



NAP 2-4-2.2

NORMA ADIF PLATAFORMA

INFORME TÉCNICO DE VIABILIDAD ESTRUCTURAL PARA TRANSPORTES EXCEPCIONALES


1ª EDICIÓN: ABRIL 2024

CONTROL DE CAMBIOS Y VERSIONES

Revisión		Modificaciones	Puntos Revisados
Nº	Fecha		

EQUIPO REDACTOR

Grupo de Trabajo GT-112. Estructuras.

<p>Propone:</p> <div align="center">  </div> <p>Grupo de trabajo GT-112 Fecha: 17 de abril de 2024</p>	<p>Aprueba:</p> <p>Comité de Normativa Reunión de XX de XX de XXXX</p>
---	---

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PÁGINA

1.- OBJETO	4
2.- CAMPO DE APLICACIÓN	4
3.- DEFINICIÓN DE TÉRMINOS EMPLEADOS Y ABREVIATURAS	4
3.1.-DEFINICIONES	4
3.2.-ABREVIATURAS	6
4.- ÍNDICE TIPO PARA EL INFORME TÉCNICO DE VIABILIDAD ESTRUCTURAL	6
5.- METODOLOGÍA PARA LA COMPROBACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LAS OBRAS DE PASO FRENTE A UN TE	8
5.1.-FASE 1: ESTUDIO DOCUMENTAL E INSPECCIÓN DE LA ESTRUCTURA.....	8
5.1.1.-ESTUDIO DOCUMENTAL.....	8
5.1.2.-INSPECCIÓN DE LA ESTRUCTURA	9
5.1.2.1.-Aspectos relativos a las cargas de la estructura	9
5.1.2.2.-Aspectos relativos a la forma geométrica, detalles, dimensiones y resto de elementos existentes en la estructura	9
5.1.2.3.-Aspectos relativos a su comportamiento estructural	9
5.2.-FASE 2: CÁLCULO DE LAS ESTRUCTURAS.....	10
5.2.1.-DESCRIPCIÓN DEL MODELO Y BASE DE CÁLCULO.....	10
5.2.2.-ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA Y RESULTADOS.....	11
5.2.2.1.-Tramos metálicos.....	12
5.2.2.2.-Resto de obras de paso.....	13
5.2.2.3.-Estructuras que presenten daños N3 o N4 (ADIF-IP)	14
5.3.-FASE 3: EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS.....	14
6.- FIRMAS DE INFORME TÉCNICO DE VIABILIDAD ESTRUCTURAL	15
7.- NORMATIVA DEROGADA	15
8.- DISPOSICIONES TRANSITORIAS Y ENTRADA EN VIGOR	15
9.- NORMATIVA DE REFERENCIA Y BIBLIOGRAFÍA	15

1.- OBJETO

La presente norma tiene por objeto fijar los requerimientos mínimos que deben exigirse para la redacción del Informe Técnico de Viabilidad Estructural frente al paso de un Transporte Excepcional desde la perspectiva única de la capacidad portante de las obras de paso existentes en el recorrido de dicho transporte.

No son objeto de esta norma las instalaciones ferroviarias (como son las instalaciones de protección y seguridad, de telecomunicaciones, de señalización etc.), las instalaciones de terceros (como tuberías de agua, etc.), ni la propia superestructura presente en las obras de paso (traviesas, carriles, desvíos etc.).

2.- CAMPO DE APLICACIÓN

La presente norma es de aplicación para el análisis estructural de cualquier obra de paso ferroviaria, independientemente de su luz, tipología, material, etc., frente al paso de transportes excepcionales de bogies de más de tres ejes, o cuando para otros transportes excepcionales de vagón convencional las circunstancias así lo requieran y que se realicen por la RFIG gestionada por Adif y Adif AV (en adelante, Adif).

3.- DEFINICIÓN DE TÉRMINOS EMPLEADOS Y ABREVIATURAS

3.1.-DEFINICIONES

Acción: es toda causa capaz de originar una solicitud o un efecto en la estructura o en alguno de sus elementos. *(IAPF-07)*.

Apoyo: Elemento que sustenta una estructura o una parte de ella. *(IAPF-07)*.

Balasto: Grava de naturaleza rocosa sobre la que asientan las traviesas. *(IAPF-07)*.

Carril: Elemento lineal de acero utilizado para el soporte y guiado del material rodante, así como para transmitir las corrientes eléctricas de retorno de las instalaciones de electrificación y de señalización. *(IAPF-07)*.

Coefficiente dinámico: es un coeficiente que amplifica los efectos estáticos de los trenes de cargas de diseño. En el ámbito del presente documento, el cálculo de este coeficiente dependerá de la normativa de diseño utilizada (IAPF-07, IAPF-75, IPM-56 e IPM-25).

Defecto o daño: cambio perjudicial en la condición física de un elemento que se produce por el tiempo, la utilización o por causas externas. Puede conducir al cese de la aptitud de un elemento para realizar una función requerida. *(Adif-IB)*.

Elemento: parte, componente, dispositivo, subsistema, unidad funcional, equipo o sistema que puede describirse y considerarse de forma individual. *(Adif-IB)*.

Estribo: Estructura de soporte del extremo de una obra de paso que permite la conexión entre estructura y terraplén, dando continuidad a la plataforma de la vía. *(IAPF-07)*.

Estructura: Conjunto de elementos de una construcción que forman la parte resistente y sustentante de la misma. *(IAPF-07)*.

Factor dinámico: es el factor que amplifica los efectos estáticos de los trenes reales en servicio a cierta velocidad. El factor dinámico puede ser calculado mediante dos metodologías diferentes según corresponda:

- A partir de las fórmulas establecidas en la UNE-EN 1991-2:2019 (Anexo C).
- A partir de un cálculo dinámico. Comparando la respuesta dinámica de la estructura frente a la respuesta estática de la estructura.

Inspección: examen de la conformidad mediante medición, observación o ensayos de las características relevantes de un elemento. En función de su objetivo pueden ser básicas, principales o especiales. En función de los elementos del activo al que apliquen, pueden ser ordinarias o parciales. (*Adif-IB*).

Luz, en puentes de tablero recto: La distancia entre líneas de apoyo medidas a lo largo de su directriz. (*ITPF-05*).

Luz, en puentes de tipo cajón o marco: La distancia entre los paramentos vistos de sus estribos o hastiales. (*ITPF-05*)

Luz, en puentes arco: La distancia entre los arranques del arco. (*ITPF-05*).

Modelo de cálculo: representación de la obra de paso, que se elabora con el objeto de analizar su comportamiento estructural.

Obra de paso: toda estructura que permita salvar una discontinuidad en el trazado ferroviario. Incluye puentes, pasos inferiores y obras de drenaje transversal. (REVINFE-23). En este apartado se mantiene el término puente en las definiciones puesto que son definiciones extraídas de documentos. En el resto de documento se utiliza obra de paso.

Obras de paso de fábrica: puentes construidos, con piedras más o menos labradas, con ladrillo o con hormigón en masa (*PUENTES DE FÁBRICA Y HORMIGÓN ARMADO TOMO I GENERALIDADES, MUROS Y PEQUEÑAS OBRAS. Eugenio Ribera; 1934*). Esta clasificación no solo responde a un criterio evidentemente histórico, sino a un esquema resistente similar al que se le asocian comportamientos y daños similares.

Obras de paso de hormigón armado: puentes, que llevan armaduras metálicas dentro, de la masa del hormigón (*PUENTES DE FÁBRICA Y HORMIGÓN ARMADO TOMO I GENERALIDADES, MUROS Y PEQUEÑAS OBRAS; Eugenio Ribera; 1934*). Ampliándose en la actualidad de la siguiente manera: Pudiendo ser estas armaduras metálicas, o no metálicas, tanto activas como pasivas.

Obras de paso metálicas: aquellas obras de paso en cuyos tableros todos sus elementos estructurales sean metálicos.

Obra de paso Mixta: obras de paso en los que los elementos estructurales que constituyen el tablero son una combinación de elementos de hormigón armado y metálicos que trabajan solidariamente.

Pila: Soporte intermedio de un puente. (*IAPF-07*).

Tablero de una obra de paso: Elemento de la estructura que recoge directamente las cargas del balasto, traviesas o vía en placa. Según el contexto en el que se emplee puede tener dos acepciones diferentes:

- En el contexto de la tipología longitudinal del puente, el termino tablero suele referirse a la totalidad de la estructura resistente del puente dispuesta entre los apoyos, que transmite las cargas a los mismos. (*IAPF-07*).

- Para descripciones detalladas o en ciertas tipologías, como las metálicas, donde pueden existir vigas principales (longitudinales) diferenciadas, el termino tablero puede referirse únicamente a la parte de la estructura que transmite las cargas a dichas vigas principales. (IAPF-07).

Tramo metálico: obra de paso metálica con tablero sin balasto, en la que la traviesa de madera apoya directamente sobre elementos portantes del tablero (largueros).

Valor característico de una acción: es su principal valor representativo. Puede venir determinado por un valor medio, un valor nominal o, en los casos en que se fije mediante criterios estadísticos, por un valor correspondiente a una determinada probabilidad de no ser superado durante un periodo de referencia teniendo en cuenta la vida útil de la estructura y la duración de la acción. (IAPF-07).

Vano de un puente: Parte de un puente entre dos soportes. (IAPF-07).

Vanos similares: aquellos de idéntica solución estructural y cuyas diferencias de luz no superen el 10 %. (REVINFE-23).

Velocidad máxima de circulación: velocidad máxima admisible conforme al cuadro de velocidades máximas vigente. (Adif-PC).

3.2.-ABREVIATURAS

- Adif-IB: Ver Apartado 9.
- Adif-IP: Ver Apartado 9.
- Adif-PC: Ver Apartado 9.
- ITPF-05: Ver Apartado 9.
- IAPF-07: Ver Apartado 9.
- IAPF-75: Ver Apartado 9.
- IFI: Ver Apartado 9.
- TE: Transporte Excepcional.
- REVINFE-23: Ver Apartado 9.

4.- ÍNDICE TIPO PARA EL INFORME TÉCNICO DE VIABILIDAD ESTRUCTURAL

El índice tipo a seguir en el Informe Técnico de Viabilidad Estructural frente al paso de un Transporte Excepcional es el siguiente:

1. Introducción.
 - 1.1. Antecedentes.
 - 1.2. Objeto del documento.
 - 1.3. Alcance.
2. Estudio documental.
 - 2.1. Aspectos generales.
 - 2.2. Datos estructurales.

3. Inspección de la estructura.

3.1. Aspectos generales.

3.2. Datos estructurales.

4. Cálculos.

4.1. Programa de cálculo utilizado.

- Descripción del programa de cálculo.
- Parámetros de discretización estructural.

4.2. Bases de cálculo.

- Materiales.
- Geometría.
- Condiciones de contorno.
- Cargas utilizadas.

4.3. Resultados.

- Análisis de la capacidad portante de las estructuras.
- Comprobación de los elementos estructurales que presenten daños que puedan afectar a su capacidad estructural.

5. Conclusiones.

5.1. Comparación de resistencias y solicitaciones (Tramos metálicos).

5.2. Comparación entre las solicitaciones de la instrucción de diseño y las solicitaciones del transporte excepcional (Resto de obras de paso).

5.3. Capacidad portante de los elementos con daños estructurales.

5.4. Viabilidad del transporte excepcional.

5.5. Prescripciones al paso del transporte excepcional.

6. Anejos.

6.1. Planos.

6.2. Cálculos.

6.3. Croquis de daños.

5.- METODOLOGÍA PARA LA COMPROBACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LAS OBRAS DE PASO FRENTE A UN TE

Las fases a seguir para el Informe Técnico de Viabilidad Estructural de las obras de paso frente a un transporte excepcional son las siguientes:

- **Fase 1:** Estudio documental sobre la información existente relativa a las obras de paso objeto de análisis.
- **Fase 2:** Cálculo de las estructuras.
- **Fase 3:** Evaluación de los resultados del análisis.

5.1.-FASE 1: ESTUDIO DOCUMENTAL E INSPECCIÓN DE LA ESTRUCTURA

5.1.1.-Estudio documental

Adif pondrá a disposición del solicitante del TE, para que este se lo facilite al autor del Informe Técnico de Viabilidad Estructural, toda la documentación técnica de la que disponga y sea de interés para la redacción del informe. Dicha información consistirá, fundamentalmente, en los informes de las últimas inspecciones principales y pruebas de carga sobre la obra de paso, que sean preceptivas realizar en cumplimiento del REVINFE-23.

La evaluación de las obras de paso requiere de información fiable sobre la estructura y de las condiciones actuales en las que se encuentra, y, por lo tanto, es necesario un estudio documental detallado y una inspección reciente de la estructura. Por ello, el autor del Informe Técnico de Viabilidad Estructural puede considerar que es necesario complementar esta documentación con información adicional. Todos los trabajos necesarios para la obtención de dicha información adicional serán realizados y sufragados por el autor.

Se debe recopilar la información existente sobre la obra de paso en estudio y ser revisada, procurando disponer de:

- Planos de la obra de paso: (planos de construcción, de liquidación de la obra, apoyos, juntas, etc.).
- Cálculos (cargas que fueron usadas en el diseño de la obra de paso).
- Información sobre el mantenimiento de la obra de paso (modificaciones en la estructura).
- Informes de inspecciones previas.
Detalles de los materiales usados en la estructura.

Estos documentos serán verificados por el autor del Informe Técnico de Viabilidad Estructural:

- Verificados por completo, incluyendo modificaciones de trabajos posteriores en la estructura.
- Revisados:
 - Para identificar qué información debería ser comprobada durante la inspección de la obra de paso.
 - Para identificar qué información adicional debería ser recogida durante una inspección de la obra de paso.
 - Para identificar elementos y conexiones que podrían requerir de una atención particular durante una inspección.

5.1.2.-Inspección de la estructura

Cuando el autor del Informe Técnico de Viabilidad Estructural lo considere necesario deberá llevar a cabo una inspección de la obra de paso para verificar la forma geométrica de la estructura, dimensiones, cargas, detalles constructivos y las condiciones en las que se encuentran los diferentes elementos de la estructura.

En el caso de que para el análisis de la estructura se vayan a usar cálculos ya existentes, la inspección de la estructura sirve para verificar que los cálculos existentes (las bases, el alcance y metodología) y los planos de la obra de paso son una verdadera representación de la estructura (o para identificar elementos donde pueda requerirse revisiones en los cálculos).

La inspección de la estructura se divide en tres grupos:

- Aspectos relativos a las cargas de la estructura.
- Aspectos relativos a la forma geométrica, detalles y dimensiones de la estructura.
- Aspectos relativos a su comportamiento estructural.

5.1.2.1.-ASPECTOS RELATIVOS A LAS CARGAS DE LA ESTRUCTURA

La inspección tiene que determinar y recoger la siguiente información:

- El tipo de material y las dimensiones para el cálculo:
 - Peso propio de la estructura.
 - Peso de otras cargas permanentes como el balasto, material de vía, paseos, instalaciones y resto de cargas permanentes.
- La posición de las vías en la estructura.

5.1.2.2.-ASPECTOS RELATIVOS A LA FORMA GEOMÉTRICA, DETALLES, DIMENSIONES Y RESTO DE ELEMENTOS EXISTENTES EN LA ESTRUCTURA

Los planos de la obra de paso deberán ser revisados in situ para comprobar que están en concordancia con la realidad y para corregir cualquier discrepancia respecto a:

- La tipología de la estructura.
- Dimensiones y parámetros de la obra de paso (por ejemplo, longitud total, longitud de vanos, etc.).
- Tipos de material (y por lo tanto propiedades de los materiales para el cálculo).
- Detalles y localización de empalmes, juntas, cambios en la sección. Comprobación de las suposiciones acerca del comportamiento de estos elementos mediante estudios paramétricos.
- Detalles y dimensiones de trabajos de reparación, refuerzo o sustitución parcial de alguno de los elementos.

5.1.2.3.-ASPECTOS RELATIVOS A SU COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL

La obra de paso debe ser inspeccionada para recoger sus condiciones actuales, incluyendo:

- Localización y grado de los daños.
- Medidas de los desplazamientos horizontales de apoyos, juntas, etc.

- Localización, grado y profundidad de la corrosión si la hubiera.
Se debe prestar particular atención a las zonas más susceptibles de sufrir altos niveles de corrosión (elementos metálicos en contacto con madera, superficies de contacto con hormigón o ladrillo, zonas expuestas al goteo de agua, elementos enterrados...).
- Juntas sueltas, tornillos rotos, etc.
- Para vías sin balasto, se debe prestar particular atención a detectar fisuras en las proximidades de las conexiones entre elementos.
- Filtraciones de agua.
- Localización y medidas de elementos deformados, falta de rectitud en secciones sometidas a compresión.
- Localización y grado del deterioro de materiales.
- Localización y grado de otros daños causados por el impacto de vehículos.
- Daños que afectan a los soportes y apoyos.
- Anomalías visuales en el comportamiento de la obra de paso bajo la acción del tráfico ferroviario.
- Presencia de deformaciones remanentes inusuales en alguno de los elementos.
- Indicios de cambios en las condiciones de la cimentación.

Como complemento al estudio documental e inspección de la obra de paso, en ciertas ocasiones puede ser necesario realizar ensayos de laboratorio:

- Cuando el tipo de material de la obra de paso y sus características físicas y mecánicas no son conocidas o no pueden determinarse con suficiente certeza.
- Cuando el tipo de material es conocido pero debido a sus condiciones o rendimientos, hay indicios para pensar que son significativamente diferentes.

En el caso de que se lleven a cabo ensayos de probetas, es recomendable realizar también un análisis químico del material.

Para seleccionar la ubicación de la extracción de muestras, se debe tener en cuenta:

- Los elementos que conforman la estructura pueden estar contruidos con mismos materiales pero con distintas propiedades.
- El efecto en la estructura debido a la extracción de las muestras.

5.2.-FASE 2: CÁLCULO DE LAS ESTRUCTURAS

5.2.1.-Descripción del modelo y base de cálculo

Para la comprobación de la viabilidad del TE es necesario crear un modelo de cálculo de las estructuras a analizar.

En la creación de estos modelos es necesario tener la geometría, cargas permanentes, propiedades mecánicas de los materiales y las condiciones de contorno más cercana a las condiciones reales de la obra de paso, de ahí la vital importancia de la *Fase 1* descrita anteriormente. Cualquier factor que implique variaciones destacadas de rigidez, masa en la estructura o de sus condiciones de contorno deberá ser debidamente incluido en el modelo.

El modelo debe describirse completamente, justificando adecuadamente los parámetros nominales usados: propiedades de los materiales, condiciones de sustentación, restricciones, etc.

En el Informe Técnico de Viabilidad Estructural deberá venir definido:

- Descripción del modelo de cálculo:
 - Descripción del programa de cálculo utilizado.
 - Parámetros de discretización de la estructura.
- Bases de cálculo:
 - Parámetros de la obra de paso como pueden ser los materiales, la geometría, etc.
 - Cargas utilizadas.

5.2.2.-Análisis de la estructura y resultados

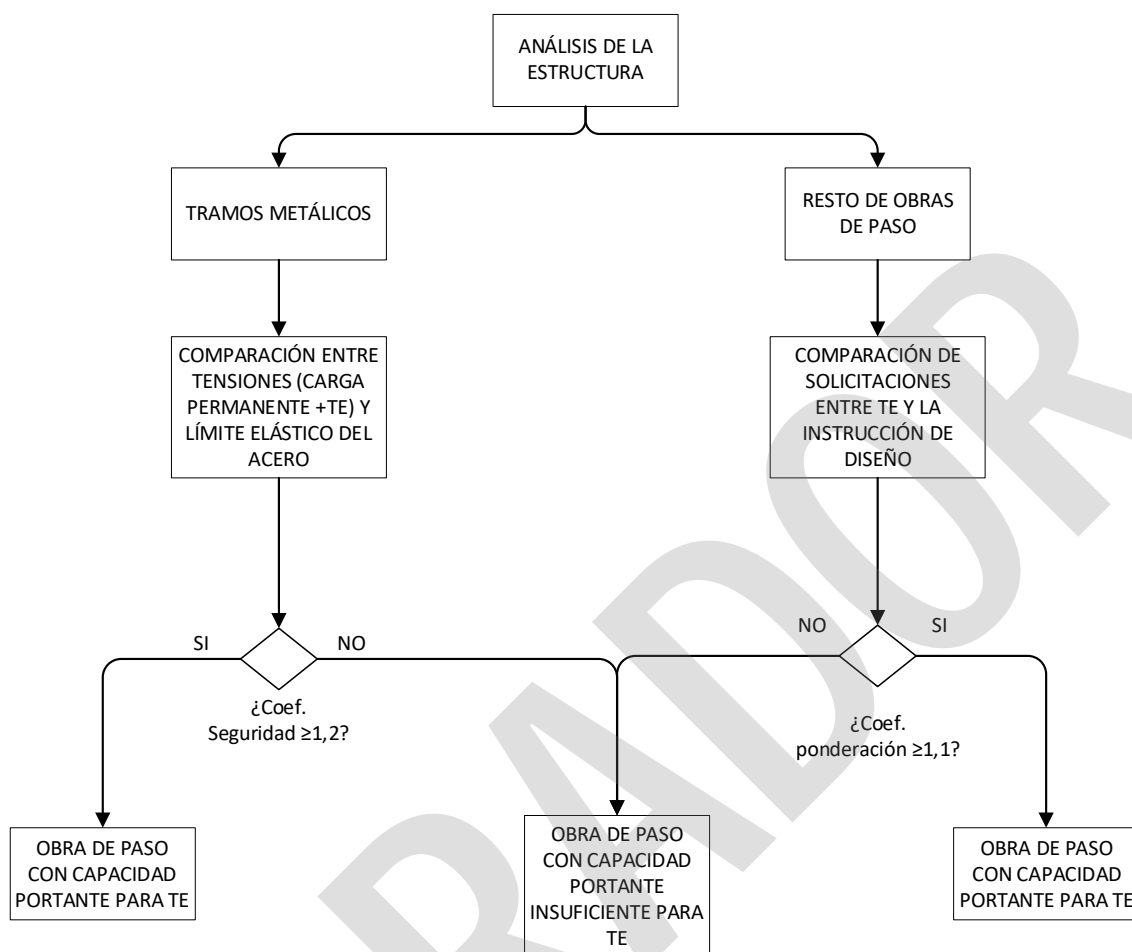
Con el objeto de reducir el trabajo para el cálculo de la estructura, en la elaboración del Informe Técnico de Viabilidad Estructural está permitido agrupar las obras de paso tal y como se indica a continuación:

- **Losas de hormigón:** la discretización se realizará en función de la configuración estática del tablero (hiperestático o isostático). Dentro de cada grupo se calculará la estructura más desfavorable. Se justificará de manera razonada la elección de la estructura que se considera más desfavorable.
- **Tableros de vigas:** la discretización se realizará en función de la configuración estática, del número y del tipo de vigas. Dentro de cada grupo se calculará la estructura más desfavorable. Se justificará de manera razonada la elección de la estructura que se considera más desfavorable.
- **Arcos de hormigón:** la discretización tendrá en cuenta el tipo de arco (medio punto, rebajados, etc.) Dentro de cada grupo se calculará la estructura más desfavorable. Se justificará de manera razonada la elección de la estructura que se considera más desfavorable.
- **Arcos de fábrica:** la discretización tendrá en cuenta el tipo de arco (medio punto, rebajados, etc.) Dentro de cada grupo se calculará la estructura más desfavorable. Se justificará de manera razonada la elección de la estructura que se considera más desfavorable.
- **Tramos metálicos:** la discretización tendrá en cuenta el tipo de celosía (Pratt, Linville, Cruz de San Andrés, etc.). Dentro de cada grupo se calculará la estructura más desfavorable. Se justificará de manera razonada la elección de la estructura que se considera más desfavorable.

En función de la tipología del tablero de la obra de paso, la comprobación a realizar será diferente.

Es necesario diferenciar entre:

- Tramos metálicos.
- Resto de obras de paso.



Las obras de paso que en la última inspección principal presenten daños N3 o N4, deberán ser analizados individualmente. De la misma manera las obras de paso que, en la última prueba de carga el resultado fuese No Apto y/o tengan una categoría de línea inferior a la D4 (según la UNE-EN 15528:2022) deberán ser analizados individualmente.

5.2.2.1.-TRAMOS METÁLICOS

Para el análisis de los tramos metálicos será necesario obtener las tensiones en los diferentes elementos de la obra de paso.

Se compararán las tensiones obtenidas para cada uno de los elementos que conforman la obra de paso (viguetas, largueros, diagonales, montantes, etc.) con el límite elástico del acero que corresponda.

Las acciones a tener en cuenta en el cálculo son las siguientes:

- Cargas permanentes de la obra de paso (peso propio de la estructura).
- Cargas variables (sobrecarga producida por el TE en estudio).

En la comprobación de la capacidad portante de la obra de paso frente al paso del TE, no se consideran las acciones complementarias de viento, lazo, frenado, arranque o fuerza centrífuga, en su caso. Tampoco ha de tenerse en cuenta el factor dinámico. Este punto debe considerarse a la hora de establecer las limitaciones pertinentes en las Prescripciones de Circulación del TE a su paso por la estructura.

Será necesario realizar el cálculo de la obra de paso en tres dimensiones, con un modelado ajustado a las condiciones reales de la obra de paso, para determinar la distribución de cargas en la estructura y la capacidad portante del mismo frente al TE. En el cálculo se han de tener en cuenta las cargas permanentes de la obra de paso, así como la sobrecarga producida por el TE. Finalmente se verificará la siguiente condición en cada uno de los elementos que conforman la obra de paso:

$$\frac{f_y}{\sigma_{tte}} \geq 1,2$$

Siendo:

- σ_{tte} las tensiones máximas obtenidas en el cálculo teórico para cada uno de los elementos que conforman la obra de paso, debidas a la acción simultánea de las cargas permanentes de la estructura y el TE en estudio. No será necesario considerar cargas complementarias como viento, lazo, etc.
- f_y el límite elástico del acero.

1,2 es el coeficiente de seguridad global. Este coeficiente de seguridad global incluye el coeficiente de mayoración de cargas y el coeficiente de minoración de resistencia del material. Se considera este valor por experiencia a lo largo de los años y por ser conforme a la IFI (ver anejo 1).

Además de la comprobación de tensiones en los diferentes elementos que conforman la estructura será necesario la comprobación de las uniones (largueros-viguetas y viguetas-vigas principales).

Cuando la comprobación de tensiones en los diferentes elementos de como resultado un coeficiente de seguridad mayor a 1,45 (coeficiente de seguridad mínimo establecido en el REVINFE-23 para el cociente entre el límite elástico del material y las tensiones obtenidas para las máximas sobrecargas verticales de explotación habituales), no es necesario la comprobación de las uniones ya que se considera que el dimensionamiento de la unión debería ser acorde al dimensionamiento del elemento y por lo tanto es asumido que la unión cuenta con la resistencia suficiente para soportar los esfuerzos a los que se encuentra solicitada.

5.2.2.2.-RESTO DE OBRAS DE PASO

Para el análisis del resto de obras de paso será necesario obtener los máximos esfuerzos axiles, cortantes y momentos flectores en los diferentes elementos de la obra de paso (pilas, tablero, vigas, arcos, etc.). Se han de comparar las máximas solicitaciones generadas por las acciones de la instrucción de diseño de la obra de paso con las máximas solicitaciones producidas por el TE en estudio.

Las acciones a tener en cuenta en el cálculo son las siguientes:

- Modelo de cargas de la Instrucción de diseño de la obra de paso.
Cargas del TE en estudio.

Los pasos a seguir son los siguientes:

- *Paso 1:* Establecer aproximadamente la fecha de construcción de la obra de paso para así determinar la instrucción de diseño de la estructura vigente en aquel momento y por lo tanto las cargas para las que se dimensionó.
- *Paso 2:* Determinar los máximos momentos flectores (positivos y negativos), esfuerzos cortantes y axiles a lo largo de toda la longitud de la obra de paso producidos por las cargas de diseño en las posiciones más desfavorables.

- *Paso 3:* Determinar los máximos momentos flectores (positivos y negativos), esfuerzos cortantes y axiles a lo largo de toda la longitud de la obra de paso producidos por el paso del TE en las posiciones más desfavorables.
- *Paso 4:* Comparar los esfuerzos generados por las cargas de la instrucción de diseño de la obra de paso con los esfuerzos generados por las cargas del TE. Se considerará que la estructura tiene suficiente capacidad portante si se cumple la siguiente inecuación¹:

$$\frac{S_q(tp)}{S_q(TE)} \geq 1,1$$

Siendo:

$S_q(tp)$ la envolvente característica de esfuerzos del tren de proyecto.

$S_q(TE)$ la envolvente característica de esfuerzos del transporte excepcional.

1,1 es el coeficiente de ponderación mínimo conforme a la Nota de servicio 4/2023 "Instrucciones para la emisión de los informes preceptivos y vinculantes relativos a solicitudes de autorización de transportes especiales a los que hace referencia el artículo 108 del Reglamento General de Carreteras". Igualmente este coeficiente es acorde a la IFI que establece un coeficiente de reducción en función del nivel de gravedad del daño del elemento que se esté evaluando en cada momento.

Para elementos con daños N2 este coeficiente reductor es igual a 0,9 (apartado L.4.2.1 de la IFI) que es equivalente al coeficiente de ponderación aquí utilizado. Los elementos que presenten daños N3 o N4 deberán ser analizados de manera particular.

- *Paso 5:* Establecer las conclusiones indicando si se da una valoración positiva o no, a la capacidad portante de la obra de paso frente al paso del TE en estudio.

En el caso de que no se llegue a obtener un coeficiente de ponderación igual o superior a 1,1 se permitirá la realización de análisis complementarios a la comprobación indicada en el paso 4 siempre y cuando estos análisis queden justificados de manera razonada.

5.2.2.3.-ESTRUCTURAS QUE PRESENTEN DAÑOS N3 O N4 (ADIF-IP)

Para las obras de paso que presenten daños N3 o N4 según ADIF-IP, además del análisis estructural, es preciso considerar como afectan dichos daños en la capacidad portante de la obra de paso.

En estos casos es necesario razonar la viabilidad del TE teniendo en cuenta de manera conjunta el análisis de cálculo realizado y el informe de la inspección principal en el que se describen los daños que sufre la estructura.

5.3.-FASE 3: EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS

Una vez realizado el análisis de la capacidad portante de la estructura frente al paso del TE es necesario incluir un resumen en el que se indique:

- Comparación de resistencias y tensiones (tramos metálicos).
- Comparación de las sollicitaciones entre la instrucción de diseño y transporte excepcional (resto de Obras de paso).

¹ Conforme a la Nota de Servicio 4/2023. Actualización de las instrucciones para la emisión de los informes preceptivos y vinculantes relativos a solicitudes de autorización de transportes especiales a los que hace referencia el artículo 108.3 del reglamento general de carreteras.

- Capacidad portante de los elementos con daños tipo N3 o N4.
- Viabilidad del TE frente a la capacidad portante de las estructuras.
- Prescripciones al paso del TE.

Así mismo, si se considera necesario, en las estructuras más solicitadas se realizarán mediciones de flecha en los centros de vanos al paso del TE, así como la flecha al cabo de 20 minutos con el fin de estimar la recuperación. Los resultados obtenidos deberán ser comunicados a Adif en el plazo inferior de dos semanas empezando a contar desde la fecha en que se realice el TE.

En el caso de que la flecha residual una vez retirada la carga y transcurridos 20 minutos sea superior al 20% en obras de paso de hormigón armado, superior al 15% en obras de paso de hormigón pretensado y mixtos y superior al 10% en obras de paso metálicas, será necesario comunicarlo de manera inmediata, de tal manera que Adif pueda garantizar la seguridad estructural de las obras de paso para el resto de las circulaciones.

6.- FIRMAS DE INFORME TÉCNICO DE VIABILIDAD ESTRUCTURAL

El Informe Técnico de Viabilidad Estructural deberá estar firmado por los ingenieros autores, así como por el ingeniero responsable, todos ellos serán personal técnico titulado con competencia legal para ello y con experiencia probada en el análisis estructural.

El ingeniero responsable deberá indicar su número de colegiado profesional o en su defecto, póliza de responsabilidad civil profesional, siendo su responsabilidad todo lo reflejado en el informe.

7.- NORMATIVA DEROGADA

Este documento no deroga a ningún documento vigente.

8.- DISPOSICIONES TRANSITORIAS Y ENTRADA EN VIGOR

La presente norma entrará en vigor el día de su aprobación.

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.

- Adif-PC. NAP 2-4-2.0. Pruebas de carga ferroviarias en puentes de ferrocarril. 1ª Edición. Enero 2021.
- Adif-IB. NAP 2-4-0.0. Inspección Básica de Puentes de Ferrocarril. 1ª Edición+Erratum. Enero 2020.

- Adif-IP. NAP 2-4-1.0. Inspección Principal de Puentes de Ferrocarril. 3ª Edición. Enero 2024.
- ITPF-05. Instrucción sobre inspecciones técnicas en puentes de ferrocarril. ORDEN FOM 1951/2005, de 10 de Junio. Ministerio de Fomento. 2005.
- IAPF-07. Instrucción de acciones a considerar en el proyecto de puentes de ferrocarril. ORDEN FOM/3671/2007, de 24 de septiembre. Ministerio de Fomento. 2007.
- IAPF-75. Instrucción de acciones a considerar en puentes de ferrocarril. ORDEN MINISTERIAL 26 de junio de 1975. Ministerio de Obras Públicas. 1975.
- IFI. Instrucción Ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de Infraestructura. ORDEN TMA/135/2023, de 15 de febrero. Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana. 2023.
- REVINFE-23. instrucción sobre los registros de la actividad de vigilancia de infraestructuras ferroviarias, aprobada por la Orden TMA/698/2023, de 27 de junio. Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana. 2023.
- UNE-EN 15528:2015. Aplicaciones ferroviarias. Categorías de línea para la gestión de las interfaces entre límites de cargas de los vehículos y la infraestructura. Abril 2016.
- UNE-EN 1991-2. Eurocódigo 1: Acciones en estructuras-cargas de tráfico en puentes. Febrero 2019.
- REGLAMENTO (UE) Nº 1299/2014 DE LA COMISIÓN. Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad del subsistema "Infraestructura" en el sistema ferroviario de la Unión Europea. Unión Europea. 2014.
- Documentos complementarios no contradictorios para la aplicación de los Eurocódigos para el cálculo de puentes de Ferrocarril. Dirección General de Ferrocarriles. Ministerio de Fomento. 2014.
- Nota de servicio 4/2023. Instrucciones para la emisión de los informes preceptivos y vinculantes relativos a solicitudes de autorización de transportes especiales a los que hace referencia el artículo 108 del Reglamento General de Carreteras. Dirección General de Carreteras. Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana. 2023.

1.-ANEJO 1. JUSTIFICACIÓN DEL COEFICIENTE DE SEGURIDAD GLOBAL PARA TRAMOS METÁLICOS

En el apartado 5.2.2.1 Tramos metálicos del presente documento, se desarrollan las comprobaciones a realizar en dichas obras de paso y se establece el coeficiente de seguridad global a tener en cuenta. Este coeficiente de seguridad global incluye el coeficiente de mayoración de cargas y el coeficiente de minoración de resistencia del material. Debido al gran número de estructuras y elementos a comprobar, se utiliza un coeficiente de seguridad global que permite simplificar los cálculos y comprobaciones a realizar.

En este anejo se justifica la elección del coeficiente de seguridad global y su conformidad con la Instrucción Ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de Infraestructura (IFI).

Coefficientes de mayoración de cargas

La IFI establece un coeficiente de mayoración de cargas para TE igual a 1,0 siempre y cuando se conozcan con precisión las cargas del transporte (Cuadro L.5.2.3 de la IFI).

Para las cargas permanentes, el coeficiente de mayoración varía entre 1,1 y 1,2.

En el caso particular de los tramos metálicos, el % de carga debido al peso propio del tablero (inferior a 2,5t/m) es de un orden muy inferior en relación a la carga del TE (alrededor de 15,0 t/m). Del total de la carga aplicada, el peso propio del tablero corresponde alrededor del 15%, siendo el 85% restante debida al TE.

Teniendo en cuenta lo anterior, a continuación se desarrolla la obtención de un coeficiente global de mayoración de cargas:

$$\gamma_G G_k + \gamma_{Q,TE} Q_{TE} = \gamma_T Q_T$$

$$\gamma_G (0,15 Q_T) + \gamma_{Q,TE} (0,85 Q_T) = \gamma_T Q_T$$

$$1,2(0,15 Q_T) + 1,0(0,85 Q_T) = \gamma_T Q_T$$

$$0,18 + 0,85 = \gamma_T$$

$$\gamma_T = 1,03$$

Siendo G_k las cargas permanentes, Q_{TE} las acciones debidas al TE, Q_T la carga vertical total (cargas permanentes más carga del TE) y γ los coeficientes de seguridad de mayoración de las acciones.

Coefficientes de minoración de resistencias

Respecto al coeficiente de minoración de resistencias, la IFI propone varios valores en función del estado de los elementos y la época en la que se construyó la obra de paso (tipo de acero). Estos valores se muestran en las Tablas 1 y 2.

Tabla 1 Coeficientes de minoración de resistencia para elementos metálicos en función del tipo de material (Extraído de la IFI).

Material	γ_m
Hierro forjado (Antes de 1900)	1,2
Acero templado (Después de 1900)	1,15
Aceros recientes (Desde 1935)	1,10

Tabla 2 Coeficiente de minoración de resistencia de los elementos metálicos en función de su estado (Extraído de la IFI).

Estado del elemento	γ_b
Buenas condiciones, sin daños en el revestimiento ni pérdidas por corrosión	1,0
Superficie oxidada	1,03
Elemento oxidado y debilitamiento de la sección transversal	$1,0 + 0,05 \frac{t}{30} > 1,05$
Comprobaciones sustentadas en la medida del área residual de la sección transversal	1,0
<p>Nota: t = periodo de tiempo transcurrido desde la construcción o reparación/refuerzo de la obra de paso hasta la actualidad (años)</p>	

En lo que respecta al tipo de material, no existen obras de paso ferroviarias en servicio en la RFIG construidos en hierro forjado por lo que de manera general y conservadora se toma como coeficiente de minoración de resistencia en función del tipo de material el valor de 1,15.

En cuanto al estado de los elementos metálicos, de manera general, se tiene en cuenta un coeficiente de minoración de resistencia del material igual a 1,03.

Se considera que si la pérdida de sección del elemento metálico debido a la corrosión es significativa, el daño en ese elemento será categorizado como N3 o N4, por lo que la capacidad portante de ese elemento será analizada de manera particular.

Coeficiente de seguridad global

De este modo obtenemos que el coeficiente de seguridad global es $(1,03 \times 1,15 \times 1,03 \approx 1,2)$.

De igual manera este coeficiente va en línea con los procedimientos que se han estado utilizando para la evaluación de la capacidad portante de las estructuras frente al paso de un TE y que por experiencia a lo largo de los años se considera adecuado.

BORRADOR