales a utilizar para el análisis de la infraestructura se ajustarán a los rangos establecidos en la Plataforma sobre la adaptación al cambio climático en España (Adaptecca), organismo dependiente del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, a través de la Oficina española de Cambio Climático. A fecha de aprobación de esta Norma, los rangos son los siguientes:

- Futuro cercano (2011-2040).
- Futuro medio (2041-2070).
- Futuro lejano (2071-2100).

Con carácter general, se considerará un horizonte temporal máximo para la evaluación del riesgo de 80 años correspondiente con el análisis realizado para el futuro lejano. Este plazo está dentro del orden de magnitud estimado como tiempo de vida útil de los componentes de la infraestructura ferroviaria más longevos.

### 3.3.-PROYECCIÓN DE CAMBIO CLIMÁTICO A UTILIZAR

#### 3.3.1.-Origen de los datos

Para identificar las potenciales amenazas del cambio climático sobre el Estudio, y para evaluar con posterioridad el riesgo que éstas pueden suponer para la integridad de la infraestructura y su operación, se empleará como principal referencia las proyecciones de cambio climático para España, provenientes de las regionalizaciones dinámicas generadas en la iniciativa internacional Euro-CORDEX que han sido realizadas en el marco de la iniciativa Escenarios-PNACC 2018, y que están disponibles a través del **Visor de Escenarios de Cambio Climático** de la Plataforma Adaptecca.

Para proyecciones de variables climáticas o fenómenos de naturaleza climática para los que el Visor no proporciona información y sean de interés para la evaluación del riesgo (por ejemplo, velocidad de la racha máxima de viento), se recurrirá a otras fuentes disponibles suficientemente fiables, que deberán citarse y describirse en el informe de evaluación.

En el caso de emplazamientos específicos en los que sea de aplicación, deben tenerse en cuenta otro tipo de fenómenos como la posible subida del nivel del mar, oleaje, tormentas eléctricas, etc. Actualmente, existen visores que proporcionan datos para escenarios de emisión y horizontes temporales análogos a los que proporciona el visor Adaptecca.

#### 3.3.2.-Variables y escenario

De las proyecciones disponibles en el Visor de Escenarios de Cambio Climático, se empleará el valor medio de las simulaciones que éste ofrece, seleccionando los valores de las anomalías que corresponden con un escenario de emisiones intermedias RCP 4.5 para el horizonte cercano y medio, y un escenario de emisiones RCP 8.5 para el horizonte lejano.

De las variables ofrecidas actualmente por el Visor, las más relevantes por su incidencia sobre el diseño y explotación de las líneas ferroviarias son las siguientes:

- La precipitación máxima (mm) en 24 horas.
- El percentil 99 de la temperatura máxima diaria.

- La duración máxima de las olas de calor, en días<sup>7</sup>.
- El número de días cuya temperatura mínima se encuentra por debajo de 0°C.
- Velocidad máxima (Km/h) del viento a 10 m de altura.
- Amplitud térmica en grados.

Cuando se empleen las proyecciones del percentil 99 de la temperatura máxima diaria que ofrece el Visor, se debe ser consciente de que los cambios de temperatura obtenidos son inferiores a los que se obtendrían para la temperatura máxima diaria.

### 3.3.3.-Descarga y tratamiento de los datos del Visor de Escenarios de Cambio Climático

Para cada variable obtenida del Visor, se descargará de éste un fichero Excel con la serie temporal de datos anuales correspondiente al periodo 2006-2100 para cada uno de los municipios por los que transcurre el Estudio. El Visor proporciona datos puntuales para una rejilla con 0.11 grados de resolución, aproximadamente 12 km, por lo que, en el caso de municipios de tamaño pequeño, puede ser conveniente seleccionar en el Visor uno o más municipios adyacentes, para asegurar la existencia de, al menos, un dato o la representatividad de los mismos.

A partir del fichero Excel descargado, se caracterizarán los valores de la anomalía en los años intermedios correspondientes al periodo histórico de referencia (1985) y a un futuro cercano (t+5, siendo t el año en que se lleva a cabo la evaluación), medio (t+35) y lejano (t+65), obtenidos como promedio de los valores anuales en cada período (2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100 respectivamente), e igual a 0 para el período histórico de referencia (1971-2000). A partir de estos valores se estimará, por interpolación, la anomalía en los años horizonte que la evaluación requiera, respecto del año en que ésta se lleva a cabo (mediante una simple traslación de la gráfica obtenida con anterioridad).

Evaluación en 2018 de la adaptación al cambio climático del Proyecto LAV Antequera-Granada  
Proyección del percentil 95 de la temperatura máxima diaria en el municipio de Antequera  
(Puntos de rejilla: 6 - Escenario: RCP 4.5)

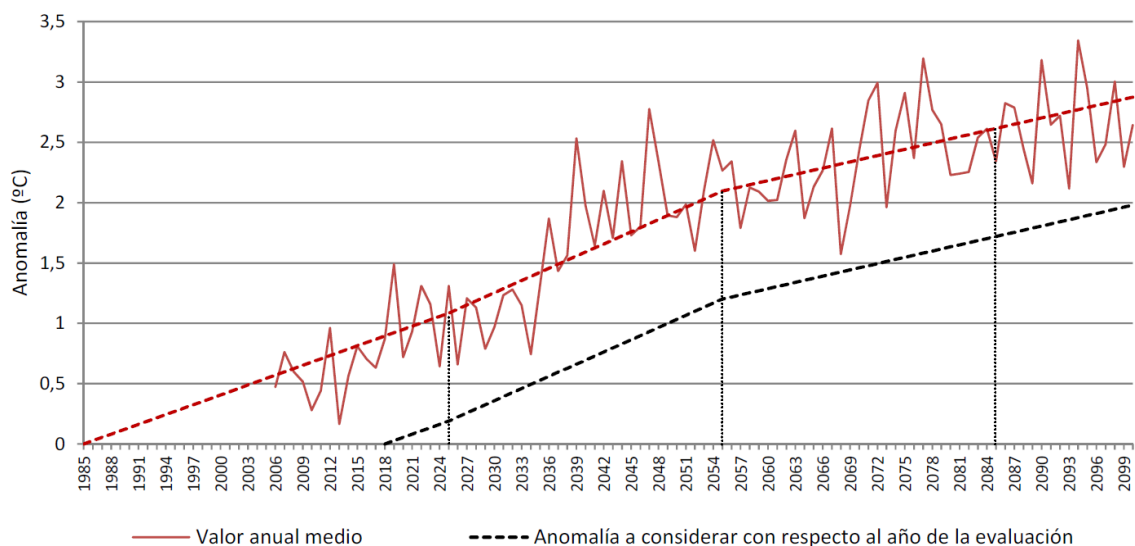


Figura 5 - Ejemplo de cálculo de la anomalía a considerar para una variable climática concreta en una sección de línea ferroviaria.

<sup>7</sup> En las proyecciones que ofrece el Visor, una ola de calor se define como al menos 5 días consecutivos con temperaturas máximas por encima del percentil 90 de un periodo climático de referencia.

## 4.-EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

### 4.1.-IDENTIFICACIÓN DE COMPONENTES VULNERABLES A LA VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO

La finalidad de la evaluación de la vulnerabilidad es comprender a qué fenómenos climáticos pueden ser vulnerables los componentes principales de la infraestructura y el servicio ferroviario en función de las características de los componentes, de los parámetros de servicio y de la situación actual de la infraestructura. De esta manera, se determinan qué amenazas y qué componentes presentan una vulnerabilidad significativa y, por tanto, requieren ser analizados en una fase más detallada de evaluación de riesgos posterior.

Según el apartado 2.3.2, la vulnerabilidad según la *Jaspers Guidance Note* es una combinación de dos indicadores:

$$\text{VULNERABILIDAD} = \text{Sensibilidad} \times \text{Exposición}$$

#### 4.1.1.-Sensibilidad

Estos dos indicadores se pueden evaluar detalladamente por separado o combinados. La evaluación de vulnerabilidad combina el análisis de la sensibilidad y la exposición para determinar qué fenómenos (amenazas) climáticos son relevantes para la sección ferroviaria, como resultado de las características de los componentes de la Infraestructura y de su localización.

El análisis de la vulnerabilidad se realizará por variable climática seleccionada y componentes que sean sensibles a esa variable. Se considerará el escenario de emisiones más adecuado a la fase de desarrollo en la que se encuentre la infraestructura y en los horizontes de variación temporal que se consideren para dicha variable.

Para el indicador de **sensibilidad**, se define la siguiente escala de afectación: inexistente, reducida, moderada-baja, moderada-alta, notable e importante, que se detalla en la figura 6.

ESCALA PARA CARACTERIZAR LA SENSIBILIDAD DE LA AFECTACIÓN					
Inexistente 0	Reducida 1	Moderada baja 2	Moderada Alta 3	Notable 4	Importante 5
La sensibilidad del componente de la infraestructura ferroviaria es inexistente frente a la variable climática	La sensibilidad del componente de la infraestructura ferroviaria es reducida frente a la variable climática	La sensibilidad del componente de la infraestructura ferroviaria es moderada baja frente a la variable climática	La sensibilidad del componente de la infraestructura ferroviaria es moderada alta frente a la variable climática	La sensibilidad del componente de la infraestructura ferroviaria es notable frente a la variable climática	La sensibilidad del componente de la infraestructura ferroviaria es importante frente a la variable climática

Figura 6 – Escala de caracterización del indicador sensibilidad.

Cabe destacar que la **sensibilidad** de un componente de la infraestructura/servicio ferroviario de una sección frente a las variables climáticas es un **factor intrínseco** a las características de la misma. Aquí es importante disponer de los datos de las **incidencias** de mantenimiento y explotación de las líneas en funcionamiento para obtener un valor de la sensibilidad lo más ajustado a la realidad. En el caso de componentes de secciones ferroviarias en fases de diseño, se establecerá dicho valor en función de los datos disponibles (tipología, criterio técnico, etc.) en el momento de la evaluación.



#### 4.1.2.-Exposición

Análogamente, para el factor de **exposición** se establecen los siguientes valores en función de los emplazamientos (localización) y la variación-evolución de las variables.

ESCALA PARA CARACTERIZAR LA EXPOSICIÓN				
Muy baja 1	Baja 2	Media 3	Alta 4	Muy alta 5
La exposición de la infraestructura frente a la variable climática es nula o muy baja	La exposición de la infraestructura frente a la variable climática es baja	La exposición de la infraestructura frente a la variable climática es media	La exposición de la infraestructura frente a la variable climática es alta	La exposición de la infraestructura es muy alta

Figura 7 - Escala de caracterización del indicador exposición.

#### 4.1.3.-Vulnerabilidad

Una vez definidos los indicadores de sensibilidad y exposición de cada elemento por cada variable climática, se obtendría la matriz de vulnerabilidad de la sección/componente ferroviarios con el producto de ambos.

Para la matriz resultante se definen los siguientes **rangos de vulnerabilidad** del componente analizado:

		EXPOSICIÓN				
		Muy baja 1	Baja 2	Media 3	Alta 4	Muy alta 5
SENSIBILIDAD	Inexistente 0	0	0	0	0	0
	Reducida 1	1	2	3	4	5
	Moderada baja 2	2	4	6	8	10
	Moderada alta 3	3	6	9	12	15
	Notable 4	4	8	12	16	20
	Importante 5	5	10	15	20	25

ESCALA VULNERABILIDAD	Baja <8	Media baja 8-9	Media 10-11	Alta 12-16	Muy alta >16
-----------------------	---------	----------------	-------------	------------	--------------

Figura 8 - Matriz para la identificación del nivel de vulnerabilidad.

Se ha estimado que se estudiarán en la **etapa de riesgo** aquellos componentes ferroviarios tanto de la Infraestructura como del Servicio Ferroviario para los que resulten vulnerabilidades **medias bajas** (8-9), **medias** (10-11), **altas** (12-16) y **muy altas** (>16).

De este modo, la evaluación de la vulnerabilidad también se puede considerar como una **etapa inicial de la detección de riesgos**, ya que tiene como objetivo **identificar cuáles son los peligros más relevantes a los que el componente de la infraestructura es vulnerable**. Las consecuencias potenciales de estos peligros son las que luego se evaluarán con mayor detalle en la etapa de evaluación de riesgos posterior.

Si la evaluación de la vulnerabilidad concluye que un componente ferroviario no es vulnerable a ningún fenómeno climático, y esa conclusión se justifica debidamente, no será necesario realizar la evaluación de riesgos posterior para dicho componente no vulnerable.

## 5.-EVALUACIÓN DEL RIESGO

### 5.1.-IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS POTENCIALES PRINCIPALES ATRIBUIBLES A LA VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO

Antes de iniciar la evaluación del riesgo, se establecerá una relación de los impactos asociados a los componentes ferroviarios vulnerables en la actualidad y/o en el futuro, que son aquellos que se estima tendrán mayor incidencia sobre la Infraestructura. La relación de impactos se establecerá por la entidad potencial de los **daños ocasionados a la infraestructura** y/o por su posible **incidencia sobre las condiciones de circulación del tráfico ferroviario**. Se tratará de vincular cada impacto a un componente de la Infraestructura (véase figura 4) y a un factor climático principal (variable climática), sin que ello quiera decir que dicho factor sea necesariamente el causante único del impacto.

A continuación, se incluye una relación de impactos que puede tomarse como referencia al establecer la lista de impactos potenciales.

#### 5.1.1.-Impactos potenciales sobre los componentes de la infraestructura ferroviaria

Se recomienda que la relación de impactos elaborada incluya algunos (varios), siempre que sea pertinente, de los impactos potenciales sobre los componentes de la infraestructura ferroviaria que se relacionan a continuación. Esta relación incorpora, tanto aquellos impactos cuya presencia se ha constatado que es significativa a nivel de la red (de acuerdo con los resultados del ejercicio realizado en 2018 de identificación de las secciones de la RFIG, a las que prestar atención con prioridad por razón de su vulnerabilidad frente a la variabilidad y cambio climáticos<sup>5</sup>) como impactos que, se ha observado, pueden ser significativos al realizar la evaluación del riesgo:

- Deslizamiento de laderas y caída de materiales y erosión de taludes en desmonte como consecuencia de lluvias intensas.
- Asentamiento de terraplenes como consecuencia de lluvias intensas.
- Erosión de taludes en terraplén junto a cauces como consecuencia de avenidas extraordinarias.
- Insuficiencia de capacidad de las obras de drenaje transversal por lluvias intensas.
- Insuficiencia de capacidad de las obras de drenaje longitudinal por lluvias intensas.
- Erosión de estribos, socavación de pilas y obras de contención, e impactos por arrastre de materiales en viaductos sobre cauces por avenidas extraordinarias.
- Insuficiencia de carrera de las juntas y de los aparatos de dilatación en tableros de viaductos de gran longitud por aumento de las temperaturas máximas.
- Arrastre y movimiento del balasto en vía como consecuencia de la sobreelevación de la lámina de agua por lluvias intensas.
- Daño en la integridad o servicio de los componentes de las instalaciones eléctricas, de seguridad y comunicaciones por tormentas (descargas eléctricas).

Se valorará si la relación de impactos debe incluir, además, impactos derivados de otras amenazas climáticas por razón de su afectación potencial a la integridad de alguno de los componentes de la infraestructura ferroviaria, dadas las características específicas de cada análisis. Se recomienda, en todo caso, que la relación de impactos sea relativamente restrictiva y se concentre en las amenazas potencialmente más relevantes.

### 5.1.2.-Impactos potenciales sobre el servicio ferroviario

Los impactos indicados anteriormente pueden, como consecuencia del daño ocasionado a la infraestructura, incidir también sobre las condiciones de circulación del tráfico ferroviario. Sin embargo, en algunos casos, las condiciones climáticas afectan directamente a las condiciones del servicio ferroviario, sin ocasionar necesariamente un daño a la infraestructura. Dentro de este último grupo, se valorará si la relación de impactos debe incluir alguno o varios de los siguientes impactos derivados de las amenazas climáticas, dado el emplazamiento y características específicas del mismo:

- Afectación al servicio ferroviario por incendio<sup>8</sup> .
- Afectación al servicio ferroviario por viento muy intenso<sup>9</sup> .
- Afectación al servicio ferroviario por nieve.
- Afectación al servicio ferroviario por hielo.
- Afectación al servicio ferroviario por niebla.
- Afectación al servicio ferroviario por oleaje.

### 5.2.-METODOLOGÍA A EMPLEAR PARA CARACTERIZAR EL RIESGO

Una vez identificadas las principales amenazas potenciales para la vulnerabilidad de la infraestructura y conocidas las proyecciones climáticas, se iniciará la evaluación del riesgo. Este se realizará bajo una perspectiva doble:

- Primero se evaluará el riesgo para la integridad de la infraestructura y/o servicio ferroviario (afectación).
- Después se evaluará el riesgo que pueden suponer, para el servicio ferroviario, la pérdida de integridad y los impactos por eventos climáticos que no dañan necesariamente la infraestructura.

En ambos casos, el nivel de riesgo se caracterizará combinando la **severidad** de las posibles consecuencias del impacto en el caso de que éste se produzca, con la **probabilidad** de que dicho impacto llegue a producirse.

#### 5.2.1.-Riesgo para la integridad de la infraestructura ferroviaria

##### 5.2.1.1.-SEVERIDAD DE LA AFECTACIÓN

Para estimar los riesgos para la integridad de la infraestructura ferroviaria, se evaluará, en primer lugar, el nivel previsible de afectación a la infraestructura de cada uno de los impactos incluidos en la relación de impactos potenciales sobre los componentes de la infraestructura ferroviaria, empleando para ello como referencia la escala mostrada a continuación:

<sup>8</sup> En numerosas ocasiones, el origen de estos incendios no es atribuible al ferrocarril

<sup>9</sup> Incluye limitaciones de velocidad en la circulación de trenes por razón de su seguridad frente al viento transversal o para prevenir enganchones en la catenaria por descentramiento respecto del pantógrafo, o paralización del servicio por caída de vegetación a la vía.

ESCALA PARA CARACTERIZAR LA SEVERIDAD DE LA AFECTACIÓN A LA INTEGRIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA					
Inexistente 0	Reducida 1	Moderada baja 2	Moderada alta 3	Notable 4	Importante 5
La afectación a la infraestructura es nula o irrelevante, y no requiere actuar.	La afectación a la infraestructura es reducida y su resolución es compatible con actuaciones de mantenimiento rutinario.	La afectación a la infraestructura es moderada, y requiere de una reparación y/o reposición modesta y puntual.	La afectación a la infraestructura es moderada, y requiere de una reparación y/o reposición modesta pero generalizada	La afectación a la infraestructura es notable y significativa. Su reparación requiere la rehabilitación / reconstrucción de alguno o pocos elementos de la infraestructura.	La afectación a la infraestructura es importante, incluso puede llegar a ser total. Su reparación requiere una rehabilitación / reconstrucción amplia de la infraestructura.

Figura 9 – Escala a emplear para caracterizar el nivel de afectación a la integridad de la infraestructura.

Para cada impacto, se considerarán aquellos emplazamientos<sup>10</sup> del componente de la infraestructura que corresponda en cada caso (por ejemplo, obras de drenaje transversal en el caso de impacto por 'Insuficiencia de capacidad de las obras de drenaje transversal por lluvias intensas') cuya integridad a lo largo del horizonte temporal de la evaluación pueda verse comprometida con un nivel igual o superior a 2, y les asignará el nivel de afectación máximo actual y el nivel de afectación máximo potencial previsto en los horizontes temporales de medio y largo plazo.

La asignación de un nivel u otro de afectación al componente de la infraestructura en cuestión, para un emplazamiento y horizonte temporal concretos, se hará en base a un juicio experto, atendiendo a la variabilidad actual y evolución prevista de los eventos climáticos en la zona (véase Proyecciones de cambio climático a utilizar) y a las características del componente de la infraestructura (véase Comprensión de los elementos de la infraestructura más comprometidos por razón de la variabilidad y cambio climáticos).

En ausencia de proyecciones del factor climático que se requiere (por ejemplo, tormentas eléctricas en el caso de haber supuesto, como potencial amenaza, la caída del suministro eléctrico en subestaciones eléctricas de tracción y centros de transformación, por efecto de las mismas), se podrá suponer que el nivel de afectación por razón del cambio climático permanece invariable en el futuro.

Para valorar el nivel de afectación actual a un componente de la infraestructura por razón de sus características, convendrá tomar en cuenta la fase de desarrollo en que éste se encuentra:

- En el caso de componentes que han sido diseñados recientemente conforme a la normativa técnica en vigor y todavía no han sido construidos, se podrá presuponer que el nivel de afectación actual es inexistente o reducido.
- Una vez construido, el nivel de afectación al componente dependerá no solo de los criterios de diseño empleados, sino también del tiempo transcurrido desde que se construyó, de las condiciones efectivas de la ejecución de la obra, y de las condiciones en que se ha mantenido

<sup>10</sup> El emplazamiento de un elemento de la infraestructura puede ser longitudinal o puntual, según el componente de que se trate. Los emplazamientos longitudinales pueden ser relativamente cortos (caso, por ejemplo, de desmontes o terraplenes) o notablemente largos (por ejemplo, en líneas de contacto aéreo). La definición de emplazamientos puntuales puede ser unitaria (por ejemplo, un viaducto concreto) o realizarse de forma agrupada (caso de un grupo de obras de drenaje transversal para las que se prevea un nivel de riesgo similar).

desde entonces. En estos casos, conviene que se estime el nivel de afectación actual incorporando la experiencia que, acerca del comportamiento frente a los eventos climáticos, haya podido acumular ADIF desde su puesta en servicio.

- En el caso de componentes para los que no se dispone de dicha experiencia (por ejemplo, componentes de construcción reciente), debe al menos comprobarse si se ha producido algún cambio sustancial en la normativa técnica de proyecto desde que el componente fue diseñado (siempre que sea posible) y, de ser así, verificar las consecuencias que dicho cambio puede tener sobre el nivel de afectación actual previsible. Esta comprobación también debe realizarse para aquellos componentes pendientes de ejecución, en los que el tiempo transcurrido desde que fueron diseñados sea apreciable.

Al valorar el nivel de afectación en el futuro, se deberá considerar no sólo las posibles alteraciones meteorológicas que puedan producirse como consecuencia del cambio climático, sino el efecto que pueda ocasionar el transcurso del tiempo sobre el envejecimiento del componente de la infraestructura, y las actuaciones de mantenimiento, mejora o reposición que puedan realizarse sobre el mismo a lo largo de su vida útil. Si no se explicita lo contrario durante la evaluación, se supondrá que no se acometen actuaciones de mejora o reposición durante el horizonte temporal cubierto por la evaluación. Por lo que se refiere a las condiciones de mantenimiento de la infraestructura, como regla general, se supondrá que se mantienen constantes en el tiempo y en un nivel equiparable con las prácticas habituales de ADIF, en el momento de realizar la evaluación.

#### 5.2.1.2.-PROBABILIDAD DE LA AFECTACIÓN

A continuación, se caracterizará la probabilidad con la que se considera que cada uno de los impactos anteriores (con nivel de afectación igual o superior a 2) puede incidir sobre la integridad de la infraestructura en cada emplazamiento y horizonte temporal, según el nivel de afectación definido anteriormente. Para hacerlo, se empleará la escala mostrada a continuación. La asignación de una u otra probabilidad de afectación al componente de la infraestructura en cuestión, para un emplazamiento y horizonte temporal concretos, se hará, de nuevo, en base a un juicio experto, atendiendo a criterios semejantes a los descritos para calificar los niveles de afectación. Se asignará la probabilidad máxima actual y la máxima potencial prevista en los horizontes temporales del medio y largo plazo.

ESCALA PARA CARACTERIZAR LA PROBABILIDAD DE AFECTACIÓN A LA INTEGRIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA				
Muy improbable 1	Improbable 2	Posible 3	Probable 4	Muy probable 5
La afectación a la infraestructura es nula o muy improbable ( $\approx$ 1 vez cada 10 años)	La afectación a la infraestructura es improbable ( $\approx$ 1 vez cada 5 años)	La afectación a la infraestructura es posible ( $\approx$ 1 vez cada 3 años)	La afectación a la infraestructura es probable ( $\approx$ 1 vez al año)	La afectación a la infraestructura es muy probable (varias veces al año)

Figura 10 - Escala a emplear para caracterizar la probabilidad de afectación a la integridad de la infraestructura.

#### 5.2.1.3.-RIESGOS PRINCIPALES

Una vez estimada la severidad y probabilidad de afectación para cada impacto, emplazamiento y horizonte temporal, se identificarán, con ayuda de la matriz de la figura 11, los emplazamientos con mayor riesgo para la integridad de la infraestructura. Por regla general, y salvo que se justifique lo contrario, se considerarán como inadmisibles aquellos riesgos que resulten altos o muy altos.

Este documento ha sido aprobado por el Comité de Normativa. Existe la posibilidad de que alguno de los contenidos estén sujetos a derechos de patente, por lo que ADIF/ADIF AV no se hace responsable de la correcta identificación de los mismos. TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS, POR LO QUE ESTE DOCUMENTO NO PUEDE SER DISTRIBUIDO, COMUNICADO, COPIADO NI EDITADO POR TERCEROS SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA.

		PROBABILIDAD AFECTACIÓN				
		Muy improbable 1	Improbable 2	Posible 3	Probable 4	Muy probable 5
SEVERIDAD AFECTACIÓN	Inexistente 0	0	0	0	0	0
	Reducida 1	1	2	3	4	5
	Moderada baja 2	2	4	6	8	10
	Moderada alta 3	3	6	9	12	15
	Notable 4	4	8	12	16	20
	Importante 5	5	10	15	20	25
		Riesgo despreciable <8	Riesgo bajo 8-9	Riesgo medio 10-11	Riesgo alto 12-16	Riesgo muy alto >16

Figura 11 - Matriz a emplear para identificar el nivel de riesgo para la integridad de la infraestructura.

## 5.2.2.-Riesgos para el servicio ferroviario

### 5.2.2.1.-SEVERIDAD DE LA AFECTACIÓN

Para la estimación de los riesgos para el servicio ferroviario se valorará, en primer lugar, cuál es el nivel de afectación de cada uno de los impactos potenciales atribuibles al cambio climático, en función de la magnitud de los retrasos y/o restricciones a la circulación de trenes que dichos impactos puedan ocasionar y de su duración. Para caracterizar dicho nivel de afectación se empleará la escala mostrada en la figura 12. La caracterización distinguirá entre el nivel de afectación actual y el nivel de afectación potencial previsto en los horizontes temporales del medio y largo plazo.

ESCALA PARA CARACTERIZAR LA SEVERIDAD DE LA AFECTACIÓN AL SERVICIO FERROVIARIO					
Inexistente 0	Reducida 1	Moderada baja 2	Moderada alta 3	Notable 4	Importante 5
La afectación a la circulación de trenes es nula	Se pueden producir retrasos y/o restricciones en la circulación de trenes, pero sin que ello comprometa apenas la prestación del servicio ferroviario	Se pueden producir retrasos y/o restricciones en la circulación de trenes, comprometiendo moderadamente la prestación del servicio ferroviario durante horas.	Se pueden producir retrasos y/o restricciones en la circulación de trenes, comprometiendo moderadamente la prestación del servicio ferroviario durante días o semanas.	Se pueden producir retrasos y/o restricciones en la circulación de trenes, comprometiendo notablemente la prestación del servicio ferroviario durante días.	Se pueden producir retrasos y/o restricciones en la circulación de trenes, comprometiendo notablemente la prestación del servicio ferroviario durante semanas, incluso meses

Figura 12 - Escala a emplear para caracterizar el nivel de afectación al servicio ferroviario<sup>11</sup>.

<sup>11</sup> A la hora de establecer los niveles de afectación al servicio ferroviario, se ha consultado el *Manual de prevención y gestión de incidencias - Anexo II Plan de Contingencias*, pero se considera que su alcance no está relacionado con este análisis.

La caracterización del nivel de afectación de los impactos potenciales sobre los componentes de la infraestructura se realizará empleando los mismos emplazamientos considerados al evaluar los riesgos para la integridad de la infraestructura. La asignación de un nivel u otro de afectación, para un emplazamiento y horizonte temporal concretos, se hará en base a un juicio experto, considerando cuál ha sido el nivel de afectación previsto sobre el componente de la infraestructura en cuestión.

La caracterización del nivel de afectación de los impactos potenciales para el servicio ferroviario no derivados de impactos a la infraestructura se realizará por secciones de línea ferroviaria, en las que el factor climático o riesgo asociado correspondiente (por ejemplo, la nieve en el caso de 'Afectación al servicio ferroviario por nieve') sea relativamente homogéneo. La asignación de un nivel u otro de afectación, para una sección y horizonte temporal concretos, se hará en base a un juicio experto, atendiendo a la variabilidad actual y evolución prevista de los eventos climáticos en la zona y a las características del tráfico ferroviario del Estudio. En ausencia de proyecciones del factor climático que se requiere (por ejemplo, niebla en el caso de 'Afectación al servicio ferroviario por niebla'), se podrá suponer que el nivel de afectación por razón del cambio climático permanece invariable en el largo plazo.

Al valorar el nivel de afectación en el futuro se supondrá, como criterio general, que las condiciones de operación de la infraestructura se mantienen constantes en el tiempo y que son acordes con las prácticas habituales de ADIF en el momento de realizar la evaluación.

#### 5.2.2.2.-PROBABILIDAD DE LA AFECTACIÓN

A continuación, se caracterizará la probabilidad con la que se considera que cada uno de los impactos anteriores puede incidir sobre los servicios ferroviarios en cada emplazamiento o sección de la línea ferroviaria y horizonte temporal, según el nivel de afectación definido anteriormente. Para hacerlo, se empleará la escala mostrada en la figura 13. La asignación de una u otra probabilidad de afectación, para un emplazamiento o sección y horizonte temporal concretos, se hará, de nuevo, en base a un juicio experto, atendiendo a criterios semejantes a los descritos para calificar los niveles de afectación.

ESCALA PARA CARACTERIZAR LA PROBABILIDAD DE AFECTACIÓN AL SERVICIO FERROVIARIO				
Muy improbable 1	Improbable 2	Posible 3	Probable 4	Muy Probable 5
La afectación al servicio ferroviario es nula o muy improbable (» 1 vez cada 10 años).	La afectación al servicio ferroviario es improbable (» 1 vez cada 5 años).	La afectación al servicio ferroviario es posible (» 1 vez cada 3 años).	La afectación al servicio ferroviario es probable (» 1 vez al año).	La afectación al servicio ferroviario es muy probable (varias veces al año).

Figura 13 - Escala a emplear para caracterizar la probabilidad de afectación al servicio ferroviario.

#### 5.2.2.3.-RIESGOS PRINCIPALES

Una vez estimados la severidad y probabilidad de la afectación para cada impacto, se identificarán, con ayuda de la matriz incluida en la figura 14, los emplazamientos y secciones de la infraestructura ferroviaria y los horizontes temporales, donde pueda verse comprometido en mayor medida el servicio ferroviario.

Los niveles de riesgo que se consideran inadmisibles variarán en función del nivel de criticidad de cada una de las secciones de estudio (véase Caracterización de la criticidad):

- En Secciones de criticidad alta y media-alta sólo se aceptará, salvo justificación apropiada, el riesgo despreciable.
- En Secciones de criticidad media se permitirá, en cambio, alcanzar un nivel de riesgo bajo.
- En los Secciones de criticidad media-baja se permitirá alcanzar el nivel de riesgo medio.
- En Secciones que contengan tramos con distinto nivel de criticidad, puede ser necesario adecuar a ellos la definición de los emplazamientos y secciones utilizados al evaluar el riesgo.

		PROBABILIDAD AFECTACIÓN				
		Muy improbable 1	Improbable 2	Posible 3	Probable 4	Muy probable 5
SEVERIDAD AFECTACIÓN	Inexistente 0	0	0	0	0	0
	Reducida 1	1	2	3	4	5
	Moderada baja 2	2	4	6	8	10
	Moderada alta 3	3	6	9	12	15
	Notable 4	4	8	12	16	20
	Importante 5	5	10	15	20	25
		Riesgo despreciable <=5	Riesgo bajo 5 - 8	Riesgo medio 9	Riesgo alto 10-12	Riesgo muy alto >12

Figura 14 - Matriz a emplear para identificar el nivel de riesgo para el servicio ferroviario.

### 5.3.-PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN

Una vez finalizada la evaluación, se incluirá la relación de impactos por eventos climáticos y las proyecciones de cambio climático consideradas para la evaluación, y los resultados obtenidos al término de esta. Se indicará, además, la documentación y las fuentes de información no documentales consideradas para realizar la evaluación, y si se sugiere algún plazo en el que actualizar la misma.

Los resultados de la evaluación se presentarán ordenados por tipo de impacto y, para cada uno de ellos, según emplazamiento. Para cada impacto y emplazamiento, se indicará el nivel de riesgo obtenido para la integridad de la infraestructura y para el servicio ferroviario, diferenciando en ambos casos entre riesgo actual y potencial, en los horizontes temporales del medio y largo plazo. En el caso de impactos que afecten únicamente a las condiciones del servicio ferroviario, sin ocasionar necesariamente un daño a la infraestructura, se indicará sólo el nivel de riesgo obtenido en relación con el servicio ferroviario.



Las valoraciones de la severidad y probabilidad de la afectación correspondientes a cada impacto y emplazamiento se incluirán en forma de anexo en el Estudio de evaluación del riesgo, permitiendo así la trazabilidad de la identificación de los niveles de riesgo. En el anexo se incluirá tanto los cuadros de valoración (matrices) como cualquier explicación que se estime oportuno adjuntar para justificar los valores considerados, incluido cálculos si procede.

## 6.-ADAPTACIÓN

Una vez concluida la evaluación de riesgo de la infraestructura, será necesario proponer un Plan de Adaptación específico para los riesgos INADMISIBLES que se hayan obtenido. Este plan contemplará la relación resumida de actuaciones específicas que se ha considerado para reducir cada riesgo, con las ventajas e inconvenientes valorados, en caso necesario, para cada opción.

Para los riesgos ADMISIBLES resultará suficiente la aplicación de las prácticas de mantenimiento y operación actuales de ADIF.

### 6.1.-IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

Una vez concluida la evaluación del riesgo, se considerará, para cada riesgo<sup>12</sup> calificado como inadmisibles, un número reducido de opciones específicas para disminuir el mismo<sup>13</sup>.

Es conveniente que las opciones identificadas sean realistas y que, por supuesto, no conlleven la aparición de impactos adversos nuevos sobre la Infraestructura. Por regla general, suele ser preferible dar preferencia a opciones que inciden en las condiciones de mantenimiento de la infraestructura y en la operación del servicio ferroviario, frente a aquéllas que plantean un cambio de las condiciones de diseño del componente en riesgo, especialmente si éste ya está construido. Es aconsejable, asimismo, que las opciones contempladas se adapten bien a las condiciones de incertidumbre que rodean a la evaluación del riesgo.

Al establecer la lista de opciones para hacer frente a un riesgo inadmisibles para la integridad de la infraestructura, será importante tener presente el tiempo de vida útil del componente que se encuentra en riesgo y la forma en que se gestiona el ciclo de vida de los activos dentro de la organización. Será conveniente tener también en cuenta la exigencia, en su caso, de que la evaluación del riesgo se actualice pasado cierto tiempo (véase Apartado 6.3.-Actualización de la evaluación).

Para cada opción considerada para reducir un mismo riesgo, se incluirá una tabla con la siguiente información:

- Breve descripción de la opción.
- Tipología de la medida.
- Plazo en el que la opción debería ser implementada.
- Principales ventajas e inconvenientes: Entre los aspectos a valorar al identificar ventajas e inconvenientes de cada opción se incluirá:
  - Estimación del plazo de implementación (corto, medio o largo).

<sup>12</sup> Cada riesgo viene definido por un tipo de impacto y su emplazamiento.

<sup>13</sup> Para algunos riesgos, puede estar justificado que el número de opciones se reduzca a una sola. Por ejemplo, por razón de la forma en que ADIF organiza el mantenimiento de algunos componentes de la infraestructura (mantenimiento según estado), se puede considerar suficiente realizar un monitoreo de la evolución de los niveles de mantenimiento, que requerirá la corrección de determinados impactos en esos componentes.

- Facilidad/dificultad de implementación.
- Reducción del riesgo que se espera conseguir con la misma.
- Estimación del coste de implantación de la medida.

De la relación de opciones preferidas para reducir cada riesgo, se elegirá una, contraponiendo para ello cualitativamente las ventajas e inconvenientes de cada una de las opciones.

## 6.2.-PLAN DE ADAPTACIÓN

Se recopilará en un Plan de adaptación las medidas elegidas para reducir cada riesgo. Para cada medida seleccionada se incluirá:

- Descripción.
- Tipología de la medida.
- Plazo en el que se propone que sea implementada<sup>14</sup>.
- Costes aproximados de inversión o de otro tipo que conlleva.
- Nivel de riesgo residual que se espera alcanzar una vez implementada la medida.
- Propuesta de las áreas responsables de implantar las medidas de adaptación definidas.

Las medidas de adaptación propuestas se clasificarán de la siguiente manera:

- Medidas estructurales:
  - Medidas de infraestructura
- Medidas no estructurales y de gestión de riesgos:
  - Medidas de operación (restricciones a la circulación...)
  - Medidas de mantenimiento
  - Medidas de monitoreo de riesgos

Esta clasificación permitirá agrupar las medidas en programas de actuación.

Para algunos riesgos, puede no ser necesario proponer ninguna medida específica en el Plan de adaptación, siempre y cuando se justifique su no afección, como es el caso, por ejemplo, de los riesgos que alcanzan el nivel de inaceptables con posterioridad al tiempo de vida útil del componente afectado y se estima conveniente esperar a evaluar si es pertinente o no la reposición del mismo, cuando esté próximo el fin de dicha vida útil. Conviene tener presente que no proponer ninguna medida específica de adaptación implica, en todo caso, que se mantendrán unas prácticas de explotación de la infraestructura similares a las que lleva a cabo ADIF en el momento de realizar la evaluación, y que éstas pueden ser a veces suficientes para afrontar determinados riesgos.

## 6.3.-ACTUALIZACIÓN DE LA EVALUACIÓN

Los resultados de la evaluación de la resiliencia de la Infraestructura pueden diferir según cuándo se realice la evaluación. Por una parte, la vulnerabilidad de la infraestructura (aun en el supuesto de que las condiciones climáticas permanecieran estables) no es una característica estática de la misma, sino que es un atributo variable en el tiempo que suele cambiar en función del tiempo transcurrido desde su construcción, del modo en que se ha ido manteniendo y conservando la infraestructura o, incluso, de posibles alteraciones en el emplazamiento donde ésta se construyó.

<sup>14</sup> Puede darse el caso de que la opción elegida haya sido ya implementada (por ejemplo, en proyectos en fase de diseño, en los que la opción elegida sea una modificación en el diseño ya incorporada en el mismo).

Por otra parte, es previsible que las proyecciones climáticas se actualicen y completen conforme pasen los años, lo que puede arrojar diferencias al evaluar los riesgos frente al cambio climático. El nivel de riesgo asumible en una línea tampoco tiene por qué permanecer inalterado en el tiempo, al evolucionar el uso que se haga de la misma y su funcionalidad.

Ello trae consigo que los resultados de la evaluación de la resiliencia de una sección ferroviaria deban actualizarse cada cierto tiempo. El lapso de tiempo a considerar entre evaluaciones dependerá, en general, de las características de la Infraestructura y de la rapidez con que se prevea que se alteren las amenazas potenciales por razón del cambio climático.

Por ello, se considera que, lo más conveniente, es realizar una revisión periódica en la que se analice si procede o no llevar a cabo dicha actualización.

## 7.-NORMATIVA DEROGADA

La presente NAG deroga los siguientes documentos normativos:

- NAG 4-0-0.0. Metodología para el análisis del riesgo y adaptación a los efectos del cambio climático. 1ª Edición. Enero 2020.

## 8.-DISPOSICIONES TRANSITORIAS Y ENTRADA EN VIGOR

La presente NAG entrará en vigor en la fecha de su aprobación.

Será de aplicación a todos los proyectos/estudios cuya redacción se inicie a partir de ese momento, entendiéndose por inicio de la redacción, bien la firma del contrato, cuando se trate de medios ajenos a Adif, bien el inicio de la redacción, cuando se trate de proyectos redactados por personal interno de ADIF, o bien la autorización a la redacción, cuando se trate de un proyecto modificado.

La presente NAG podrá utilizarse en el resto de proyectos/estudios que, por encontrarse ya en desarrollo, así se decida.

## 9.-NORMATIVA DE REFERENCIA Y BIBLIOGRAFÍA

En el contenido de esta norma se hace referencia a los documentos normativos que se citan a continuación.

Cuando se trate de legislación, será de aplicación la última versión publicada en los diarios oficiales, incluidas sus sucesivas modificaciones.

En el caso de documentos referenciados sin edición y fecha se utilizará la última edición vigente; en el caso de normas citadas con versión exacta, se debe aplicar esta edición concreta.

En el caso de normas UNE-EN que establezcan condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción, que sean transposición de normas EN cuya referencia haya sido publicada en el Diario Oficial de la Unión Europea, será de aplicación la última versión comunicada por la Comisión y publicada en el DOUE.

- REGLAMENTO (UE) Nº 1303/2013 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 17 de diciembre de 2013 por el que se establecen disposiciones comunes relativas al Fondo Europeo de Desarrollo Regional, al Fondo Social Europeo, al Fondo de Cohesión, al Fondo Europeo

NORMA ADIF GENERAL	ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS
METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD, RIESGO Y ADAPTACIÓN A LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO	COMITÉ DE NORMATIVA
NAG 4-0-0.0	2ª EDICIÓN
	ENERO 2024
	Pág. 27 de 29

Agrícola de Desarrollo Rural y al Fondo Europeo Marítimo y de la Pesca, y por el que se establecen disposiciones generales relativas al Fondo Europeo de Desarrollo Regional, al Fondo Social Europeo, al Fondo de Cohesión y al Fondo Europeo Marítimo y de la Pesca, y se deroga el Reglamento (CE) nº 1083/2006 del Consejo. DOUE.

- Reglamento 1315/2013/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2013, sobre las orientaciones de la Unión para el desarrollo de la Red Transeuropea de Transporte, y por el que se deroga la Decisión nº 661/2010/UE. Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado.
- Reglamento de ejecución (UE) 2015/207 de la Comisión, de 20 de enero de 2015, por el que establecen disposiciones de aplicación del Reglamento (UE) 1303/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo por lo que respecta a los modelos del informe de evolución, la presentación de la información sobre un gran proyecto, el plan de acción conjunto, los informes de ejecución para el objetivo de inversión en crecimiento y empleo, la declaración de fiabilidad, la estrategia de auditoría, el dictamen de auditoría y el informe de control anual y la metodología para llevar a cabo el análisis coste-beneficio, y de conformidad con el Reglamento (UE) nº 1299/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo por lo que respecta al modelo de los informes de ejecución para el objetivo de cooperación territorial europea. Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado.
- JASPERS–Guidance Note “The Basics of Climate Change Adaptation Vulnerability and Risk Assessment” (Version 1) June 2017.
- Informe final del Grupo de Trabajo para el análisis de las necesidades de adaptación al cambio climático de la red troncal de infraestructuras de transporte en España. Septiembre 2013.
- Informe final sobre las secciones de la red estatal de infraestructuras de transporte terrestre a las que prestar atención preferente por razón de la variabilidad y cambio climáticos. Junio 2018.
- Informes y publicaciones de EURO–CORDEX de aplicación.
- Informes y publicaciones de Adaptecca de aplicación.
- 2021/C 373/01–COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN–Orientaciones técnicas sobre la defensa contra el cambio climático de las infraestructuras para el período 2021–2027. Septiembre 2021. DOUE.
- Manual de prevención y gestión de incidencias – Anexo II Plan de Contingencias.

Este documento ha sido aprobado por el Comité de Normativa.  
Existe la posibilidad de que alguno de los contenidos estén sujetos a derechos de patente, por lo que ADIF/ADIF AV no se hace responsable de la correcta identificación de los mismos.  
TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS, POR LO QUE ESTE DOCUMENTO NO PUEDE SER DISTRIBUIDO, COMUNICADO, COPIADO NI EDITADO POR TERCEROS SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA.