

Estructuras Ferroviarias I

Ingeniería Ferroviaria

Trabajo Practico Integrador

Puente Ferroviario de viga simple

Profesor: ING. Fabián Pergola

JTP: ING. Agustín Sirolli

Alumnos: Uriel Alejandro Ghilardi, Carlomagno Ezequiel

Ciclo lectivo: 2020

Índice

| | |
|--|----|
| Introducción | 3 |
| Fundamentos | 3 |
| Características | 3 |
| Objetivo | 3 |
| Imágenes de Referencia | 4 |
| Modelo | 5 |
| Hipótesis de carga | 6 |
| Fuerzas principales | 6 |
| Carga permanente..... | 6 |
| Análisis de los esfuerzos que debe soportar los apoyos y el puente en SI | 7 |
| Estructura | 7 |
| Reacciones de los apoyos..... | 8 |
| Esfuerzos a los que está solicitado el puente..... | 8 |
| Corte..... | 8 |
| Momento flector | 9 |
| Puente cargado | 10 |
| Carga Móvil | 10 |
| Estructura (cargada) | 10 |
| Reacciones de los apoyos..... | 11 |
| Nuevos esfuerzos de sollicitación | 11 |
| Corte..... | 11 |
| Momento flector | 12 |
| Impacto | 13 |
| Presión de la tierra sobre los estribos..... | 13 |
| Fuerzas adicionales | 13 |
| Acción del viento | 13 |
| Fuerza de frenado | 14 |
| Choques laterales..... | 15 |
| Sobrecargas especiales | 15 |
| Lo que se debe evitar en estas estructuras..... | 15 |
| Cambio abrupto de sección..... | 15 |
| Conclusiones | 19 |
| Bibliografía | 19 |

Introducción

Fundamentos

Los puentes ferroviarios son estructuras específicas que requieren profundo conocimiento no solo sobre estas mismas sino también sobre las operaciones y estándares de seguridad.

En muchos casos, las construcciones más “simples” son las indicadas para situaciones complejas, logrando así satisfacer la razón de su construcción y reducir el costo y la duración de la obra.

Debido a lo anteriormente mencionado, este informe se centrará en el puente ferroviario de viga simple.

Características

Un puente de viga simple es aquel cuya luz es soportada por vigas. La viga se encuentra apoyada sobre dos pilares o pilotes, uno fijo y uno móvil.

La obra cuenta con un apoyo fijo y uno móvil de forma preventiva, ya que el material puede expandirse y contraerse con los cambios de temperatura y, además, permite que la estructura sea isostática.

En cuanto a su composición, encontramos: madera, acero, hormigón pretensado y hormigón postensado.

Se considera el hormigón como material preferente para la construcción de estructuras ferroviarias debido a su bajo mantenimiento durante su vida útil.

En algunos casos puede ser necesario el reticulado en el puente de viga simple, dependiendo esto de las condiciones del terreno y el capital a invertir.

Objetivo

El objetivo del informe es determinar las reacciones de vínculo sobre los apoyos de un puente de viga simple tomando 2 momentos significativos:

- Puente descargado
- Puente Cargado con carga tipo, (Locomotora+ un vagón de carga)
- Otros tipo de cargas a tener en cuenta

Imágenes de Referencia



Viaducto del Malleco, Chile

El viaducto del Malleco cuenta con 347,5 metros de longitud. Posee 4 pilares y está construido en Acero.



Viaducto La Polvorilla, Argentina

Este último puente, también cuenta con vigas de acero. Cuenta con 223,5 metros de longitud y 63 metros de altura respecto al suelo. En este caso tenemos 6 pilares (o pilotes) de acero sobre basamento de piedra.

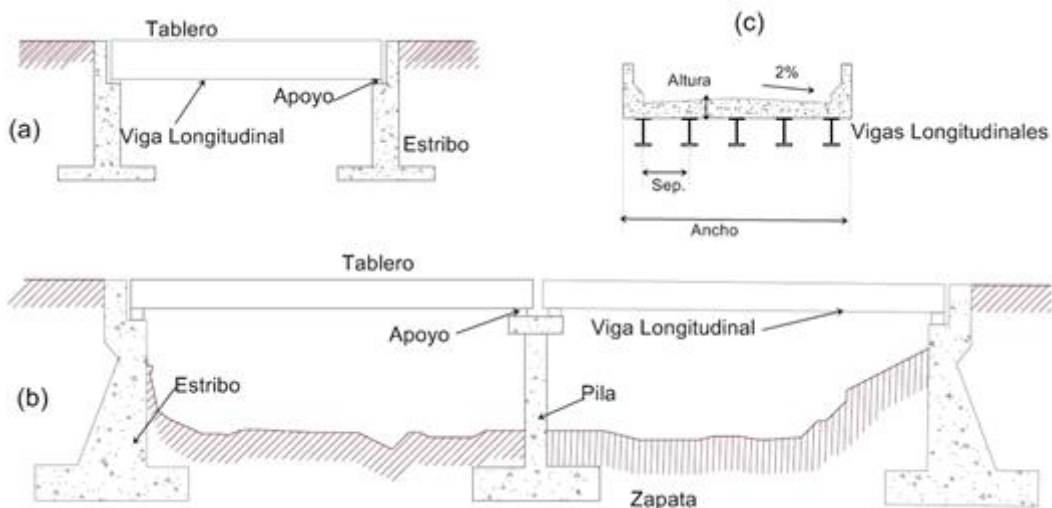


Apoyos móviles de dos puentes distintos, Argentina

De izquierda a derecha tenemos el apoyo móvil del puente perteneciente al ferrocarril General Belgrano y el apoyo móvil del puente perteneciente al ferrocarril General San.

Modelo

Tomaremos como modelo de puente ferroviario simplemente apoyado (a).



Para realizar los diagramas de carga nos basaremos en el "REGLAMENTO ARGENTINO PARA EL PROYECTO Y CONSTRUCCION DE PUENTES FERROVIARIOS DE ACERO REMACHADO". Capitulo C.

Hipótesis de carga

Tendremos 3 tipos de fuerzas la cual analizar, estas serán:

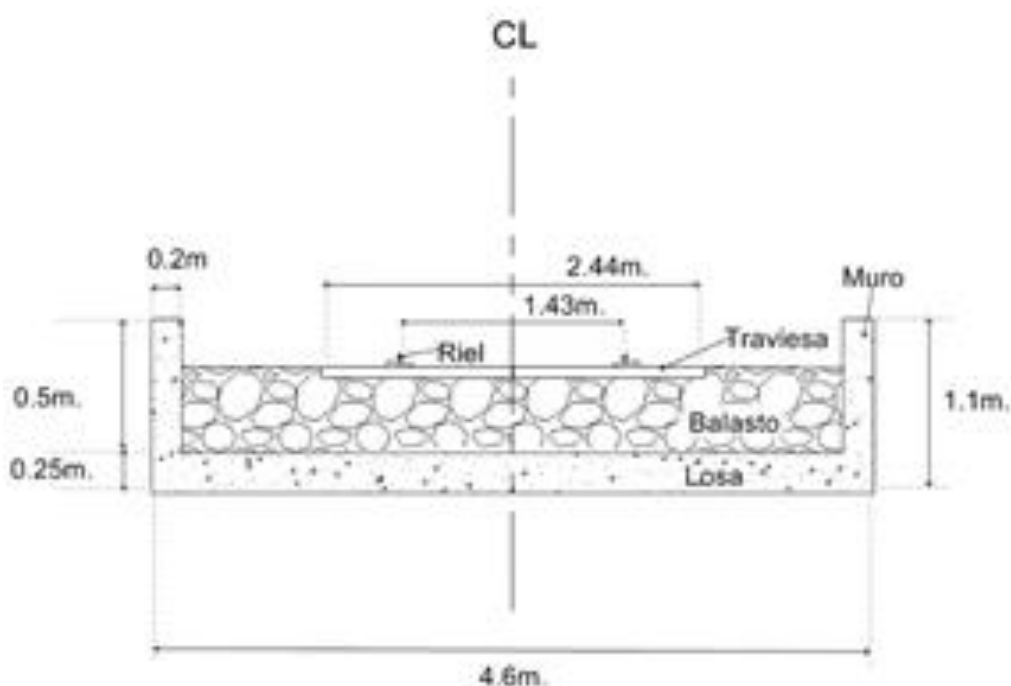
- Fuerzas principales
- Fuerzas adicionales
- Sobrecargas especiales

Fuerzas principales

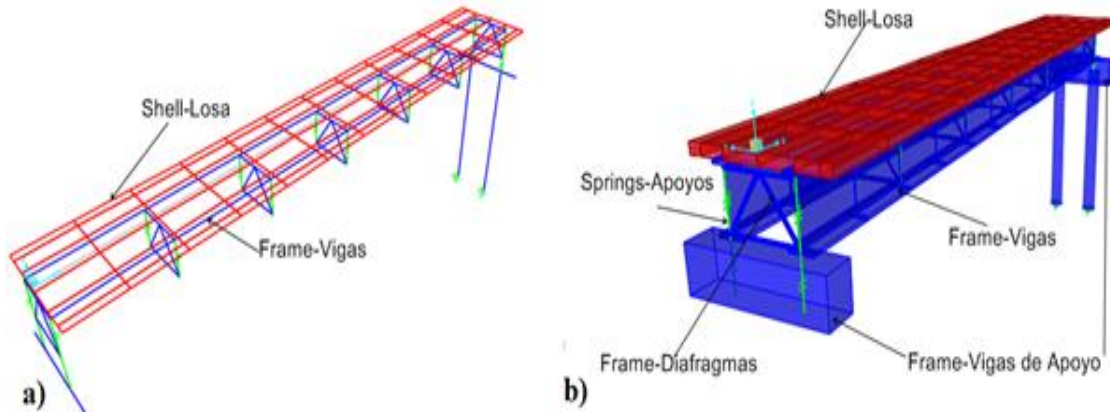
Carga permanente

La carga permanente, que esta uniformemente repartida, se compone del peso de la superestructura propia del puente (vigas principales, viguetas, largueros, bastidor del tablero, arrostamientos, refuerzos transversales y vigas de las veredas) y el peso del tablero conformado por los rieles, durmientes, contraríeles, balasto, entablonado, etc.)

En cuanto a lo que respecta a la conformación del perfil de vía, tomaremos de modelo un tablero cerrado para el cual tenemos en la siguiente figura la sección transversal típica de un perfil de viga simple de estas características.



El modelado del puente será de la siguiente manera: Las vigas longitudinales se modelan como elementos tipo *frame*, al igual que las vigas de apoyo y los diafragmas. Por su parte, la losa se modela como elemento *Shell*.



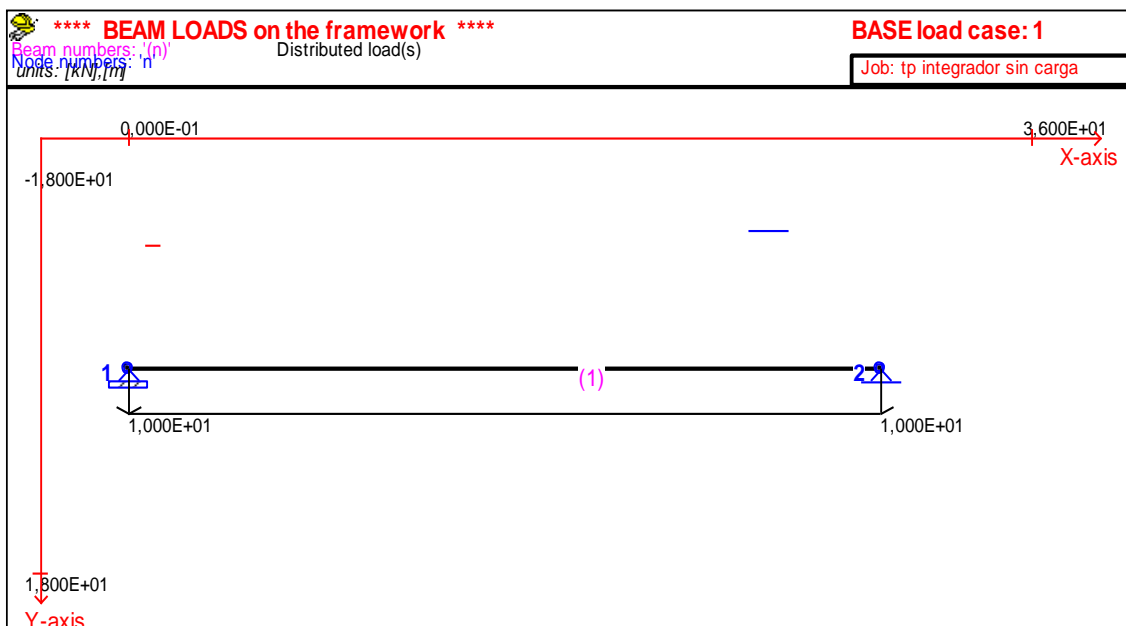
En la figura (a) se ve la estructura inalámbrica del puente y en la (b) la estructura extruida del mismo.

Análisis de los esfuerzos que debe soportar los apoyos y el puente en SI
 Tomaremos como ejemplo un puente recto 30 mts de largo con apoyo fijo y uno simple para realizar los cálculos en el cual calcularemos los esfuerzos que debe soportar por su mismo peso.

Todo el tablero como ya hemos ejemplificado se tomará como una carga uniformemente repartida.

Con un peso (q_0) = $10 \frac{T}{m}$

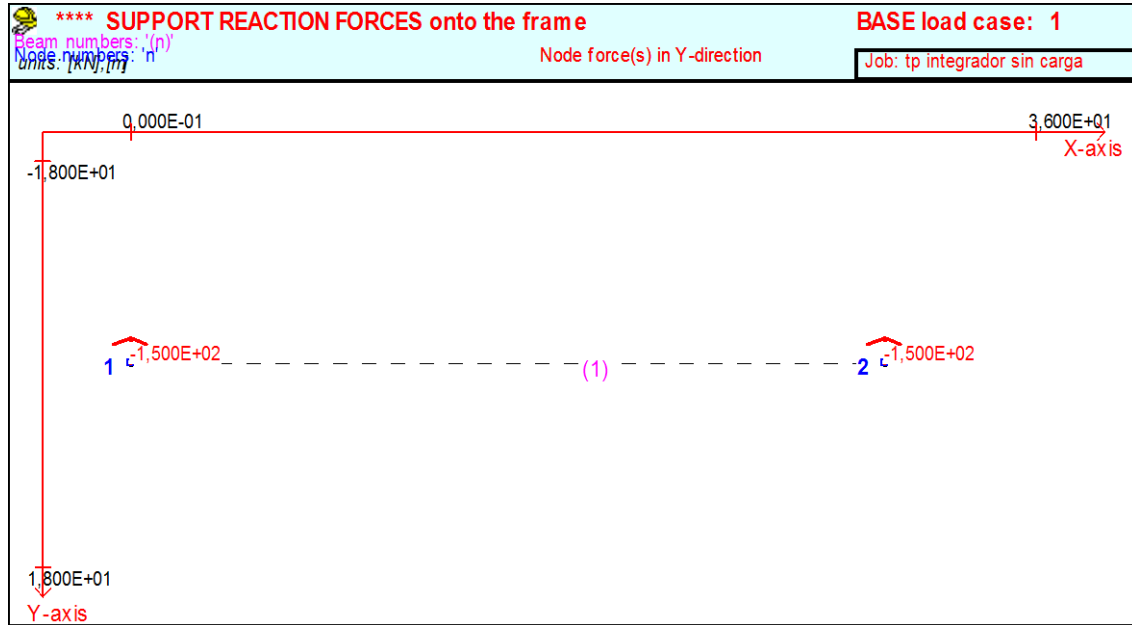
Estructura



Podemos ver que el puente se representa como una barra con apoyo fijo en la izquierda y un apoyo móvil del lado derecho, si bien como ya hemos analizado en clase, esta estructura es isostática y es cinemáticamente invariable el apoyo móvil, le permite al

puente tener pequeñas variaciones sobre el eje x, para cuando los materiales dilaten con la variación de temperatura.

Reacciones de los apoyos

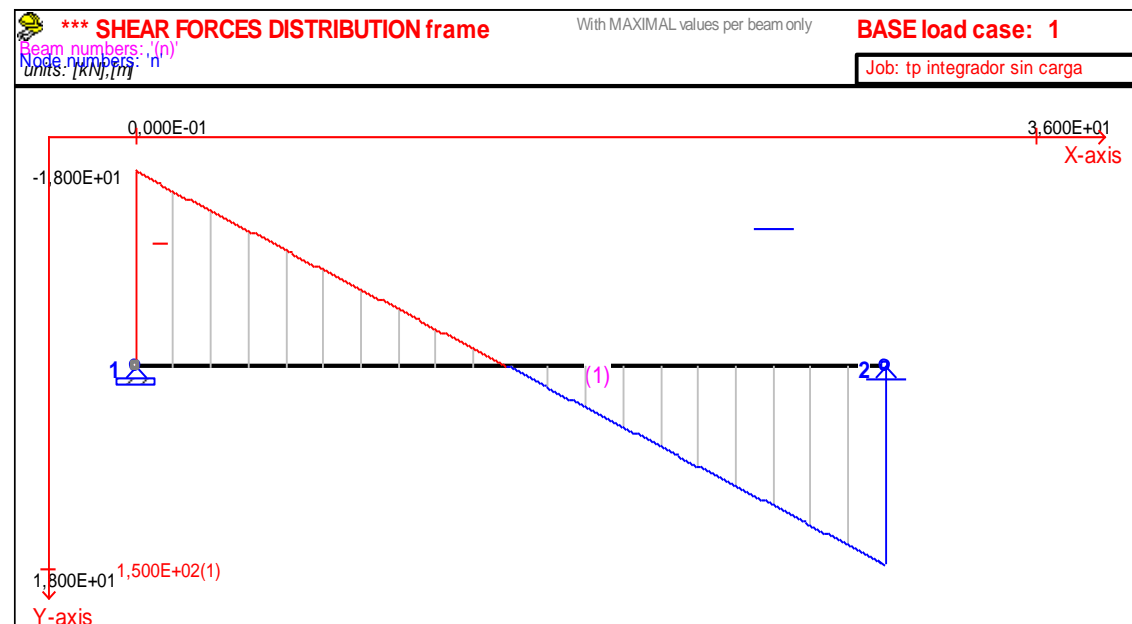


Como vemos los apoyos se reparten cada uno el peso del puente en sí.

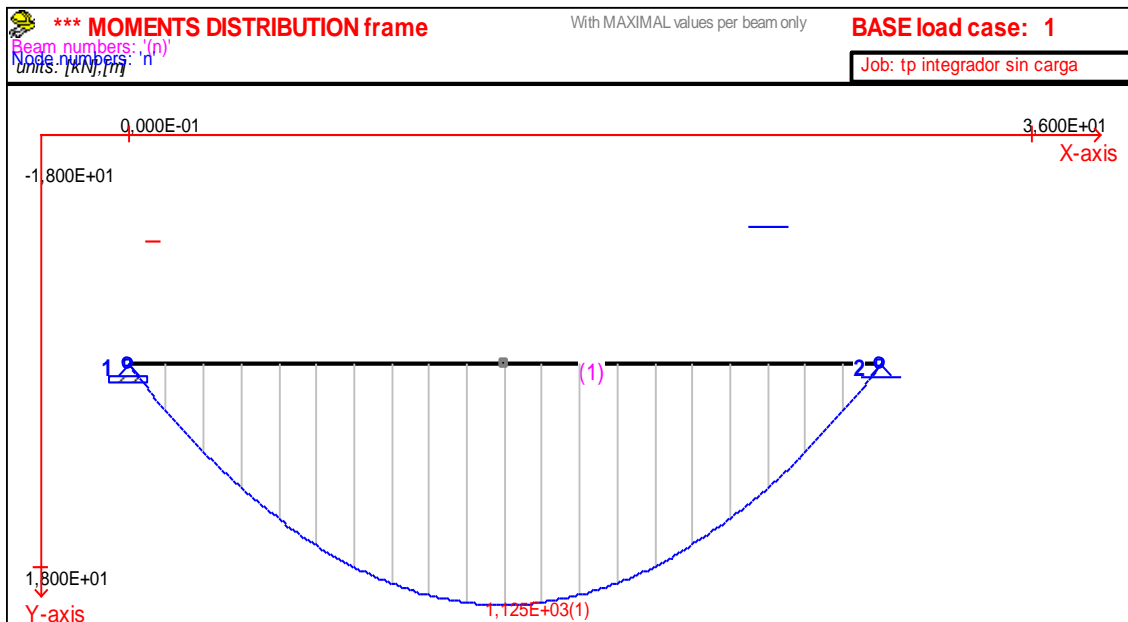
Esfuerzos a los que esta solicitado el puente

Como vemos ya que en la estructura de estudio no hay fuerzas en el eje "x", no tendremos esfuerzos normales.

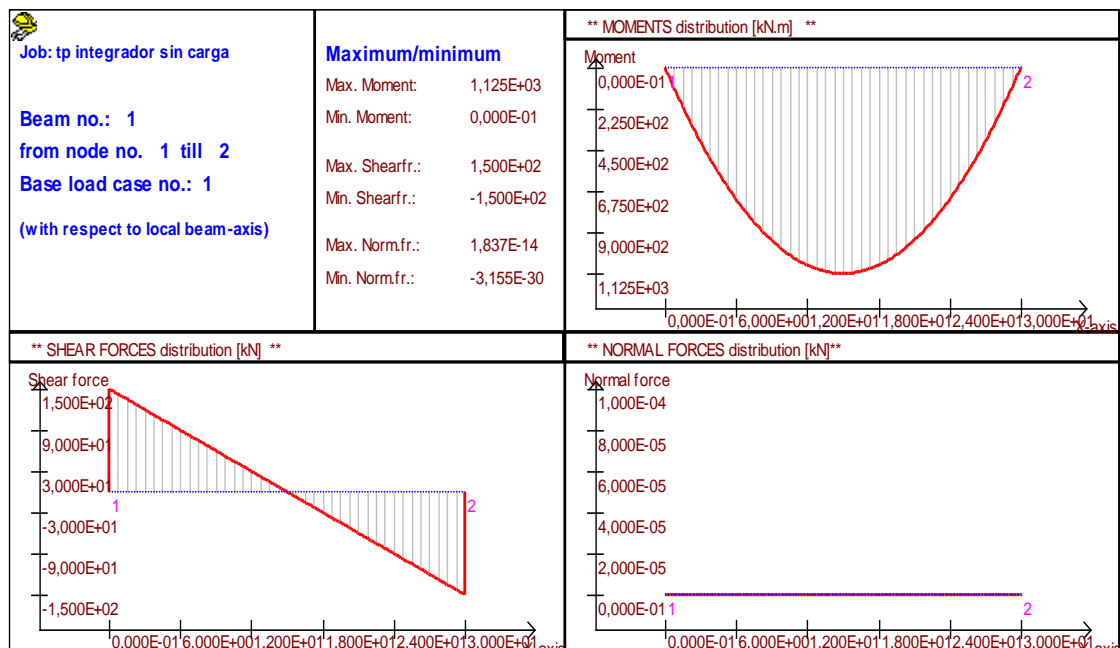
Corte



Momento flector



Como observamos el máximo momento se produce en la mitad del puente, el cual sería el punto crítico del mismo.

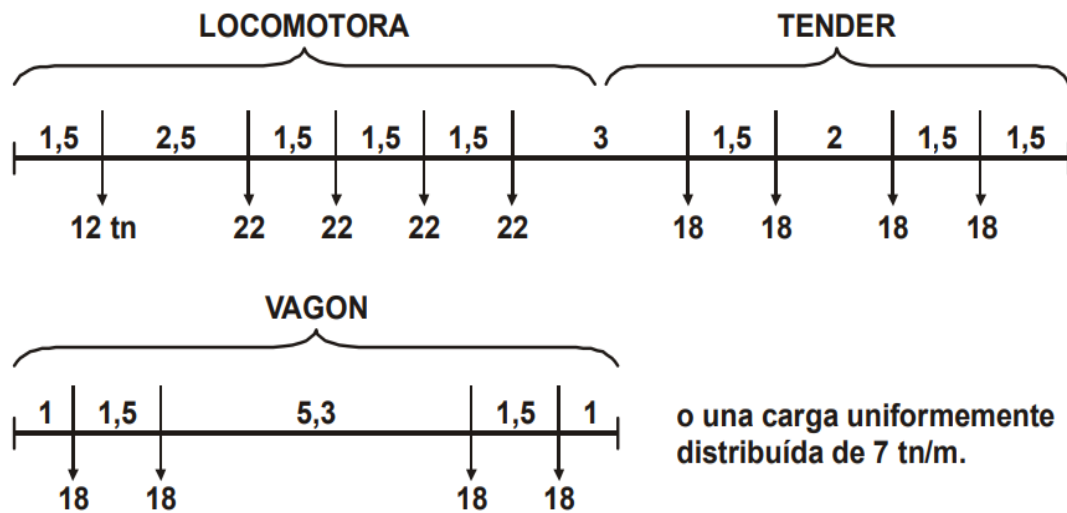


Como vemos en el resumen de los tres gráficos el máximo momento es de 1125 Km, para el cual las vigas tipo frame deben ser de unas dimensiones que soporten ese momento como mínimo, ya que este cálculo es para el puente descargado.

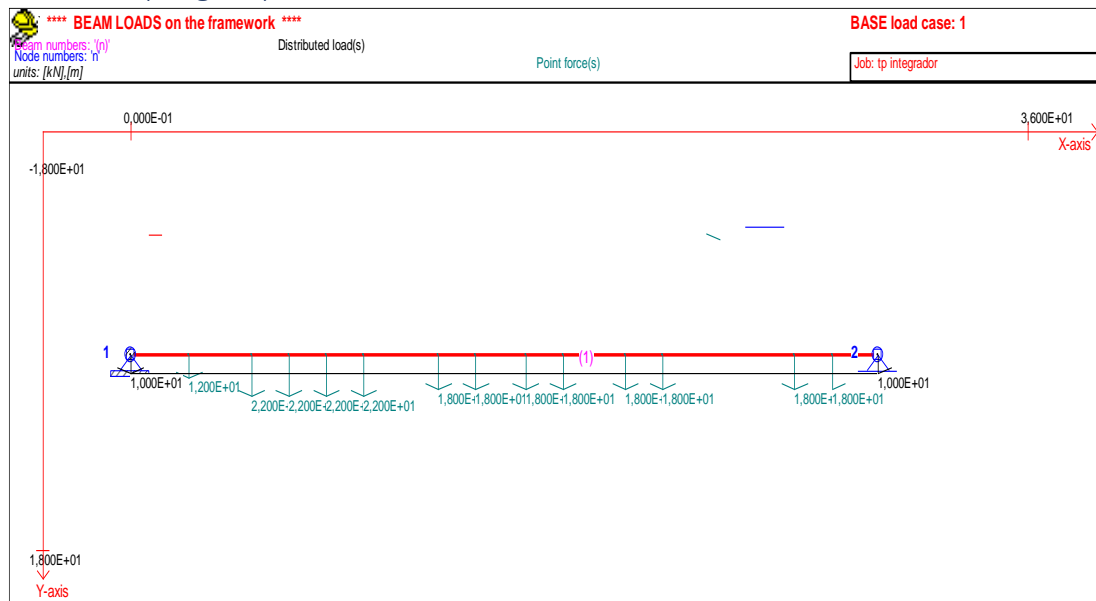
Puente cargado

Carga Móvil

Según el reglamento en el cual se basó el cálculo, este realizo con el siguiente tipo de carga:

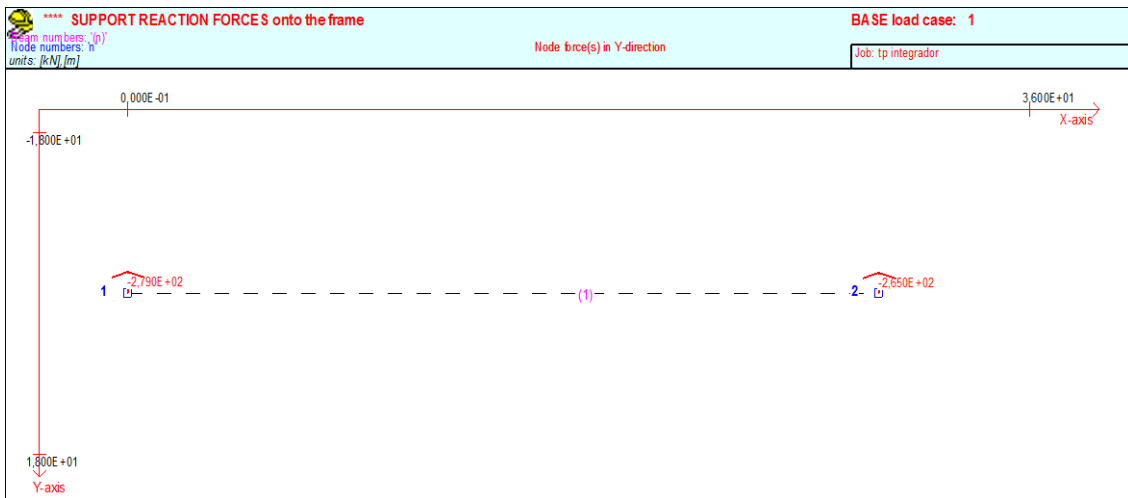


Estructura (cargada)



Se puede ver que ahora no solo tendrá la carga uniformemente distribuida de su propio peso ya calculado, sino que ahora se le sumará las cargas puntuales ejercida por las llantas de la locomotora+ el tender+ un vagón de carga en el medio de la estructura.

Reacciones de los apoyos

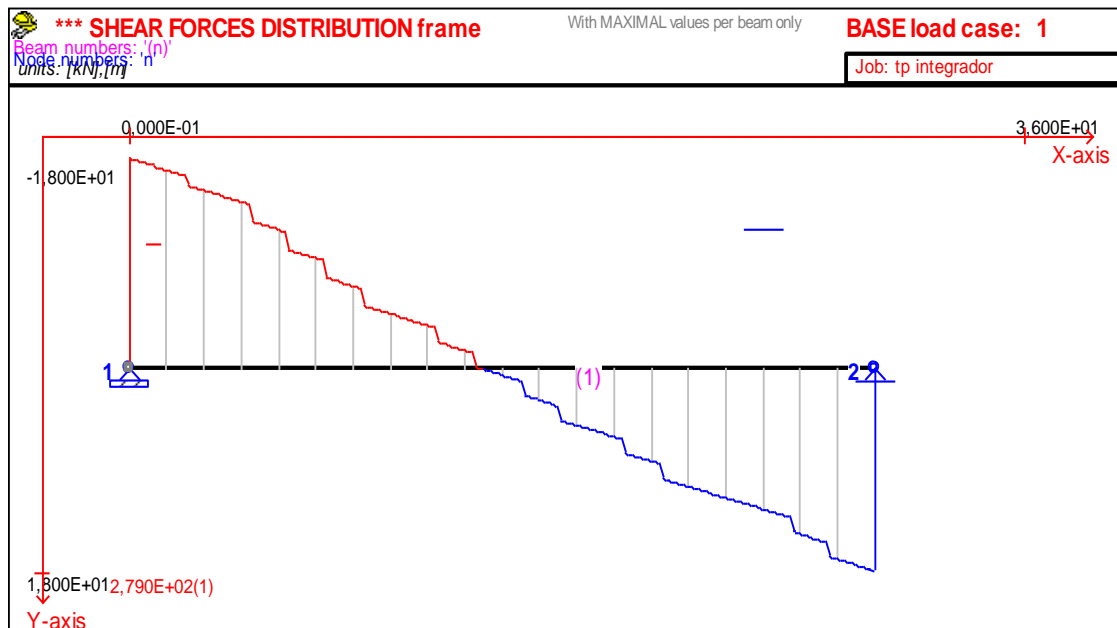


Bajo estas condiciones los apoyos sometidos a mayor fuerza.

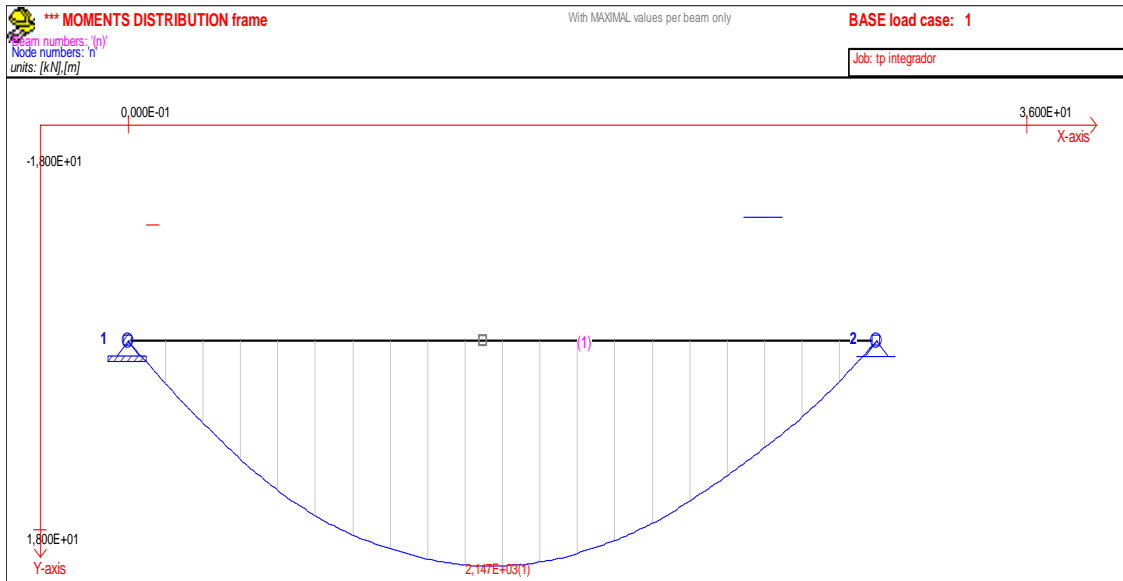
Nuevos esfuerzos de sollicitación

Como ya hemos dicho esfuerzos normales no tendrá este puente, pero los esfuerzos de corte y momento sufrirán modificaciones debido al peso del tren de prueba

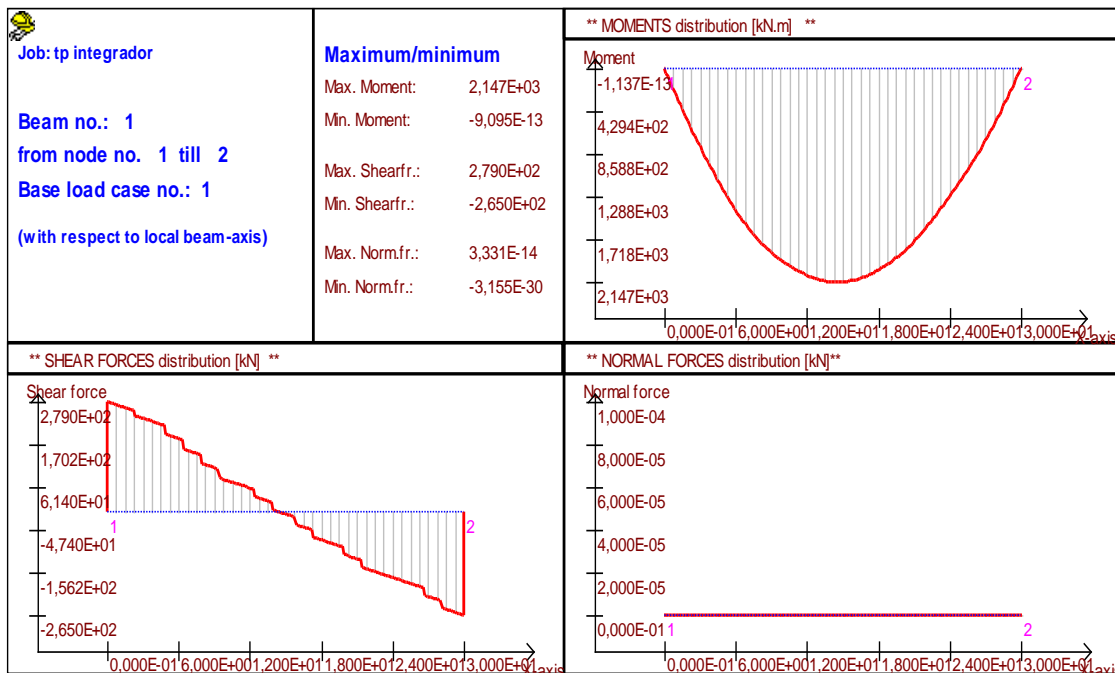
Corte



Momento flector



Como podemos observar en los gráficos en el corte el grafico se distorsiona debido a las cargas puntuales y en el momento también se ve una pequeña distorsión, pero menos evidente.



Según el resumen ahora el momento aumento su valor a 2147 kNm, de aquí se puede observar que las vigas tipo frame estarán sometidas a mayores esfuerzos. Tomando este nuevo valor como referencia para el dimensionamiento de las vigas.

Si bien estos esfuerzos son de los principales a los que estará sometido el puente, hay más sollicitaciones la cual lo mencionaremos.

Impacto

Se lo determina mediante un coeficiente el cual devendrá del efecto dinámico de las cargas en movimiento multiplicándolo por este coeficiente

Dependerá también de las luces de las vigas, del tipo de tablero, que en este caso es tablero cerrado y la velocidad el cual será uno de los factores que limitaran la velocidad de paso de los trenes sobre el puente.

El coeficiente de impacto a aplicar se tomará de la siguiente tabla:

TABLA DE COEFICIENTES DE IMPACTOS PARA VELOCIDADES $V \geq 50$ km/h

Para valores intermedios de l_p , el valor correspondiente es el más próximo.

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | l_p en m | 0,5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 | 14 |
| 2 | φ | 1,60 | 1,57 | 1,54 | 1,52 | 1,50 | 1,48 | 1,47 | 1,46 | 1,45 | 1,44 | 1,43 | 1,41 | 1,40 |
| 3 | l_p en m | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 60 |
| 4 | φ | 1,39 | 1,38 | 1,37 | 1,36 | 1,35 | 1,35 | 1,34 | 1,34 | 1,33 | 1,32 | 1,31 | 1,30 | 1,29 |
| 5 | l_p en m | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | | | | |
| 6 | φ | 1,27 | 1,26 | 1,25 | 1,24 | 1,23 | 1,22 | 1,21 | 1,21 | 1,20 | | | | |
| 7 | Con rieles apoyando directamente o mediante chapa de apoyo sobre las vigas principales, viguetas o largueros deberá aumentarse los valores de φ de la tabla en 0,10 | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Para tablero cerrado con capa de balasto $\geq 0,20$ bajo durmiente se tomará $\varphi = 1,3$. | | | | | | | | | | | | | |

Presión de la tierra sobre los estribos

Para el cálculo de empuje de la tierra sobre los estribos, se tendrá en cuenta el efecto de la carga móvil sin coeficiente de choque, la sobrecarga móvil se sustituirá por una carga

equivalente de tierra de altura "h" sobre el borde superior de los durmientes, y será la que corresponda.

Fuerzas adicionales

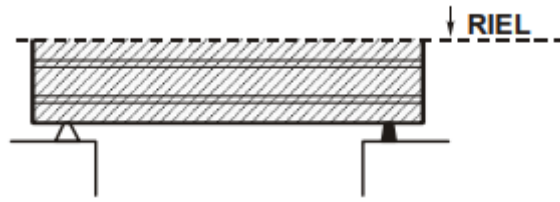
Acción del viento

La presión del viento se supondrá horizontal. En los puentes cargados, o parcialmente cargados, la presión del viento se calculará con 150 kg/m² y en los puentes descargados con 250 kg/m².

Las superficies de puente expuestas al viento se estimarán según las dimensiones reales de las partes constitutivas. Como superficies totalmente expuestas al viento deben considerarse:

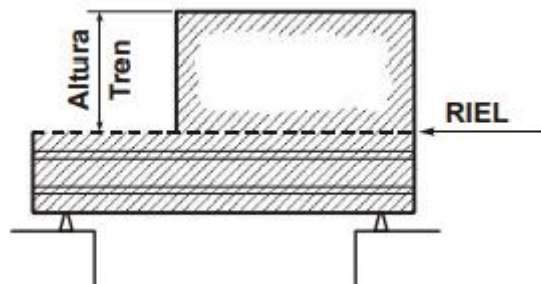
En puentes descargados

En puentes de alma llena, la viga principal anterior y la superficie del tablero que exceda de ésta

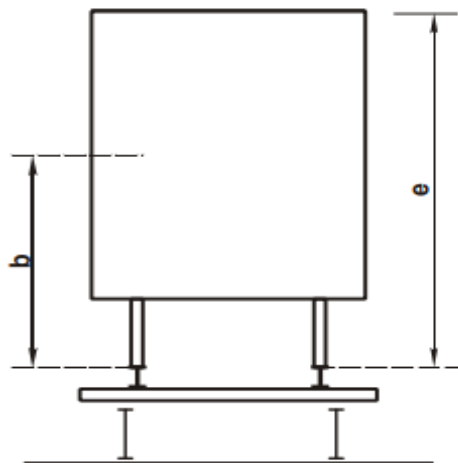


En puentes cargados

En los puentes de alma llena, la vía principal exterior y la superficie del tablero y de tren rodante que excedan de ésta



En nuestro caso de estudio, se tomará un rectángulo de altura "e" y se tomará distancia "b" del riel. Para trocha ancha de 1,676 m $e = 3,50$ m, $b = 2,25$ m



Fuerza de frenado

La fuerza de frenado actúa en la dirección del movimiento del tren a la altura del borde superior de los rieles, se tomará igual a 1/7 de toda carga rodante que se encuentre sobre el puente, en líneas de simple adherencia. Las fuerzas de frenado se introducirán en los cálculos sin coeficiente de impacto. Ellas se tomarán en cuenta para el cálculo de los arrostramientos destinados a absorberlas, de las barras de las vigas principales que transmiten esas fuerzas a los apoyos, de los apoyos y de los pilares y estribos, pero en cambio no intervendrán en el cálculo de largueros y viguetas

Choques laterales

A fin de tener en cuenta los choques laterales de las locomotoras, tanto en el cálculo de arriostamiento principal, situado junto al tablero, como en el arriostamiento entre largueros, en los arriostamientos transversales, en los pórticos terminales y en los apoyos, se tomará para cada riel además de las fuerzas debidas al viento, una fuerza horizontal dirigida perpendicularmente al eje de la vía, aplicada en el borde superior del riel, actuando en el lugar más desfavorable con una intensidad igual al 25% del peso del eje más pesado del tren tipo correspondiente, sin coeficiente de choque.

Sobrecargas especiales

Choques producidos por vehículos carreteros contra estructuras de apoyo En los pasajes inferiores de calles, las columnas o montantes de los pórticos, que ni por su situación, ni por sus disposiciones especiales, se encuentren resguardados contra el peligro de choques por los vehículos que transitan por las calles (el cordón de la acera no ofrece protección), se considerará una fuerza estática horizontal de 100 t. Esta fuerza se supondrá aplicada a 1,20 m arriba del borde superior de la acera o de la calzada, actuando una vez en la dirección del eje principal de inercia y luego en dirección del otro eje de la sección de la columna o montante. Esta fuerza de choque se considerará juntamente con las demás fuerzas principales y adicionales, excepto la presión del viento.

Lo que se debe evitar en estas estructuras

Una estructura puede estar bien diseñada, pero en el tiempo pueden surgir fallas si no se evitan ciertas situaciones la cual explicaremos seguidamente.

Cambio abrupto de sección

Un cambio abrupto en la sección sin tener una transición producirá una concentración de tensiones pudiendo provocar una fisura

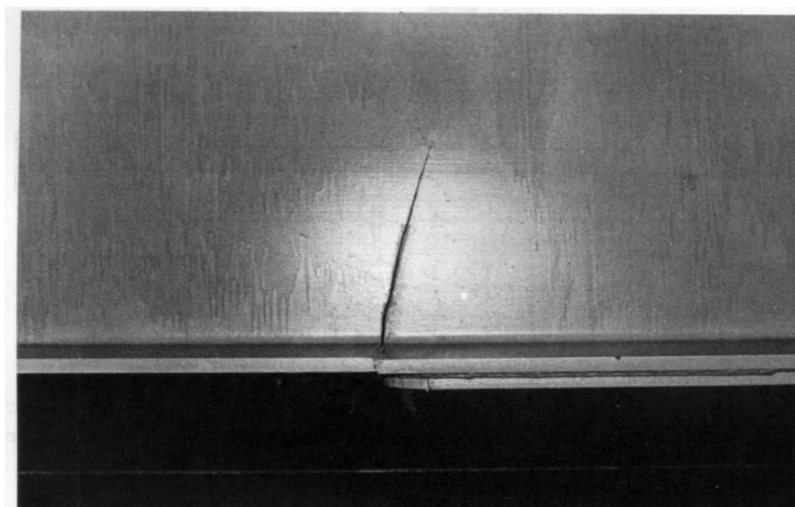


Figure 3.5 Cracked girder G4 in eastbound span 11 of Yellow Mill Pond Bridge (courtesy of Connecticut Department of Transportation).

Encuentro de barras con ausencia de chapa nodal, es necesaria una transición

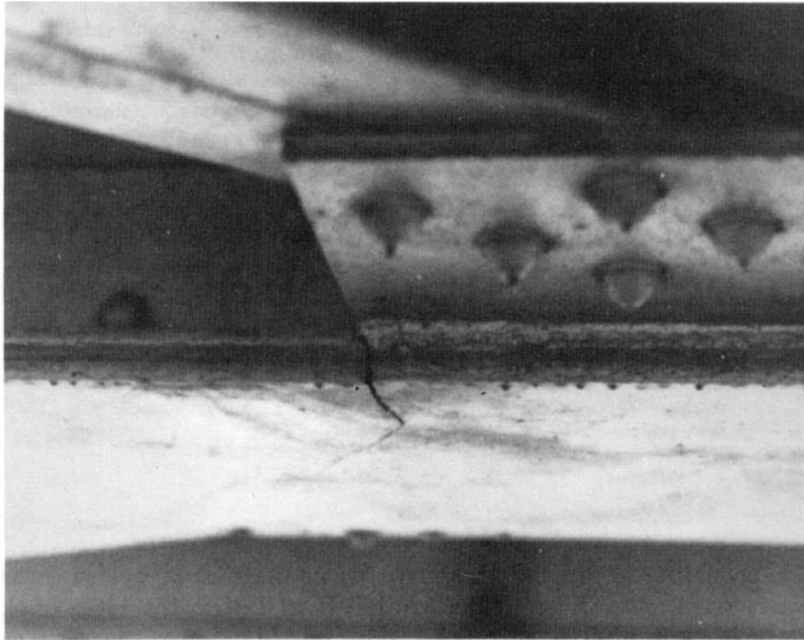
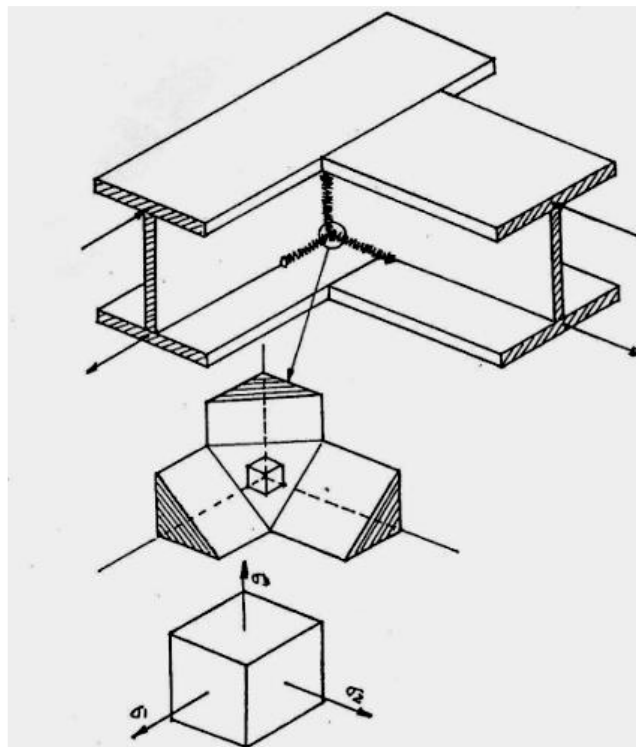
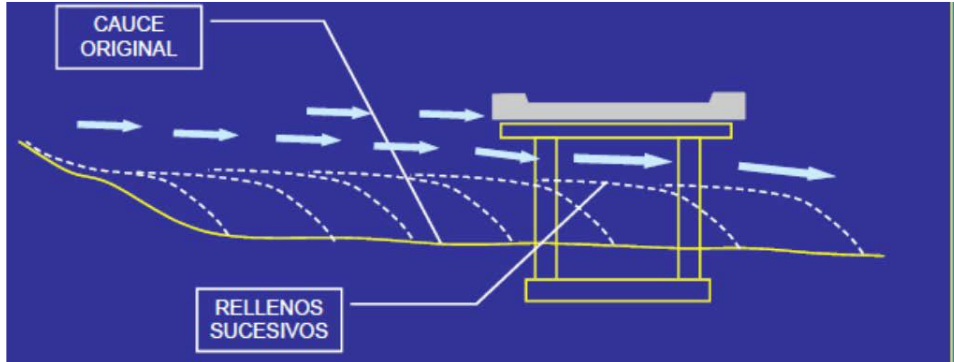


Figure 3.1 Crack at end of lateral connection plate (courtesy of Illinois Department of Transportation).

Los cruces de soldaduras son peligrosos porque puedo tener triple tracción



Otro aspecto para tener en cuenta es la socavación que produce la corriente de los ríos en los cimientos de los pilares del puente.



No tener en cuenta o no controlar los efectos del cauce del río, generara daños a la estructura.





Conclusiones

El diseño de un puente conlleva muchísimos factores para el cual hay tablas y formulas ya desarrolladas para realizar los cálculos de dimensionamiento de la estructura. Nosotros hicimos el estudio de una parte de las condiciones. En los gráficos realizados se puede ver como de acuerdo con la carga los apoyos reciben distinta intensidad de carga y el cual deben soportar, así igual las vigas principales del puente y además si bien la estructura no lleva mucho mantenimiento, se debe inspeccionar y tratar de evitar eventos que puedan deteriorar la estructura.

Bibliografía

“REGLAMENTO ARGENTINO PARA EL PROYECTO Y CONSTRUCCION DE PUENTES FERROVIARIOS DE ACERO REMACHADO”

“CÁLCULO Y DISEÑO DEL TRAMO DE UN PUENTE FERROCARRILERO DE SUPERESTRUCTURA METÁLICA EN EL VIGÍA, ESTADO MÉRIDA”
<https://www.redalyc.org/jatsRepo/5703/570362079006/html/index.html>

“PATOLOGÍAS, INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO DE PUENTES” Universidad Nacional de Lanús Departamento de Desarrollo Productivo y Tecnológico