PUENTES FERROVIARIOS

Universidad de la República – Curso: 2024

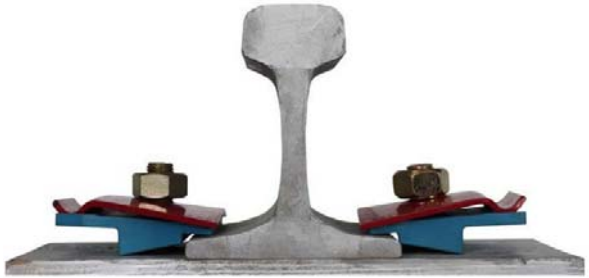
Definición

Un puente ferroviario es una obra destinada a permitir que la vía férrea mantenga su continuidad física y geométrica en aquellas zonas en que el terreno no la presenta.

Componentes de una vía férrea

Riel o carril

Elemento de acero para el soporte y guiado del material rodante (trenes y tranvías) y para transmitir las corrientes eléctricas de retorno de las instalaciones de electrificación y de señalización. La característica técnica más importante del ferrocarril es el contacto entre el riel y la rueda con pestaña.



VER VIDEO

Componentes de una vía férrea

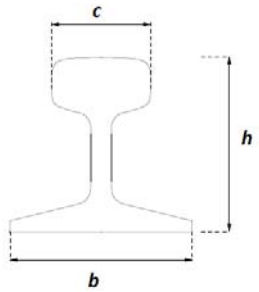
Traviesas o Durmientes

Elemento colocado transversalmente al eje de la vía, que sirve de apoyo a los rieles. Pueden estar hechos de madera, acero, hormigón o mixtos. Las principales funciones que desempeñan son:

- Soporte y sujeción de los rieles, fijando y asegurando su posición y por ende la trocha.
- Recibir las cargas verticales y horizontales transmitidas por los rieles y repartirlas sobre el balasto mediante su superficie de apoyo.
- Conseguir y mantener la estabilidad de la vía en el plano horizontal y vertical frente a los esfuerzos estáticos procedentes del peso propio y las variaciones de temperatura y a los esfuerzos dinámicos debidos al paso de los trenes.

Componentes de una vía férrea

Denominación	*Norma*	*h* [mm]	*b* [mm]	*c* [mm]	Sección [cm^2]	Masa [kg/m]
RN 45	UNE 25122-86	142	130	66	57,05	44,79
UIC 54	UNE 25122-86	159	140	70	69,34	54,43
UIC 60	UNE 25122-86	172	150	72	76,86	60,34
136 RE	AREA	185,74	152,4	74,61	85,90	67,43
115 RE	AREA	168,27	139,7	69,05	72,53	59,90
VIGNOLE 46	NF A 45-313/84	145	134	64,29	59,06	46,36
100 A	BS 11	152,4	133,35	72,03	63,92	50,18



Dimensiones y pesos de los rieles (carriles) habituales en España

Ancho vía	*Material*	*Masa* [kg]	*Longitud* [m]	*Ancho* [m]	d_1 [1] [m]	d_2 [2] [m]
IBÉRICO	madera	180	2,6	0,24	0,6	0,13 – 0,14
IBÉRICO	hormigón bibloque	200	2,5	0,29	0,6	0,20
IBÉRICO	hormigón monobloque	300	2,6	0,30	0,6	0,22 – 0,23
UIC (AI-04)	hormigón monobloque	320	2,6	0,30	0,6	0,24
Métrico	madera	56	1,9	0,22	0,6	0,13 – 0,14
Métrico	hormigón monobloque	185	1,9	0,26	0,6	0,19
Polivalente (PR)	hormigón monobloque	325	2,6	0,30	0,6	0,24
Mixto (3 carriles)	hormigón monobloque	410	2,75	0,30	0,6	0,23

[1] d_1: separación entre ejes de traviesas.
[2] d_2: canto de la traviesa bajo el carril.

Características de las traviesas en España

Componentes de una vía férrea

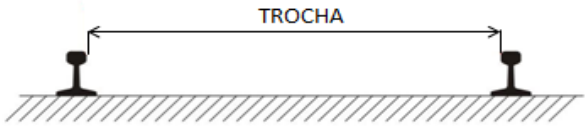
Balasto

Grava de naturaleza rocosa sobre la que asientan los durmientes. Su espesor mínimo será de 25 cm por debajo del durmiente.

VER VIDEO

Trocha o ancho de vía

Es la distancia que separa las caras internas de los rieles.



Las dimensiones pueden ser:

- Métrica o angosta: Corresponde a un valor de 1.00 m.
- Estándar: Corresponde a un valor de 1.435 m.
- Ancha: Mayor a 1.60 m.

Componentes de una vía férrea

Locomotoras

Consiste en el material rodante con motor que se utiliza para dar tracción a los trenes. Las locomotoras pueden ser a vapor, diesel o eléctricas.

Vagones

Es un vehículo ferroviario utilizado para el transporte de cargas. Los abiertos sirven para el transporte de minerales y los cerrados para el transporte de líquidos (desde leche hasta petróleo), materiales a granel (cemento, arroz, etc.) o pasajeros.

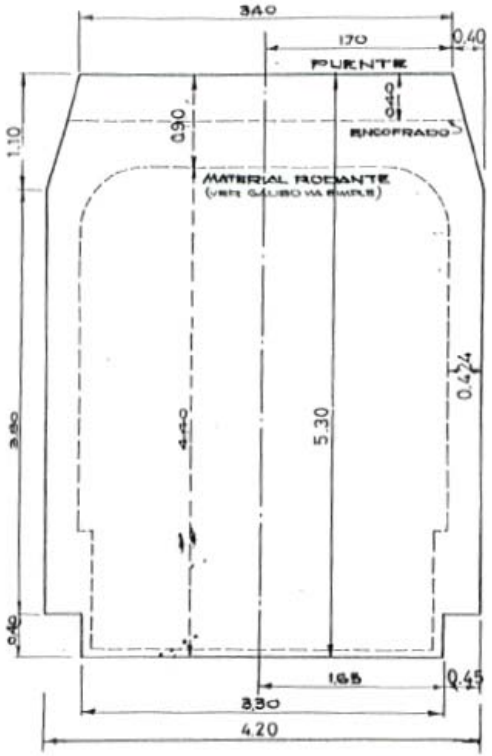
Características de puentes ferroviarios

El puente de ferrocarril se diferencia del puente de carretera en varios factores:

- Es mucho más exigente en cuanto a las características geométricas impuestas a la vía, radios en planta mayores y peraltes y pendientes menores.
- El área de contacto entre rueda y riel es muy pequeña, siendo casi puntual.
- Sus cargas verticales y horizontales son mucho más elevadas que en los puentes de carretera. Las verticales debido a cargas muertas y variables pueden llegar a ser hasta 3 ó 4 veces las de puentes carreteros.
- La posición transversal de la carga está definida dado que el movimiento es principalmente en la dirección de la vía.
- Aparecen esfuerzos característicos de la interacción riel-rueda que no se dan en los vehículos carreteros, o son mucho menores.
- Las exigencias respecto a la deformabilidad del puente son mucho más estrictas. Se le exigen condiciones funcionales específicas en términos de movimiento y aceleraciones que tienen una incidencia muy importante sobre la seguridad y el confort de los pasajeros (especialmente en TAV).

Características de puentes ferroviarios

Se deberá respetar en el diseño del puente el llamado **gálibo ferroviario**, es decir el área transversal vertical y horizontal libre, el cual no será menor que el indicado en los pliegos.



Puente ferroviario sobre el río Santa Lucía.

Características de puentes ferroviarios

Salvo indicación contraria, el puente y sus accesos serán **insumergibles**. El desagüe suministrado por el puente deberá ser el mínimo necesario para garantizar un comportamiento adecuado de la obra, sin provocar remanso excesivo, ni erosiones no controlables por las obras de defensa programadas, ni velocidades excesivas del agua que puedan provocar perturbaciones perjudiciales.

La **franquía** entre la máxima creciente previsible para el curso de agua a salvar y la superestructura del puente **no será menor a 70 cm**. Aparte de toda otra consideración que corresponda se tendrá en cuenta para ello los posibles arrastres de cuerpos flotantes y las posibilidades de navegación.

Puente sobre el río Olimar.

Puente sobre el arroyo Solís Chico.

Tipologías de puentes ferroviarios

Puentes viga

	L	C	B	b_i	e_a	e_L	c/L	
V. Verberie (TGV/N)	48	3.5	12.3	5.5	0.5		1/13.7	HP Continuo
V. La Grenette (TGV/M)	53	4.5	13.5	5.5	0.5 0.45	0.3	1/11.7	HP Continuo
V. Ventabren (TGV/M)	100	6.5 a 4.5	12.96	5.5			1/15.5 1/22	HP Continuo
V. Ventabren (TGV/M)	45	3.75	12.96	5.5			1/12	HP Continuo
V. sobre el Loira	48	3.32	12.25	5.7		0.3 a 0.6	1/14.5	HP Continuo
V. de Mornas	60	4.23		6.3		0.43	1/13.5	Mixto Continuo
V. de Enz	58	4.75	14.3	5.4	0.6		1/12.2	HP Continuo
P. sobre el Main (Veits.)	53.5	4.5	14.3	5.4	0.6	0.43	1/11.8	HP Continuo
P. Hannover	58	5	14.9	5.4	0.6	0.35	1/11.6	HP Simplemente apoyado
V. Rombach	58	5.3	14.3	5	0.6	0.35	1/10.9	HP Simplemente apoyado
V. Rombach	44	4	14.3	5	0.6	0.35	1/11	HP Simplemente apoyado
V.1 Subtramo VIII	45	2.6	14	5	0.45	0.3	1/17.3	HP Continuo
V.5 Subtramo VIII	60	3.5	14	5	0.5	0.7 a 0.3	1/17.3	HP Continuo
V. Huerva	66	4	14	5	0.5	0.8 a 0.3	1/16.25	HP Continuo

L = luz (m).
c = canto (m).
b = ancho total
b_i = ancho de la viga cajón en la parte inferior.
e_a = espesor del alma.
e_L= espesor de la losa inferior.

¿QUÉ TIPO DE SECCIÓN SE ACONSEJA Y CÓMO ES c/L COMPARADA CON LOS CARRETEROS?

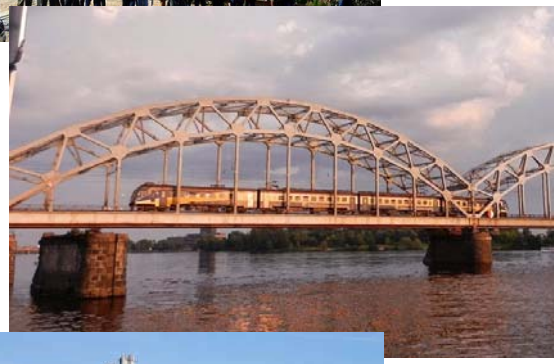
Tipologías de puentes ferroviarios

Puentes en celosía

La viga en celosía encuentra con el ferrocarril un desarrollo más dilatado que la viga en alma llena no ha conseguido erradicar.

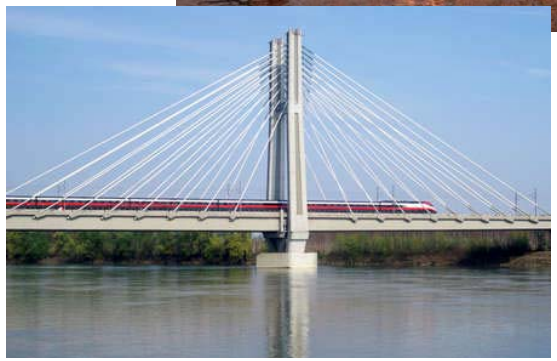
Puente en arco

En sí mismo, es la tipología estructural menos adecuada, pues su esencia resistente es separarse lo menos posible de la antifunicularidad de cargas verticales, lo cual es casi imposible en un puente ferroviario. Para las cargas horizontales sin embargo es muy útil.



¿CÓMO SE RESUELVE EL PROBLEMA DE CARGAS VERTICALES EN EL ARCO?

Puentes atirantados y colgantes



Cálculo

Normativa

Acciones:

- **Norma para cálculo de puentes ferroviarios de hormigón y metálicos de AFE.**
- **Norma IAPF-07. Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de ferrocarril.**
- Eurocódigo 1. Acciones en estructuras. Parte 2.
- Reglamento argentino para el proyecto y construcción de puentes ferroviarios.

Puentes de acero:

- Norma para cálculo de puentes ferroviarios metálicos de AFE**.**
- Instrucción de Acero Estructural EAE-11.
- Eurocódigo 3. Proyecto de estructuras de acero.

Puentes de hormigón:

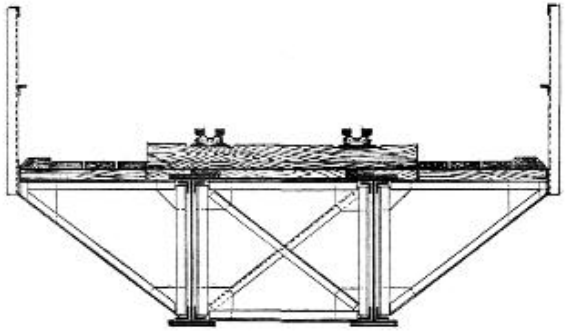
- Norma para cálculo de puentes ferroviarios de hormigón de AFE.
- Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08.
- Eurocódigo 2. Proyecto de estructuras de hormigón.

Acciones

Carga Permanente

Son las acciones gravitatorias que incluyen:

- el **peso propio** de los elementos estructurales del puente.



- las **cargas muertas** que corresponden a los elementos no estructurales: balasto, durmientes, carriles, pequeño material de vía, postes de electrificación, aceras, barandas, canalizaciones de servicios, etc.

Según AFE, en el caso de no darse el tipo de rieles, así como la distribución y el tipo de los durmientes, se puede adoptar el valor conjunto de 450 kg/m por cada vía.

Según IAPF, cuando haya dudas respecto al valor de la carga de balasto, se deberá considerar un ±30% del valor nominal, eligiendo en cada caso el más desfavorable.

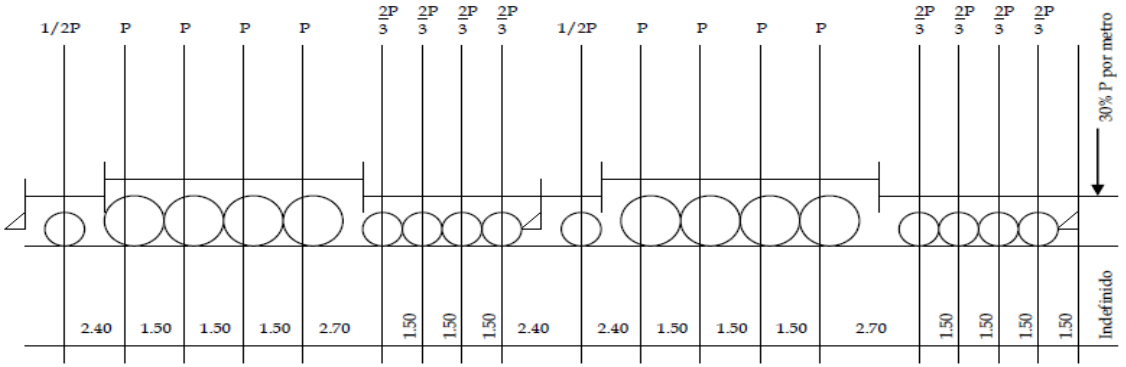
Acciones

Carga móvil

La carga móvil por cada vía para el proyecto de puentes es la indicada en las figuras, ubicada en la posición más desfavorable.

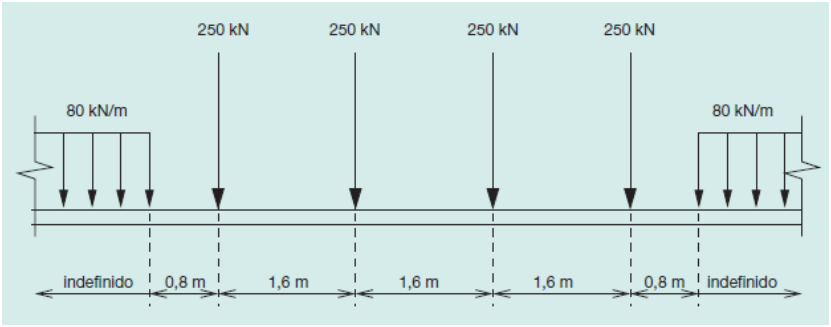
Tren de AFE

P según pliego, P≥200 kN por eje.



Tren de IAPF

Carga estática del tren UIC71, aplicada en el eje de la vía. Se deben afectar por un coeficiente de clasificación α, según trocha.



Acciones

Carga móvil

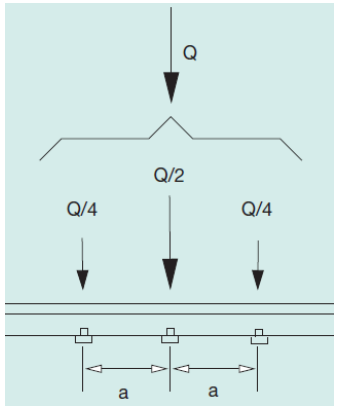
Según AFE, las cargas concentradas se podrán considerar distribuidas sobre el tablero, en secciones rectangulares definidas de la siguiente manera:

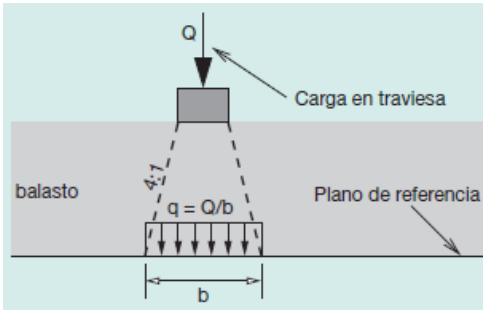
- En sentido longitudinal: 0.90 m + el espesor de balasto bajo el durmiente. Como máximo se tomará la separación entre cargas.
- En sentido transversal: 4.00 m por cada vía, salvo restricciones estructurales.

Para puentes sin balasto, la carga de rueda se tomará como repartida en la estructura de apoyo a través del durmiente a 45°.

Según IAPF, se puede asumir:

Reparto longitudinal de una carga puntual en una vía sobre balasto





Reparto longitudinal de una carga puntual sobre traviesa a través del balasto

Acciones

Coeficiente de impacto para carga móvil

Los fenómenos dinámicos originados por el tráfico ferroviario se deben, fundamentalmente, a la naturaleza móvil de las cargas verticales transmitidas por las ruedas de los vehículos. En particular, la variación del punto de aplicación de estas cargas a lo largo del tiempo origina una excitación dinámica de la estructura.

A ello hay que añadir los efectos ocasionados por las irregularidades del riel y ruedas. Por otra parte, el espaciamiento regular de las cargas del tren, da lugar a excitaciones periódicas que pueden producir resonancia en la estructura.

Los efectos dinámicos producen un incremento, respecto a la respuesta estática, de las deformaciones y esfuerzos soportados por la estructura, por lo que se usa como compendio de todos estos efectos el denominado **coeficiente de impacto**. Adicionalmente, se pueden generar desplazamientos o aceleraciones nocivos para la estructura o el balasto, o que comprometan la seguridad de la circulación o el confort del viajero.

Acciones

Coeficiente de impacto para carga móvil

AFE para puentes metálicos (en porcentaje)

- Locomotoras a vapor:
  - Para L < 30 m: $60 – (L^2 /45)$
  - Para L > 30 m: $10 + (540 / (L – 12))$
  - Para el cálculo de reticulados: $15 +(1200 / (L + 7.5))$ para todo L
- Locomotoras Diesel, eléctricas o mixtas:
  - Para L < 24 m: $40 – (L^2 / 48)$
  - Para L > 24 m: $16 + (180 / (L –9))$

L: luz en metros del tramo considerado entre ejes de apoyos.

AFE para puentes de hormigón

- Para momentos flectores: $2.16 / (L_0^{0.5} - 0.2) + 0.73$
- Para cortantes: $1.44 / (L_0^{0.5} - 0.2) + 0.82$

Con valores entre 1 y 2, siendo L_0 (en metros) la longitud de la línea de influencia para la solicitación considerada.

Acciones

Coeficiente de impacto para carga móvil

IAPF

Se considerará el coeficiente de impacto ϕ: $\Phi = \frac{\max S_{din,real}}{S_{est,tipo}}$ $(con\ \Phi \not< 1)$

- máx $S_{din,real}$: Solicitación dinámica máxima debida a todos los posibles trenes reales y velocidades de circulación.
- $S_{est,tipo}$: Solicitación estática debida al tren de cargas móvil, situado en la posición más desfavorable.

Como simplificación, si la tipología del puente es convencional, v<220 km/h y se cumple cierta limitación de frecuencias, se podrá usar ϕ_2 o ϕ_3:

$\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\Phi} - 0,2} + 0,82$ $(con\ 1,00 \le \Phi_2 \le 1,67)$ en vías con grado de mantenimiento bueno.

$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\Phi} - 0,2} + 0,73$ $(con\ 1,00 \le \Phi_3 \le 2,0)$ en vías con grado de mantenimiento normal.

L_ϕ es la longitud determinante definida según cuadros normativos (B2 a B5).

Acciones

Carga móvil sobre veredas y barandas

Para el caso en que se prevean aceras peatonales en el puente, éstas se calcularán con una sobrecarga móvil de 4 kN/m^2 según AFE y 5 kN/m^2 según IAPF. No deberá tenerse en cuenta el coeficiente de impacto en estas cargas.

En los puentes de AFE, la influencia de las cargas en la baranda sobre los demás elementos de la estructura se considerará como la producida por una carga horizontal actuando a 90 cm sobre el nivel de la vereda y de una magnitud igual a 1.0 kN/m.

Según IAPF, se considerará la actuación de una fuerza horizontal perpendicular a ellas de 1.5 kN/m, aplicada sobre su borde superior y a una altura ≤ 1.5 m.

Acciones

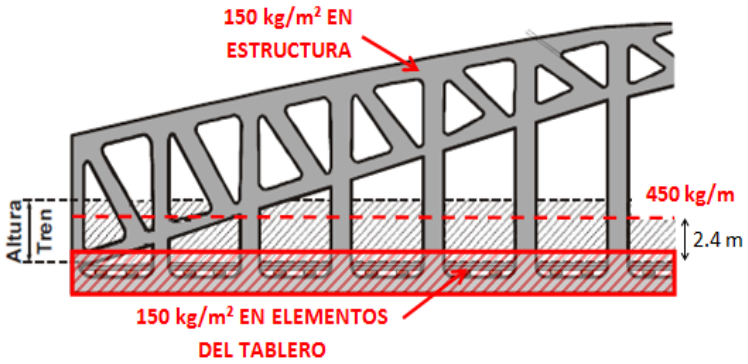
Presión de viento (según AFE)

Puente cargado

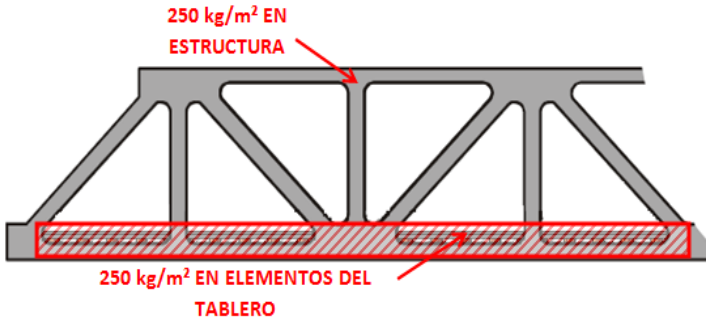
Sobre el puente se considera una presión lateral horizontal de 150 kg/m² (con un mínimo de 300 kg/m en los metálicos). Sobre el tren se considera una fuerza lateral horizontal de 450 kg/m aplicada a 2.40 metros sobre los rieles en puentes metálicos y 510 kg/m aplicada a 2.20 m sobre los rieles en puentes de hormigón.

Puente descargado

Se considera una presión lateral horizontal de 250 kg/m².



Puente cargado



Puente descargado

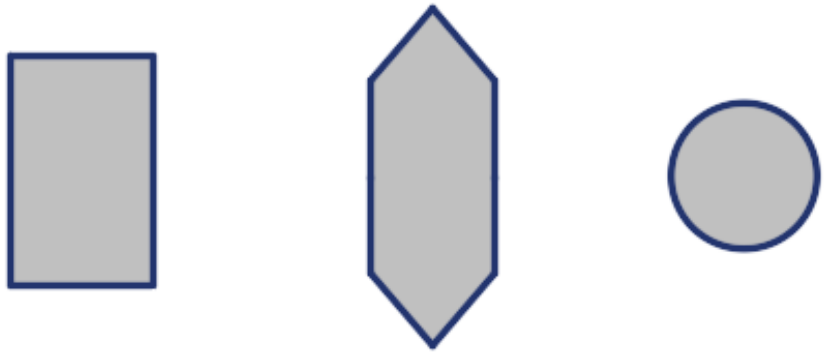
Acciones

Presión de la corriente de agua (según AFE)

Las pilas y demás partes de la estructura que puedan estar sometidas a la presión de la corriente de agua, serán proyectadas teniendo en cuenta una presión determinada por la expresión:

$$p=k.v^2$$

siendo **p** la presión expresada en kg/m^2, **v** la máxima velocidad del agua expresada en m/s y **k** un coeficiente de forma que tiene los siguientes valores:



k=70 **k=26** **k=35**

(ángulo de espolón ≤ 60°)

La presión adoptada debe ser comparada con las correspondientes a las acciones de viento y ver cuál predomina.

Acciones

Fuerza longitudinal

Para puentes de AFE, el conjunto de efectos causados por aceleraciones y frenado de la carga móvil se considera igual al producido por una fuerza igual a 15% de aquella, aplicada a 1.80 m sobre los rieles y contenida en el plano vertical que pasa por el eje de la vía.

Según IAPF:

- Frenado: $F = \alpha * 20\ kN/m * L$ con $L \leq 300$ m.
- Arranque: $F = \alpha * 33\ kN/m * L'$ con $L' \leq 30$ m.

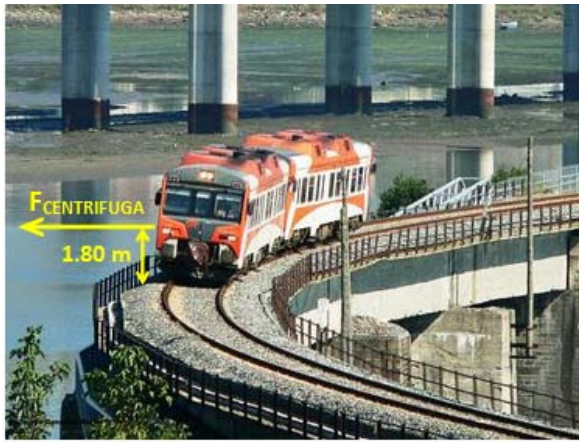
Siendo α el coeficiente de clasificación y L o L´ en metros las longitudes en las que se suponen repartidas las acciones del frenado y arranque, respectivamente.

Dicha fuerza se aplicará en la parte superior de los rieles en la dirección longitudinal de la vía y se repartirá uniformemente en las longitudes L y L´ correspondientes.

Acciones

Fuerza centrífuga

En puentes de planta curva se considera una fuerza centrifuga aplicada horizontalmente a 1.80 m sobre los rieles, perpendicularmente al eje de la vía.



Según IAPF, el valor está dado por:

$$Q_{tk} = \alpha \cdot \frac{Q_{v,k} \cdot v^2}{g \cdot r} \cdot f$$

$$f = \begin{cases} 1 & \text{(para } v \leq 120 \text{ km/h)} \\ 1 - \left(\frac{v - 120}{1000}\right)\left(\frac{814}{v} + 1{,}75\right)\left(1 - \sqrt{\frac{2{,}88}{L_f}}\right) & \text{(para } 120 < v \leq 300 \text{ km/h)} \\ 0{,}197 + 0{,}803\ \sqrt{\frac{2{,}88}{L_f}} & \text{(para } v > 300 \text{ km/h)} \end{cases}$$

- Qv,k: Tren de cargas móvil.
- v: Velocidad del tren en m/s.
- r: Radio de la curva en planta.
- g: 9.8 m/s^2.
- α: Coeficiente de clasificación.
- f: Coeficiente reductor (v en km/h).
- L_f: Longitud de vía cargada.

En puentes de AFE, tanto α como f valen 1.

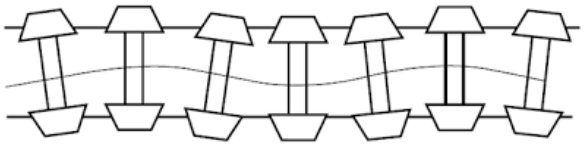
Acciones

Balanceo de la carga móvil o efecto de lazo

Por efectos de balanceo y choque lateral contra el riel se consideran:

¿A QUÉ SE DEBE ESTE EFECTO?

- Según AFE: Una carga horizontal única, perpendicular al eje del puente y aplicada en cualquier punto de éste, a la altura del riel. Su valor es 1/3P y se desprecian sus efectos verticales.



- Según IAPF: Una única fuerza horizontal y puntual de valor característico α * 100 kN, siendo α el coeficiente de clasificación. La carga será perpendicular al eje de la vía, aplicada en la parte superior del riel y hacia el exterior de éste.

VER VIDEO

Acciones

Variaciones de temperatura, retracción y fluencia (según AFE)

Tanto para el cálculo de solicitaciones como para el de las dilataciones se adopta una variación de temperatura de:

- En metálicos: ± 35º C.
- En los de hormigón: ± 15º C. El calentamiento desigual en distintas partes de una pieza se considerará tomando una diferencia de ± 50ºC.

Se aceptará un coeficiente de dilatación térmica de 1×10^{-5} 1/ºC.

En puentes de hormigón, cuando la naturaleza y características de la estructura lo requieran, deberán considerarse los efectos de contracción de fraguado y fluencia lenta del hormigón, con los criterios normativos del hormigón armado.

Acciones

Empujes de tierra

Se tomará en consideración a los efectos del cálculo de los empujes de tierra un ángulo de fricción entre muro y suelo **ϕ=0°**, y un peso específico **γ=18 kN/m^3**.

Cuando la sobrecarga móvil llegue hasta una distancia de la parte superior de un muro de contención menor o igual a la mitad de su altura, se deberá considerar la sobrecarga transmitida por tal causa sin coeficiente de impacto. En su caso, se considerarán los empujes locales debidos a la actuación de las cargas puntuales.

Según IAPF, se podrá considerar una sobrecarga uniforme de α * 30 kN/m^2, siendo α el coeficiente de clasificación.

Segúna AFE, para el cálculo de empujes sobre pilares o elementos semejantes se tomará un ancho ficto igual a 3 veces el ancho real de la pieza.

Acciones

Desviación y asiento de los estribos y pilas

Deben considerarse estos efectos cuando de acuerdo a la naturaleza de la estructura puedan producir solicitaciones adicionales. En particular, en las cimentaciones profundas se deberá contemplar el rozamiento negativo y empujes laterales originados por movimientos del terreno perpendiculares a la cimentación.

Elementos estructurales sumergidos

En los casos de pilas y estribos sumergidos o que puedan quedar sumergidos se tendrá en cuenta al hacer los cálculos, los pesos húmedos correspondientes.

Otras cargas

Se considerarán todas las acciones transitorias debidas a equipos, maquinaria, material almacenado, etc., que pueden actuar durante la construcción o el mantenimiento de la estructura. Su actuación se reflejará sobre el esquema resistente del puente en ese momento.

Acciones

Impacto vehicular sobre elementos estructurales

Impacto de vehículos carreteros

Las cargas a considerar para estudiar la estructura por el impacto de dichos vehículos serán las que se contemplaron para viaductos carreteros.

Impacto de vehículos ferroviarios

Según IAPF, si no hay protecciones específicas, se considerará a una fuerza estática horizontal F_{lk} paralela a la vía, o una F_{tk} perpendicular a la vía, no concomitantes, aplicadas a una altura de 1.80 m sobre el riel más próximo al elemento.

En tableros:

ELEMENTO	d (m)[3]	V < 50 km/h[5]		V > 50 km/h	
		F_{lk} (kN)	F_{tk} (kN)	F_{lk} (kN)	F_{tk} (kN)
Directamente expuesto[1]	< 3	α · 10.000	α · 3.500	α · 10.000	α · 3.500
	[3; 5][4]	α · 2.000	α · 750	α · 4.000	α · 1.500
	> 5	0	0	0	0
Indirectamente expuesto[2]	< 3	α · 4.000	α · 1.500	α · 4.000	α · 1.500
	[3; 5][4]	α · 2.000	α · 750	α · 4.000	α · 1.500
	> 5	0	0	0	0

d: Distancia del elemento considerado al eje de vía más próximo.

α: Coeficiente de clasificación.

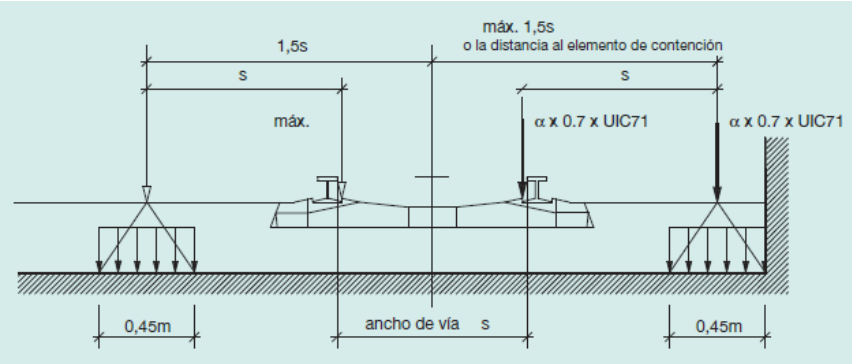
En los apoyos del tablero (pilas y estribos) situados a menos de 5 m del eje de la vía más próxima: Flk = α * 4000 kN y Ftk = α * 1500 kN.

Acciones

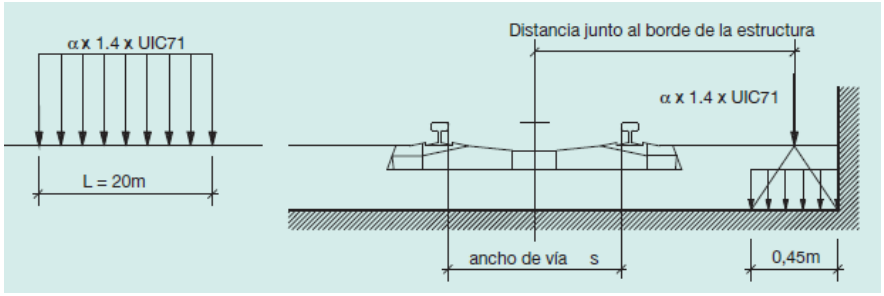
Descarrilamiento de vehículos ferroviarios

Según IAPF, los puentes de ferrocarril deben proyectarse para que, en caso de descarrilamiento, no se produzca el vuelco ni el colapso global de la estructura. Se deberán analizar dos situaciones alternativas:

Situación 1

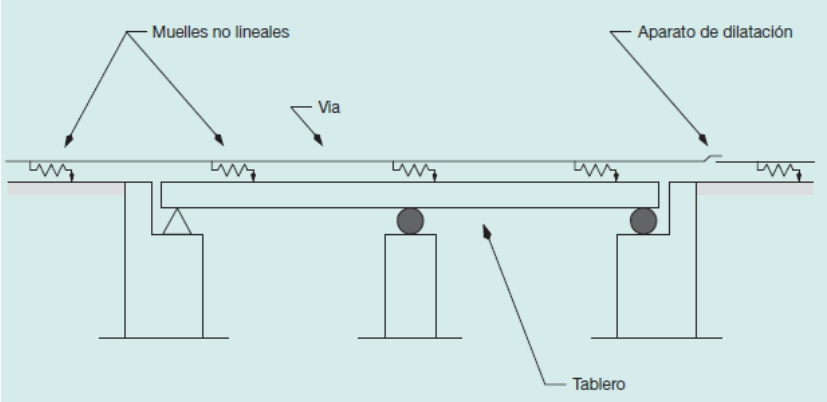


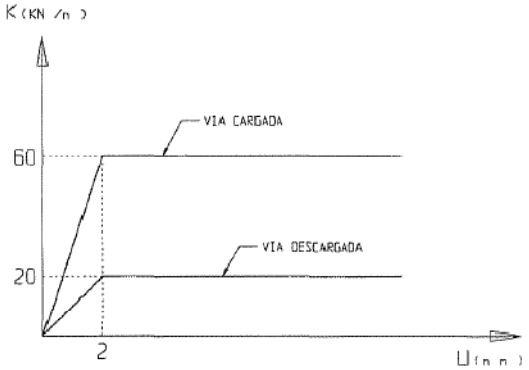
Situación 2



Interacción vía - tablero

Las acciones longitudinales que se aplican sobre los rieles (aceleración o frenado) y las diferencias de deformación entre rieles y tablero (ΔT, flexión de tablero, fluencia y retracción) producen transferencias de carga entre rieles y tablero a través de la estructura soporte de la vía. Estas transferencias afectan a las solicitaciones del riel y del tablero así como las reacciones de los apoyos.





Ley k=f(u) para balasto

La interacción vía-tablero se analizará mediante modelos numéricos que permitan obtener, para las distintas acciones consideradas, la distribución de esfuerzos y los movimientos entre los elementos de la estructura y la vía. El comportamiento del modelo dependerá de la resistencia al movimiento relativo entre riel y tablero y de la rigidez de los elementos de la estructura.

Interacción vía - tablero

Estudio de caso: Deformación impuesta ΔT

En el análisis de la interacción entre vía y tablero se considerarán las siguientes variaciones de temperatura respecto a la temperatura de colocación del riel.

- Variación máxima de la temperatura uniforme anual del tablero de ± 35 °C.
- Variación máxima de la temperatura de los rieles de ± 50 °C.
- Variación máxima de la temperatura de los rieles respecto a la de la estructura de ± 20 °C.

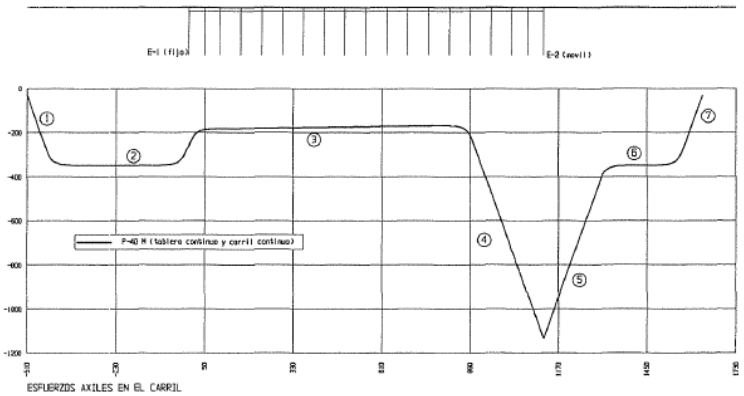
Situaciones a analizar con Estribo 1 (E1) fijo y Estribo 2 (E2) libre:

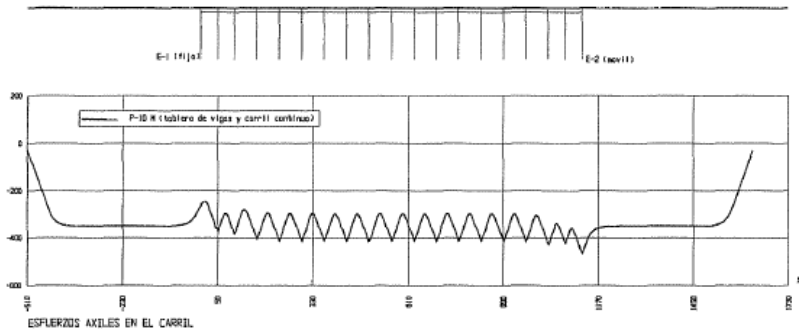
A. Riel continuo sin juntas de dilatación y tablero continuo.
B. Riel continuo sin juntas de dilatación y tablero isostático.
C. Riel continuo con junta de dilatación en E2 y tablero continuo.
D. Riel continuo con junta de dilatación en E1 y E2 y tablero continuo.

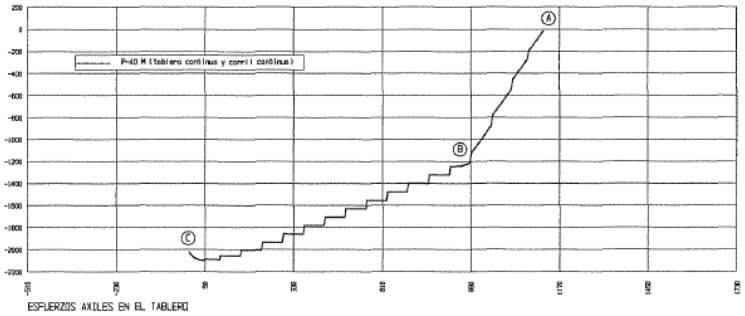
Se considerará un ΔT en tablero de +35°C y en los rieles de +50°C.

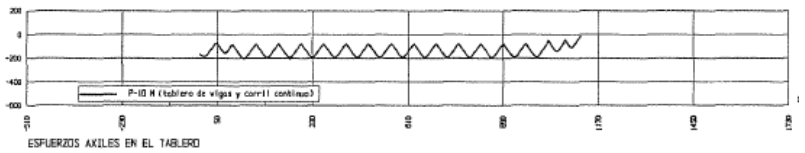
Interacción vía - tablero

Estudio de caso: Deformación impuesta ΔT









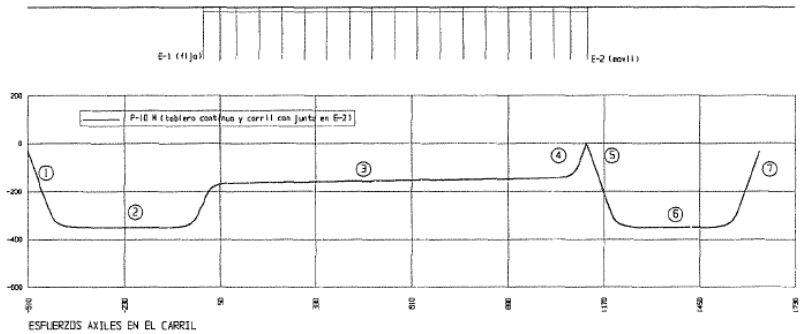
SITUACIÓN A

SITUACIÓN B

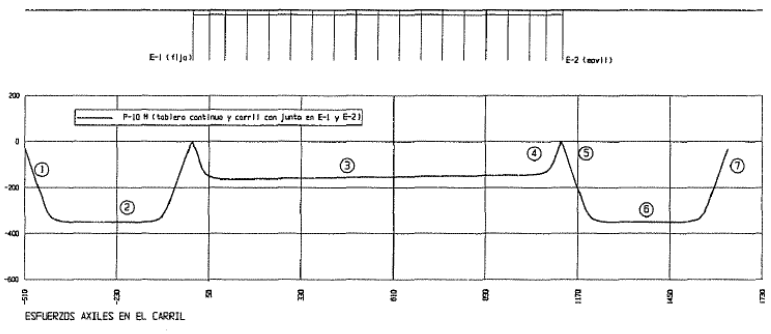
¿QUÉ DIFERENCIAS HAY ENTRE AMBAS SITUACIONES?

Interacción vía - tablero

Estudio de caso: Deformación impuesta ΔT



SITUACIÓN C



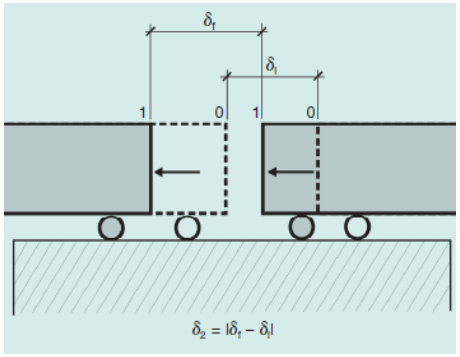
SITUACIÓN D

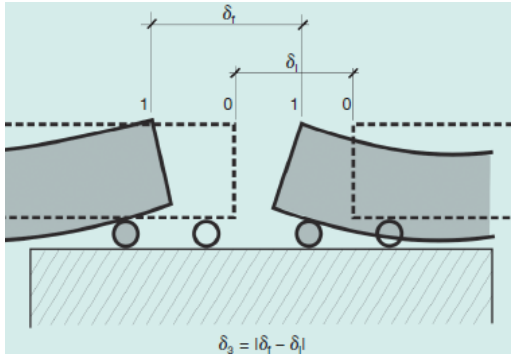
¿QUÉ CONCLUSIONES PUEDE EXTRAER?

Interacción vía - tablero

Comprobaciones exigidas

- Las tensiones adicionales máximas en los rieles UIC60 debidas a la interacción vía-tablero por las acciones de temperatura y las sobrecargas de uso, se limitan a 72 MPa en compresión y a 92 MPa en tracción.
- El desplazamiento máximo relativo (δ_1) entre el riel y el tablero o la plataforma del estribo, debido a las acciones de frenado, será de 4 mm.
- En las juntas del tablero, el desplazamiento máximo longitudinal relativo entre los dos bordes de la junta (δ_2), debido al frenado, será 5 mm si el riel es continuo en las proximidades de la junta o 30 mm, si existe aparato de dilatación en la vía o ésta tiene riel con juntas.
- En las juntas del tablero con riel continuo, el desplazamiento máximo relativo entre los dos bordes de la junta en la cara superior del tablero (δ_3), debido a las flexiones por las cargas verticales así como las de frenado, será de 8 mm.





Interacción vía - tablero

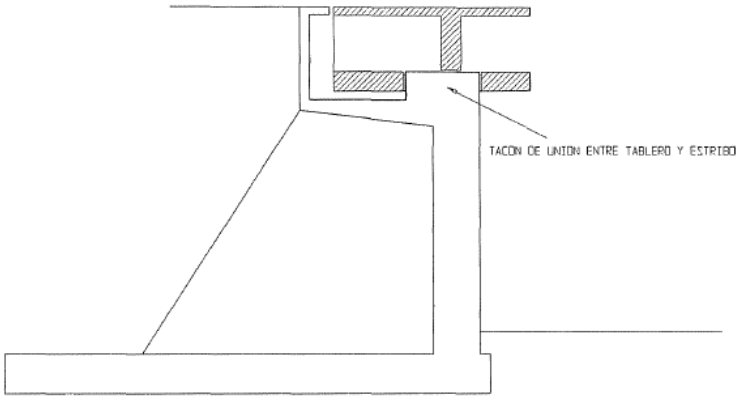
Como regla general, para riel soldado sin aparatos de dilatación, la longitud de dilatación no excederá de 60 m en el caso de puentes metálicos con vía sobre balasto, ni de 90 m en el caso de puentes de hormigón o mixtos con vía sobre balasto. Estos límites podrán excederse siempre que se cumplan todos los requisitos especificados en la norma.

Se recomienda evitar los aparatos de dilatación de vía, pero será necesario introducirlos si se sobrepasan los límites de tensiones, desplazamientos o giros fijados normativamente, o si la variación media diaria de la longitud de dilatación del tablero es superior a 13 mm. Para llevar a cabo esta comprobación se supondrá que la variación diaria de la temperatura media en tableros de hormigón es de 5 °C.

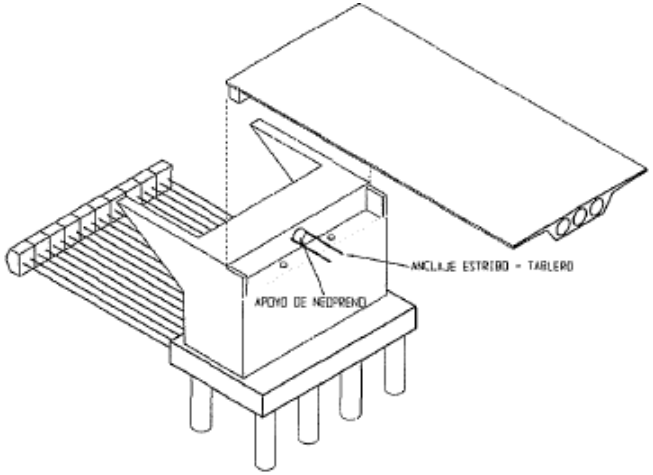
Estribos de puentes ferroviarios

Los estribos de los puentes de ferrocarril son de gran importancia dado que, frecuentemente, se recoge en ellos la fuerza de frenado.

El estribo fijo es objeto de consideración especial dado que las cargas de frenado y arranque, más el conjunto de acciones que se acumulan para equilibrar las cargas producidas en las pilas como consecuencia de las deformaciones de temperatura, fluencia y retracción del dintel producen acciones horizontales enormes que el estribo debe equilibrar.



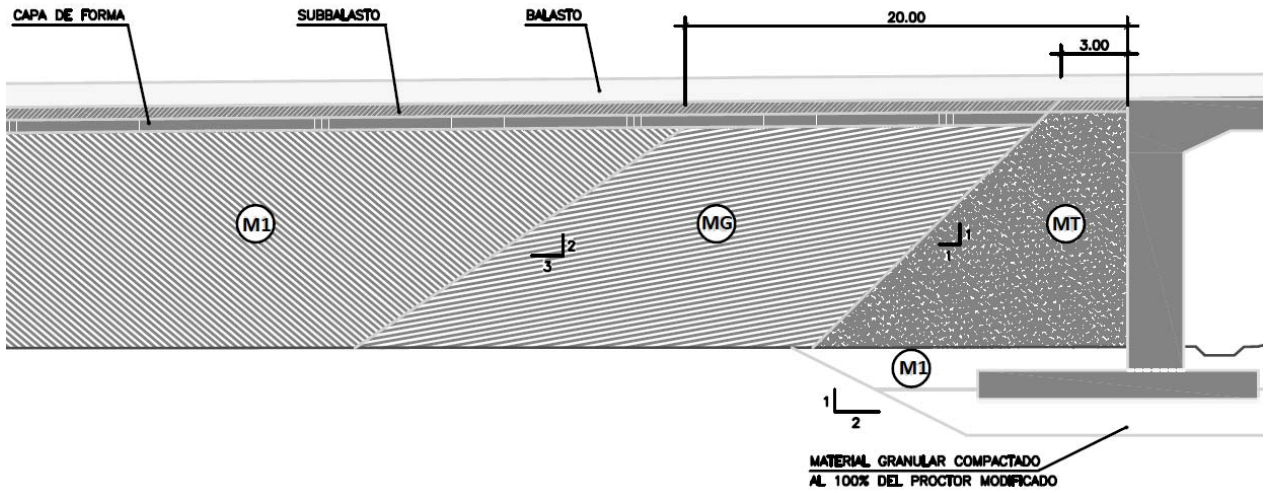
CIMENTACIÓN DIRECTA



CIMENTACIÓN INDIRECTA

Accesos a puentes ferroviarios

La necesidad de evitar una transmisión brusca en la rigidez de la plataforma en que se apoyan las vías hacen necesario disponer a la salida de los tableros unas cuñas de suelo cemento en el trasdós de los estribos. Estas cuñas tienen una longitud considerable y están resueltas de forma de lograr que la rigidez tenga una variación continua entre la del tablero y la del terraplén dispuesto a la salida o entrada de la estructura.



M1: Relleno general.
MG: Material granular.
MT: Material granular mezclado con cemento.

Puentes ferroviarios en Uruguay

Puente ferroviario sobre el río Yí en Durazno.

Viaducto ferroviario sobre la calle Bulevar José Batlle y Ordoñez en Montevideo.

Puentes ferroviarios en Uruguay

Puente ferroviario sobre el río Santa Lucía en la localidad de 25 de Agosto en Florida.

Puente ferroviario sobre el río Negro en Paso de los Toros.

Puentes ferroviarios en Uruguay

Puente ferroviario sobre el río Cuareim en Artigas.

¿QUÉ OPINIÓN MERECE EL ESTADO DE ESTOS PUENTES?

Puente ferroviario sobre el arroyo Maciel en Durazno.

Puentes ferroviarios en Uruguay

Nuevo Ferrocarril Central

VER VIDEO

Bibliografía

- Norma para cálculo de puentes ferroviarios de hormigón y metálicos de AFE.
- Norma IAPF. Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de ferrocarril.
- Reglamento argentino para el proyecto y construcción de puentes ferroviarios.
- Puentes – Apuntes para su diseño, cálculo y construcción. Primera Edición. Javier Manterola.
- Material de Máster en Gestión y Operación de Infraestructuras Civiles – Universidad Politécnica de Cataluña. Tema: Ejecución de puentes: Tipología de los elementos. Año 2020.