



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena

# UNIDAD DIDÁCTICA VI. INTRODUCCIÓN A LOS PUENTES DE HORMIGÓN

## LECCIÓN 24

### CONCEPTOS GENERALES

DPTO. DE INGENIERÍA MINERA Y CIVIL  
ÁREA DE INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN  
Juan José JORQUERA LUCERGA



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena

# Índice

- 1. Introducción**
- 2. Definiciones y conceptos**
- 3. Condicionantes para el proyecto**



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena

# 1

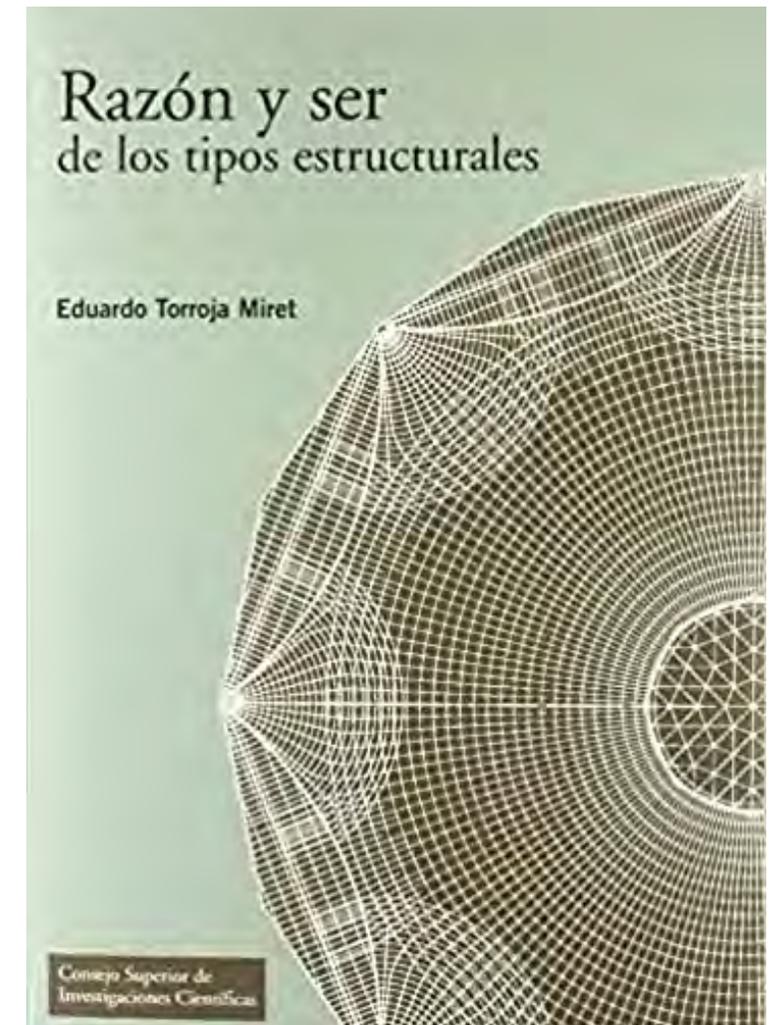
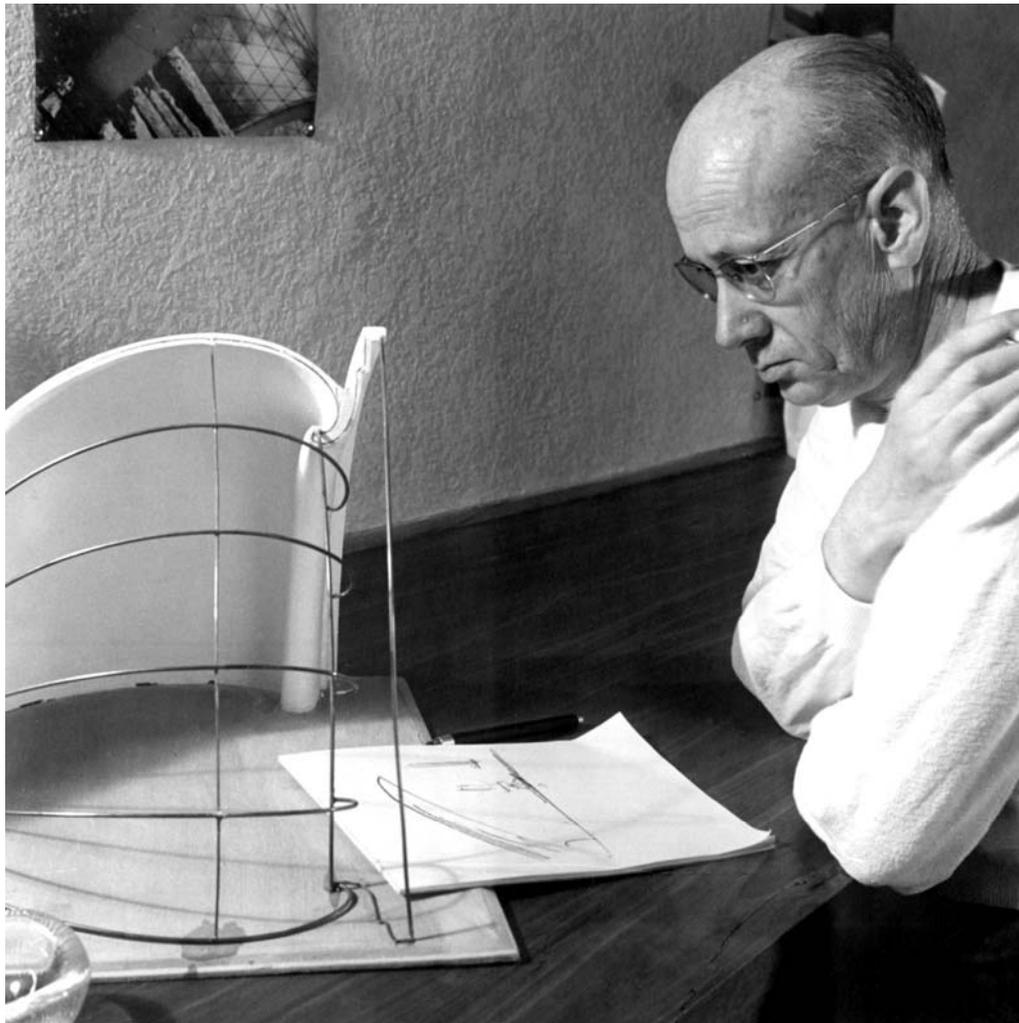
## Introducción



## CLASIFICACION DE ESTRUCTURAS SEGÚN LA FUNCIÓN

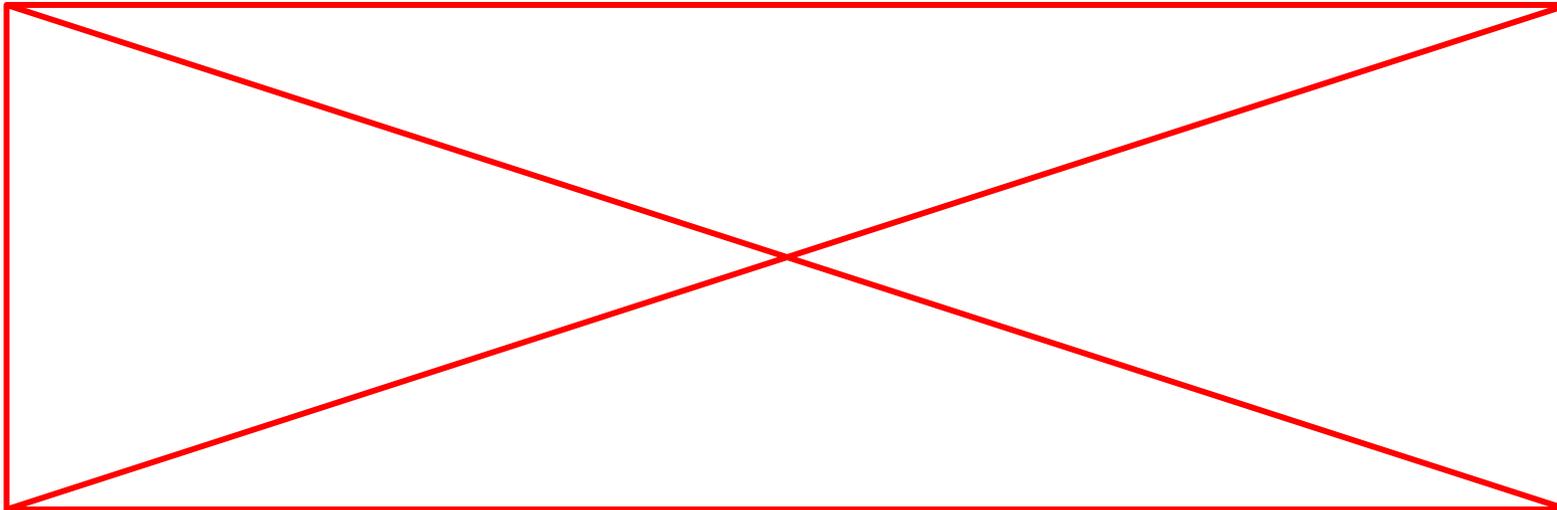
“Razón y ser de los tipos estructurales”

Eduardo Torroja (1899-1961)

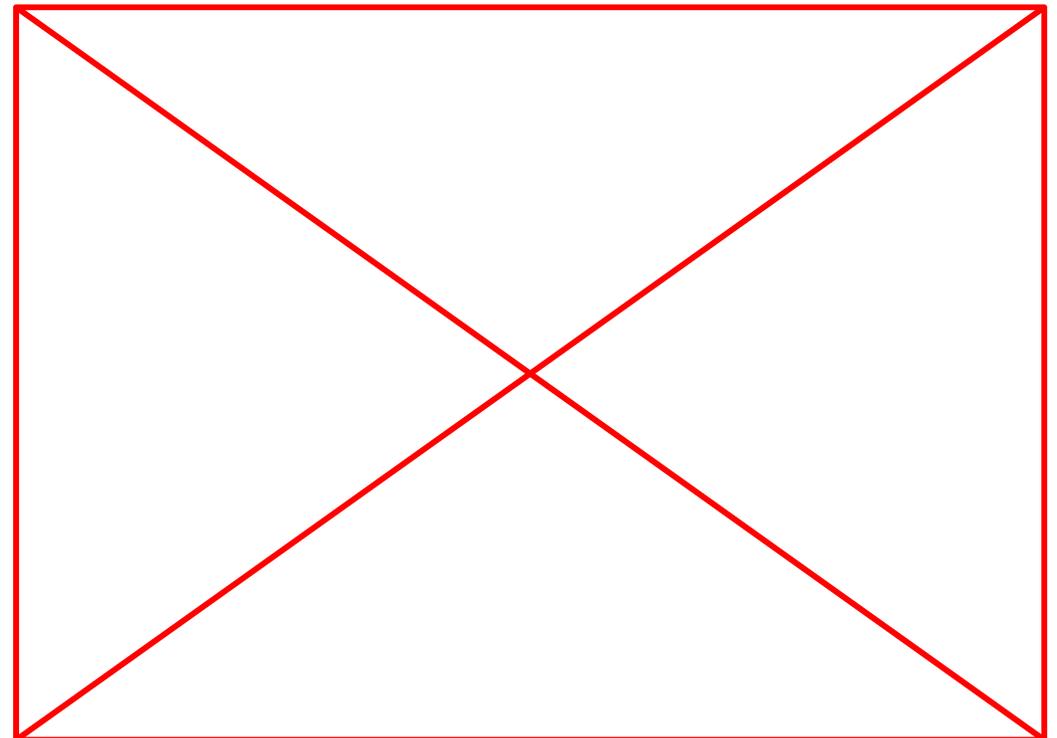




## CLASIFICACION DE ESTRUCTURAS SEGÚN LA FUNCIÓN



**Aislamiento /  
Cerramiento**



**Contención /  
Cargas horizontales**



# CLASIFICACION DE ESTRUCTURAS SEGÚN LA FUNCIÓN

## Cargas verticales



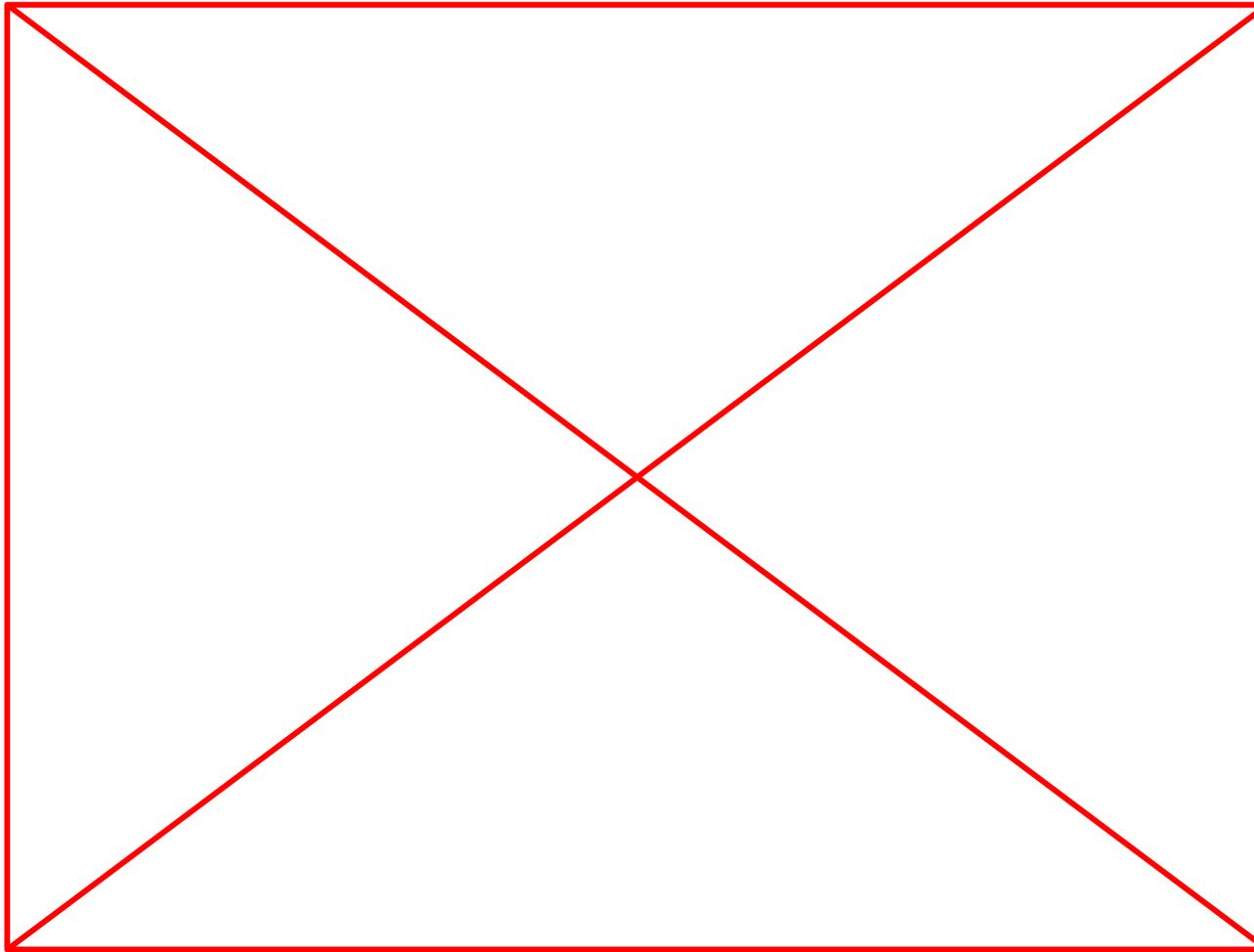
Viaducto del Tajo (FF. CC.). Prueba de Carga



# CLASIFICACION DE ESTRUCTURAS SEGÚN LA FUNCIÓN

## Cargas verticales

*“Artificio que recoge cargas (verticales) en sus puntos de aplicación y los lleva a la cimentación”.*



Forjado con chapa colaborante (incoperfil)



Farola



## CLASIFICACION DE ESTRUCTURAS SEGÚN LA FUNCIÓN

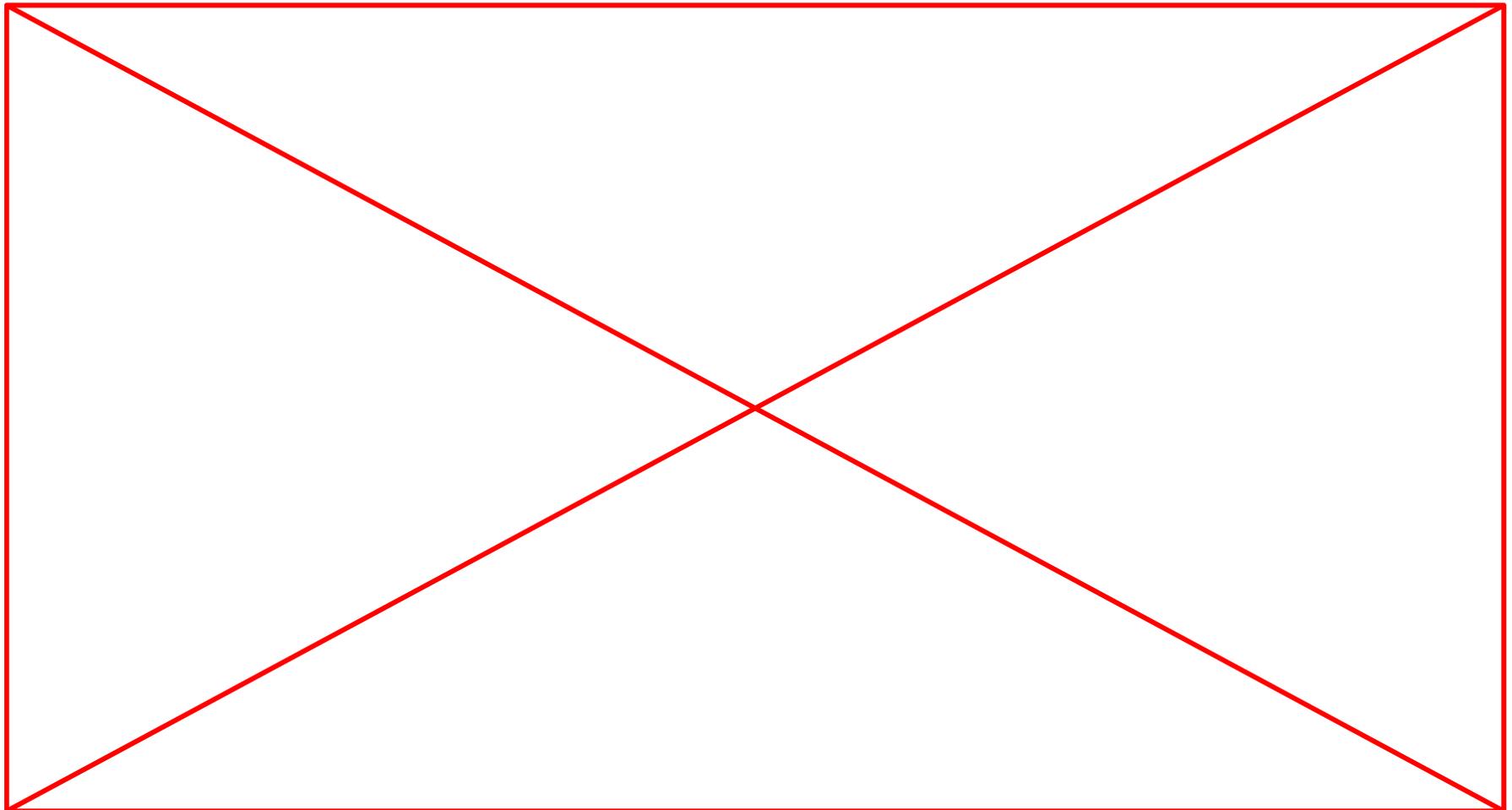
### Cargas verticales

*“Artificio que recoge cargas (verticales) en sus puntos de aplicación y los lleva a la cimentación”.*

**PUNTES  
VIADUCTOS**

**Acción vertical principal:**

**CARRETERA**



Puente del Centenario. Sevilla.



## CLASIFICACION DE ESTRUCTURAS SEGÚN LA FUNCIÓN

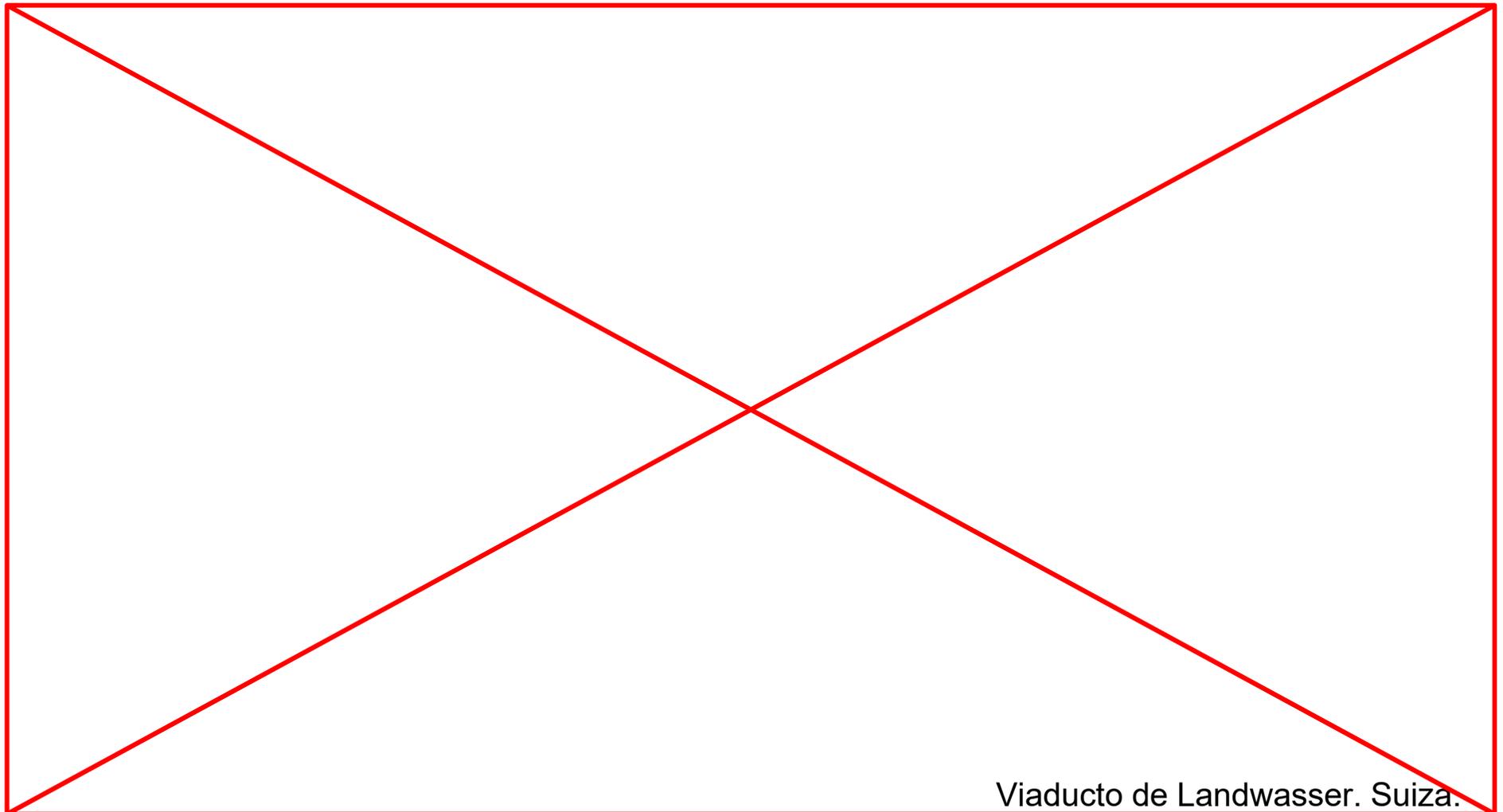
### Cargas verticales

*“Artificio que recoge cargas (verticales) en sus puntos de aplicación y los lleva a la cimentación”.*

**Acción vertical principal:**

**FERROCARRIL**

**PUENTES  
VIADUCTOS**



Viaducto de Landwasser. Suiza.



## CLASIFICACION DE ESTRUCTURAS SEGÚN LA FUNCIÓN

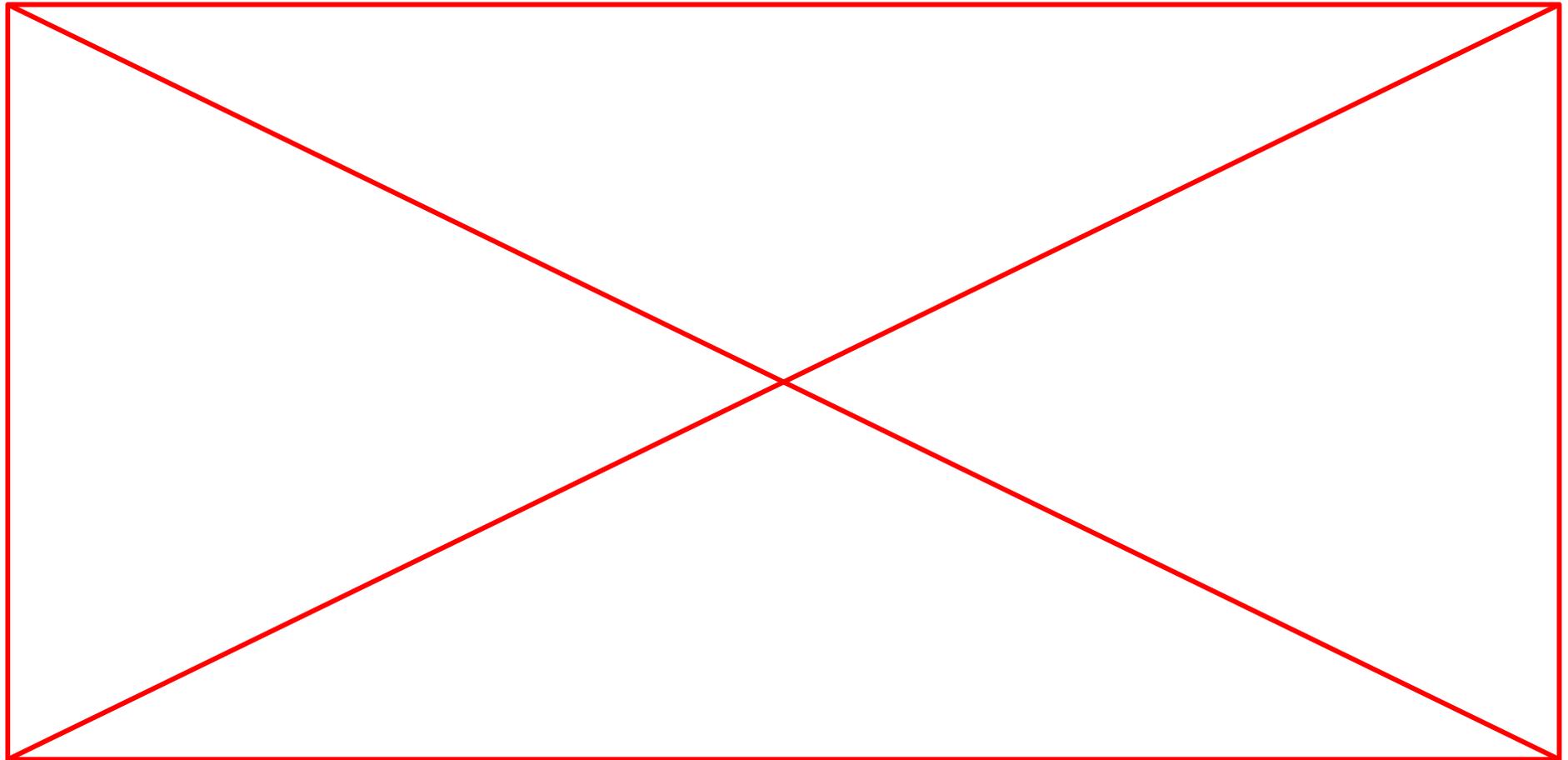
### Cargas verticales

*“Artificio que recoge cargas (verticales) en sus puntos de aplicación y los lleva a la cimentación”.*

**PASARELAS**

**Acción vertical principal:**

**PEATONES / CICLISTAS**



Pasarela de la Mota del río. Murcia.



## CLASIFICACION DE ESTRUCTURAS SEGÚN LA FUNCIÓN

### Cargas verticales

*“Artificio que recoge cargas (verticales) en sus puntos de aplicación y los lleva a la cimentación”.*

**ACUEDUCTOS**

**Acción vertical principal:**

**CANAL / TUBERÍA**



Acueducto de Segovia.



## CLASIFICACION DE ESTRUCTURAS SEGÚN LA FUNCIÓN

### Cargas verticales

*“Artificio que recoge cargas (verticales) en sus puntos de aplicación y los lleva a la cimentación”.*



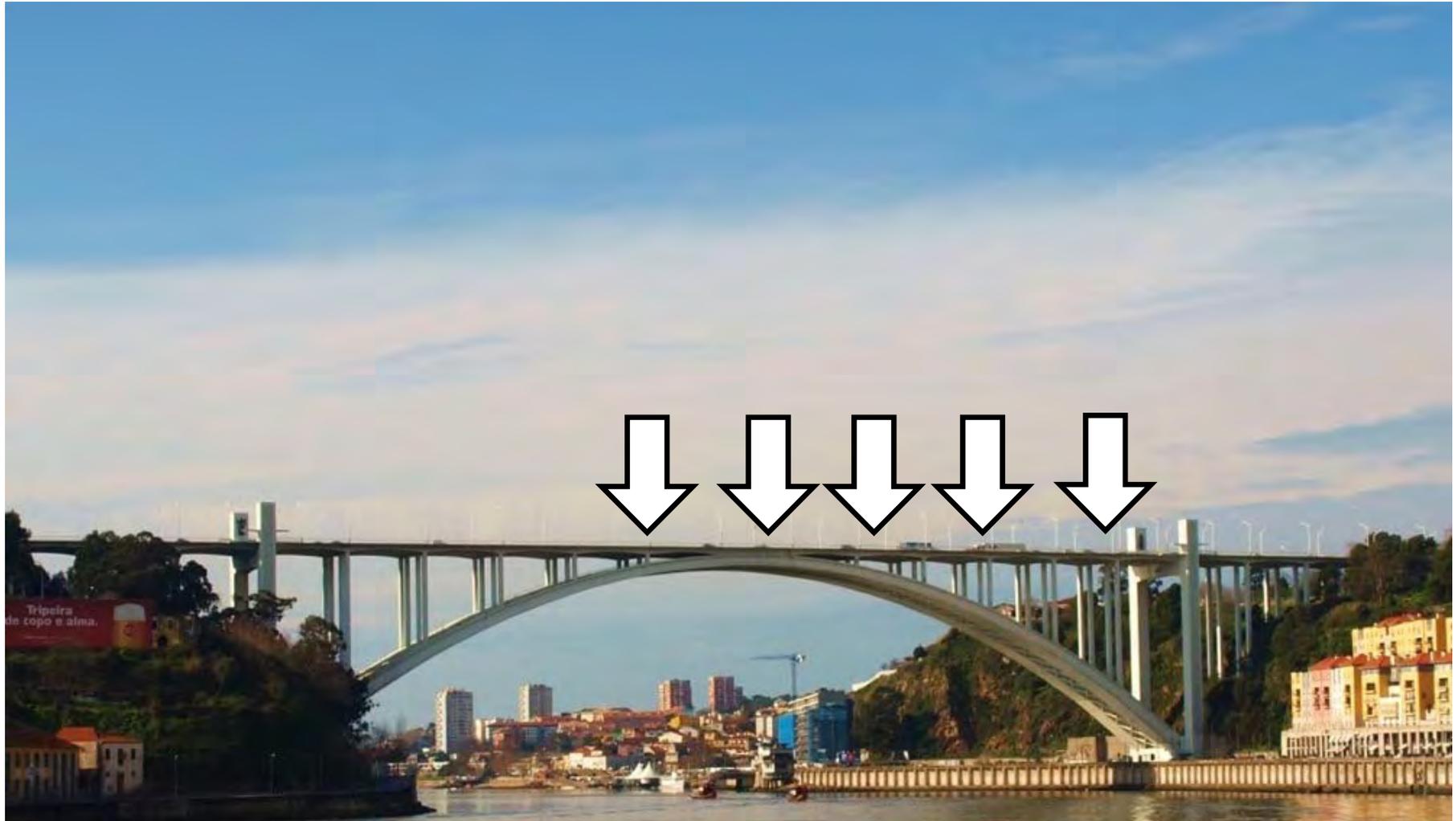
Puente de Arrábida. Oporto.



## CLASIFICACION DE ESTRUCTURAS SEGÚN LA FUNCIÓN

### Cargas verticales

*“Artificio que recoge cargas (verticales) en sus puntos de aplicación y los lleva a la cimentación”.*



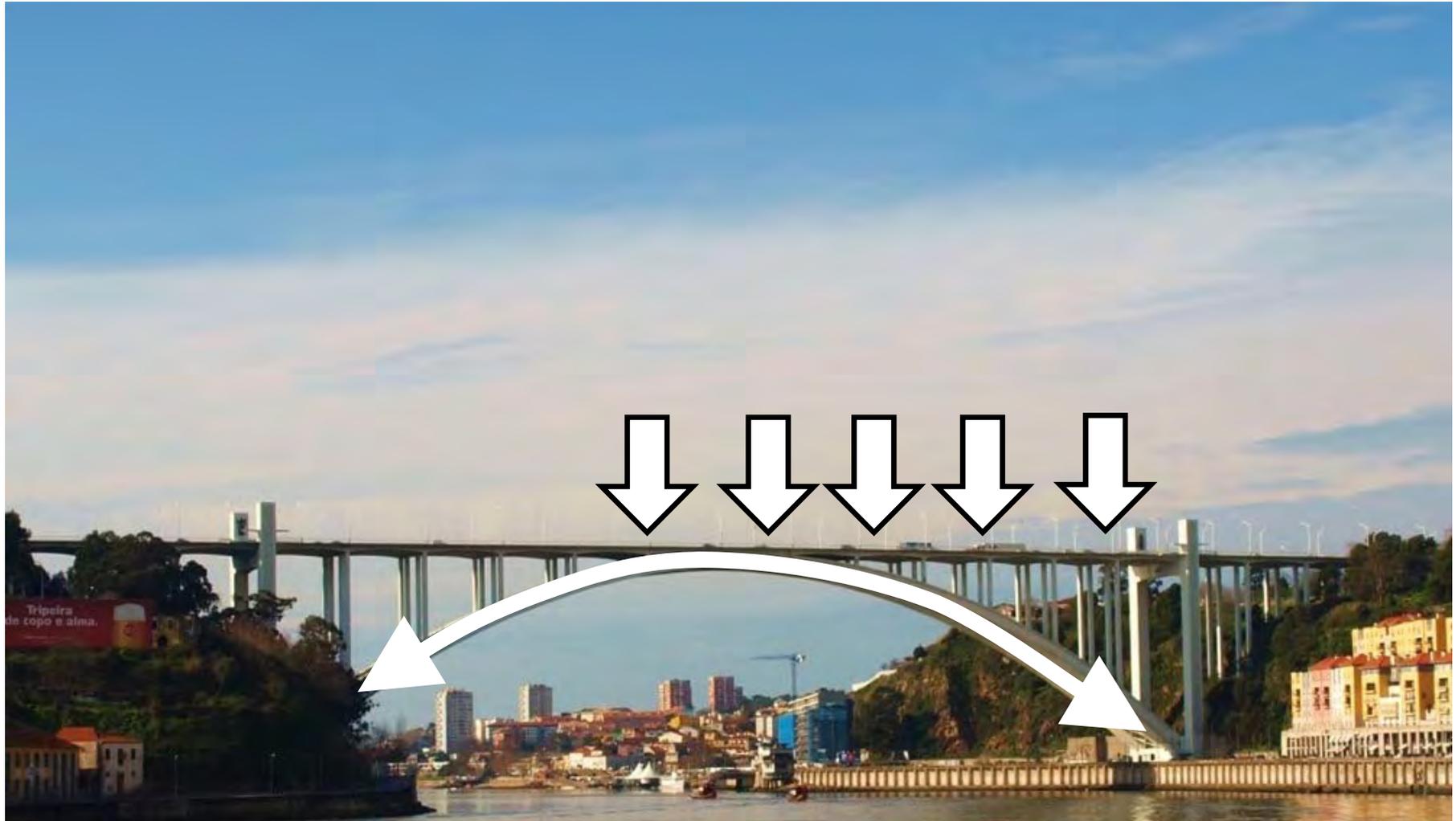
Puente de Arrábida. Oporto.



## CLASIFICACION DE ESTRUCTURAS SEGÚN LA FUNCIÓN

### Cargas verticales

*“Artificio que recoge cargas (verticales) en sus puntos de aplicación y los lleva a la cimentación”.*



Puente de Arrábida. Oporto.

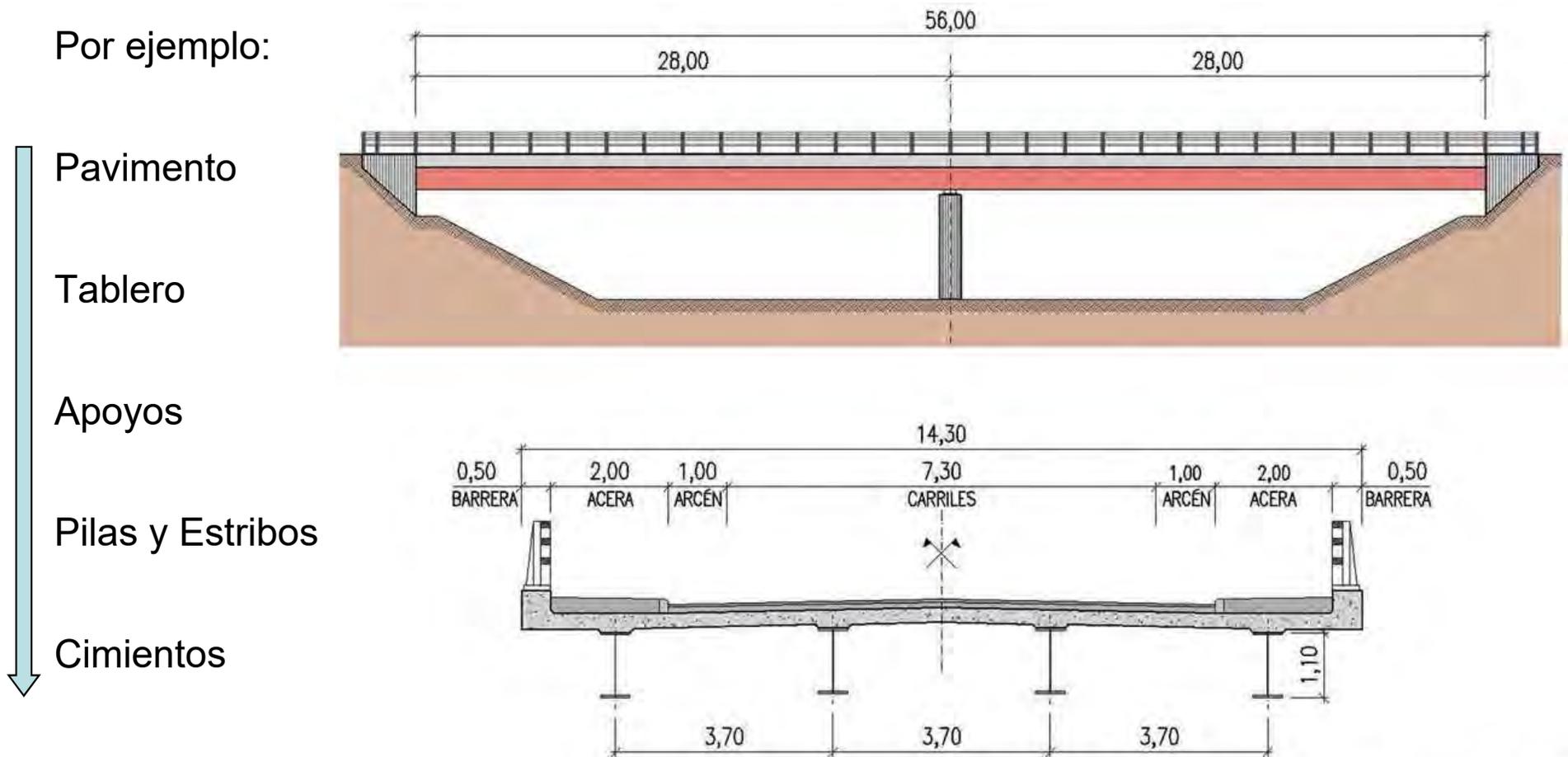


## TRAYECTORIA DE LAS CARGAS

### ¿Cómo se transportan las cargas hasta los cimientos?

Las cargas viajan generalmente de unos elementos estructurales a otros, de los últimos elementos estructurales a la cimentación, y de la cimentación al terreno.

Por ejemplo:



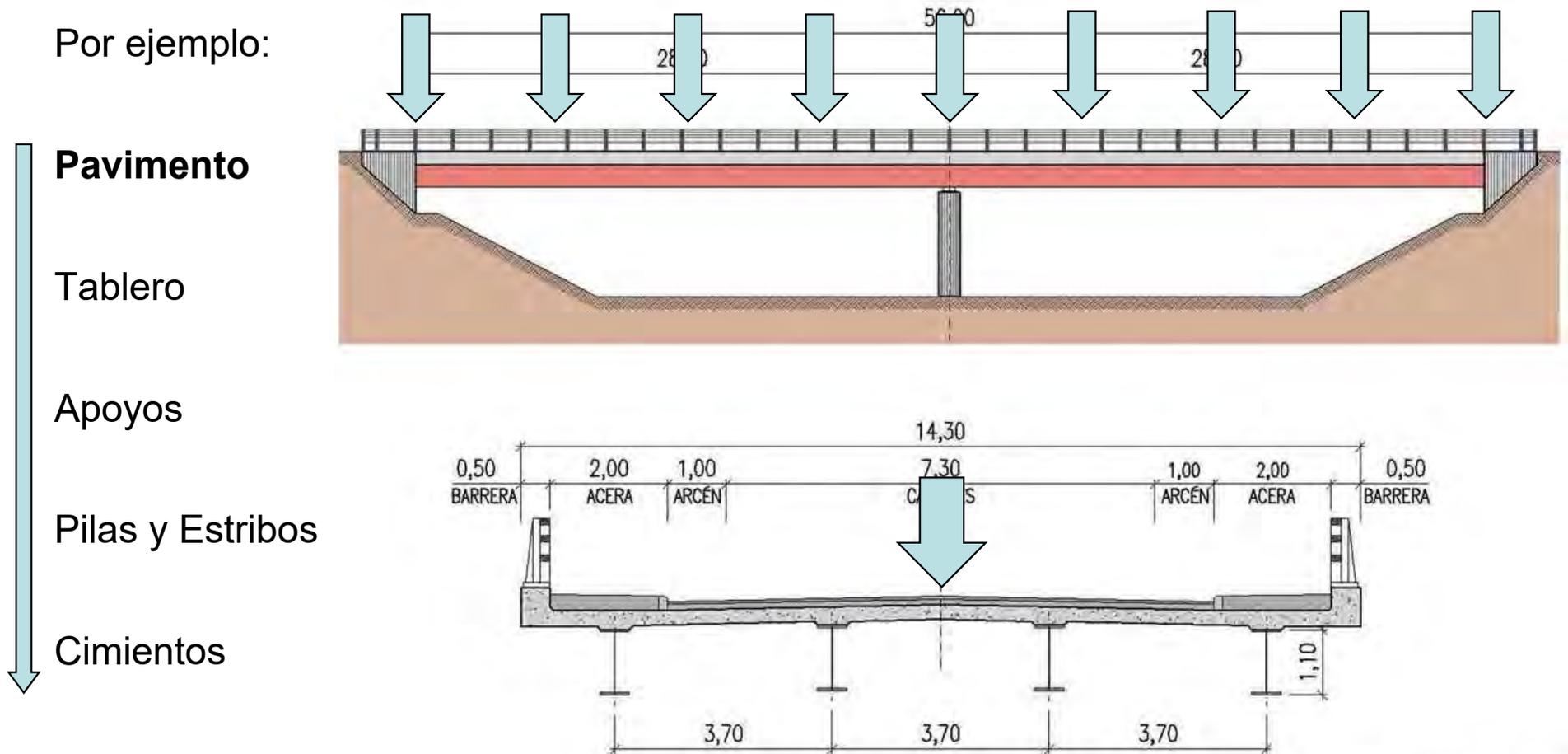


## TRAYECTORIA DE LAS CARGAS

### ¿Cómo se transportan las cargas hasta los cimientos?

Las cargas viajan generalmente de unos elementos estructurales a otros, de los últimos elementos estructurales a la cimentación, y de la cimentación al terreno.

Por ejemplo:



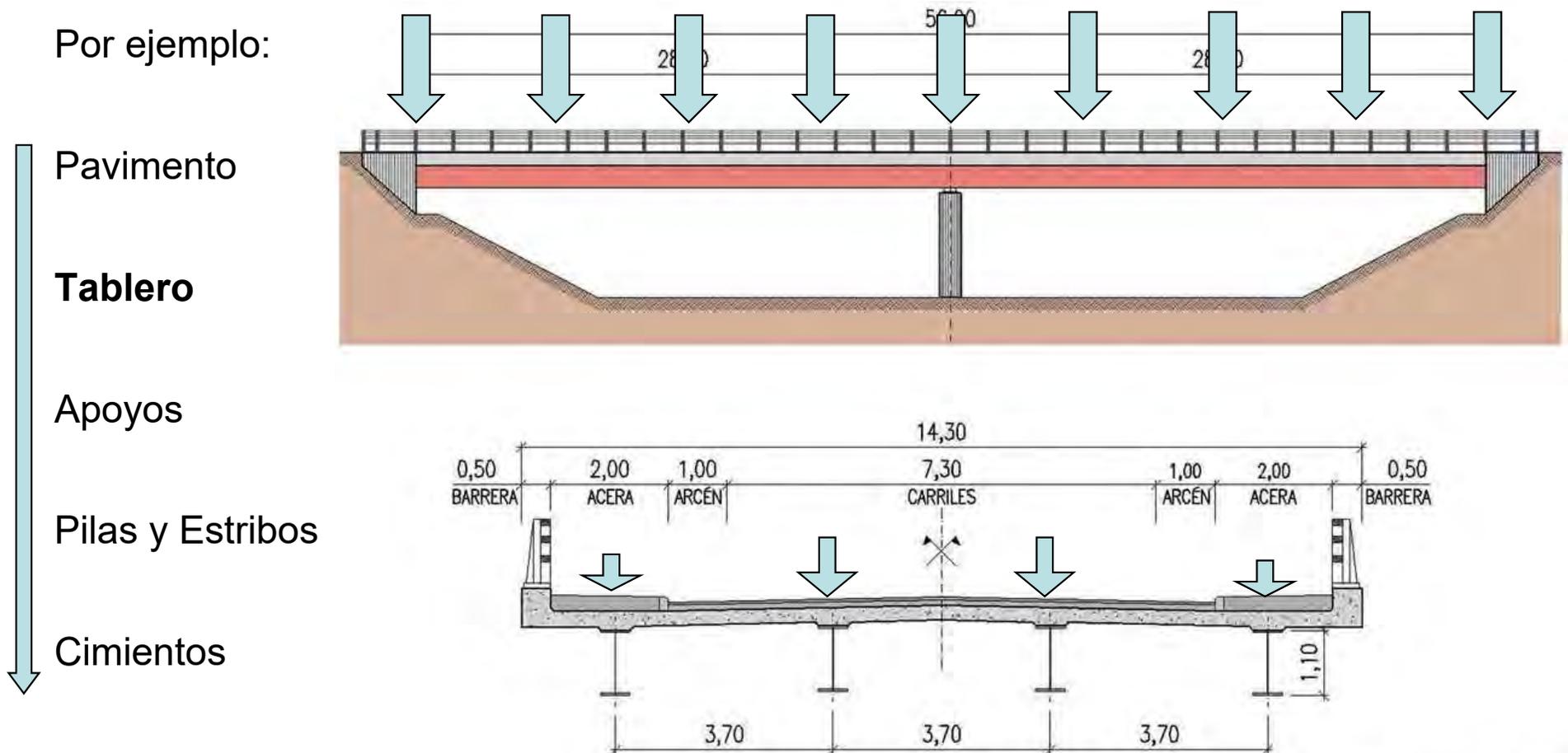


## TRAYECTORIA DE LAS CARGAS

### ¿Cómo se transportan las cargas hasta los cimientos?

Las cargas viajan generalmente de unos elementos estructurales a otros, de los últimos elementos estructurales a la cimentación, y de la cimentación al terreno.

Por ejemplo:



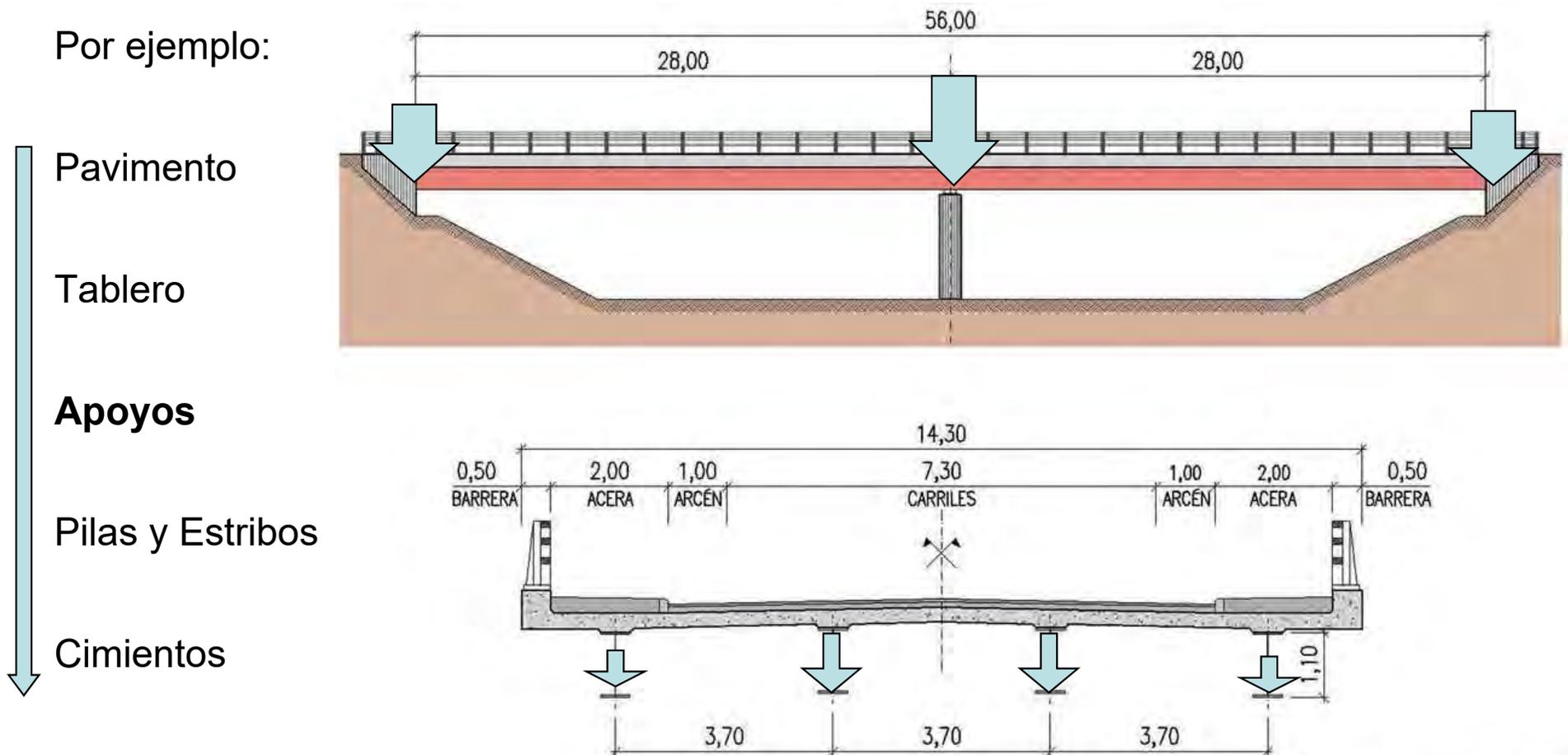


## TRAYECTORIA DE LAS CARGAS

### ¿Cómo se transportan las cargas hasta los cimientos?

Las cargas viajan generalmente de unos elementos estructurales a otros, de los últimos elementos estructurales a la cimentación, y de la cimentación al terreno.

Por ejemplo:



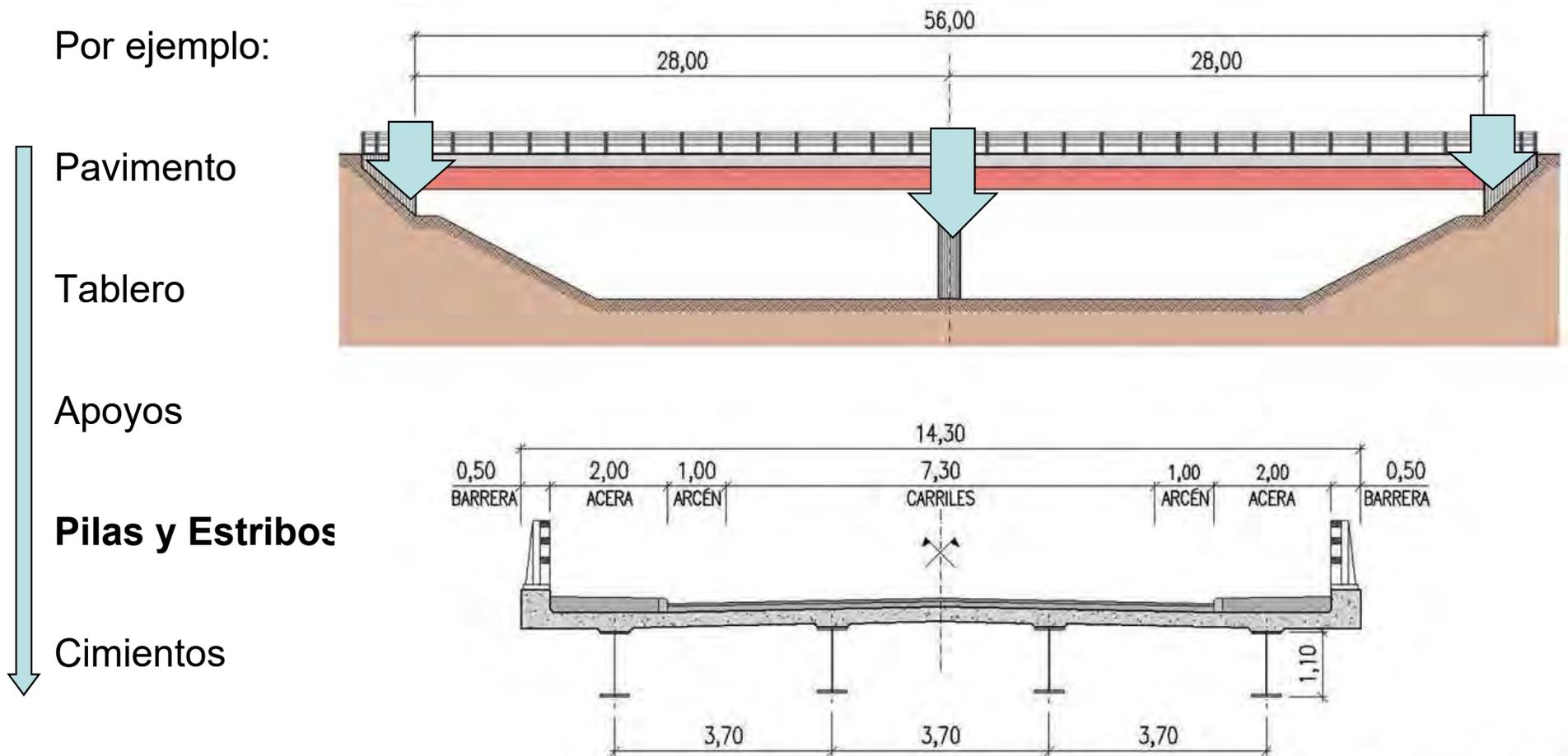


## TRAYECTORIA DE LAS CARGAS

### ¿Cómo se transportan las cargas hasta los cimientos?

Las cargas viajan generalmente de unos elementos estructurales a otros, de los últimos elementos estructurales a la cimentación, y de la cimentación al terreno.

Por ejemplo:



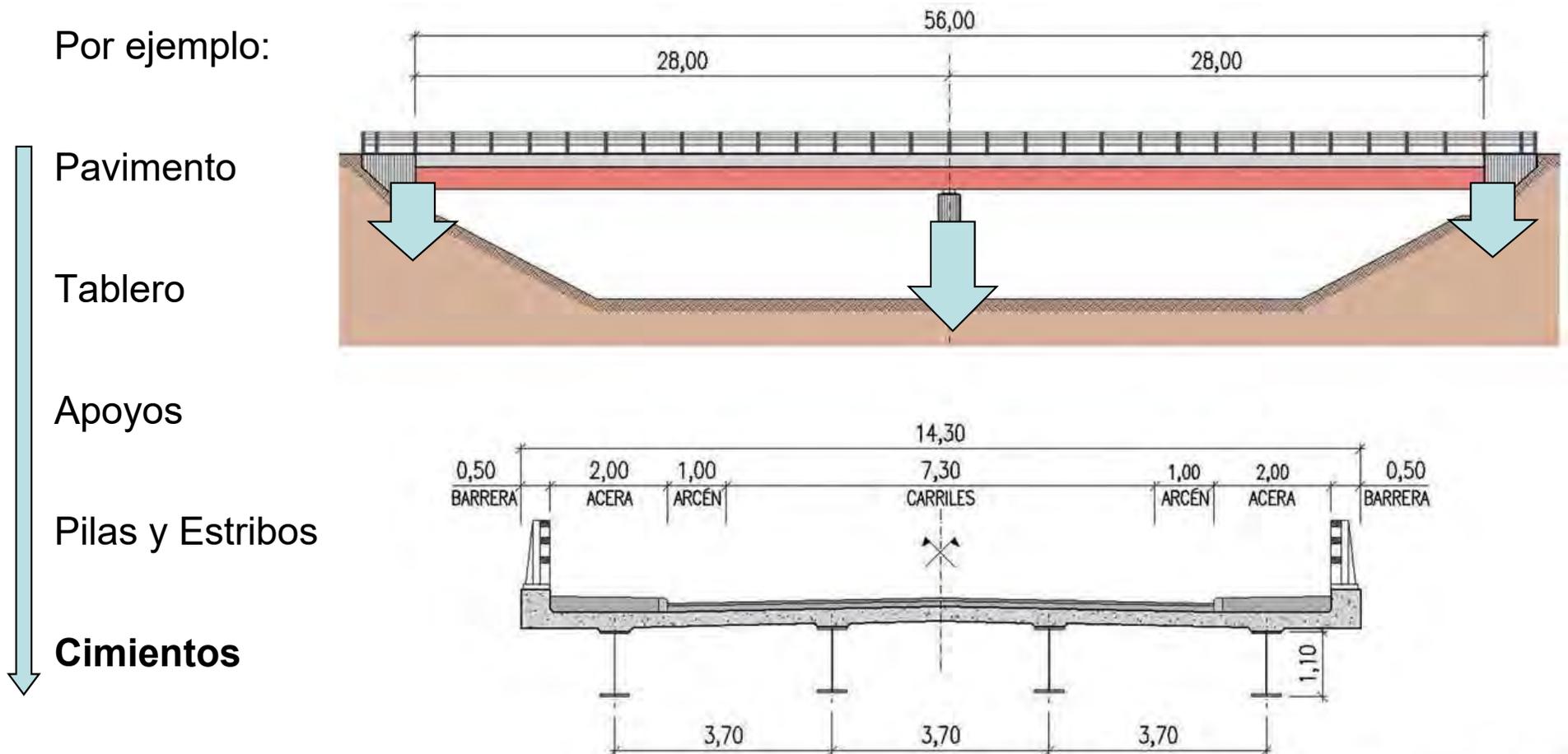


## TRAYECTORIA DE LAS CARGAS

### ¿Cómo se transportan las cargas hasta los cimientos?

Las cargas viajan generalmente de unos elementos estructurales a otros, de los últimos elementos estructurales a la cimentación, y de la cimentación al terreno.

Por ejemplo:





## **TRAYECTORIA DE LAS CARGAS**

**¿Cómo se transportan las cargas hasta los cimientos?**

Las cargas viajan generalmente de unos elementos estructurales a otros, de los últimos elementos estructurales a la cimentación, y de la cimentación al terreno.

**Entender la  
TRAYECTORIA DE LAS CARGAS  
ES FUNDAMENTAL  
para  
entender  
el comportamiento resistente de  
cualquier estructura,  
y en particular,  
de un puente**



## **CONDICIONES QUE DEBE CUMPLIR UN PUENTE**

### **Función.**

- Posibilitar el tráfico entre dos puntos
- Sin interrumpir el tráfico en el obstáculo que salva (carretera, río, valle, etc).

### **Económica.**

- Debe poderse financiar
- Concepto relativo (frente, por ejemplo, a plazos o estética)

### **Estética**

- Adecuación a un canon estético
- Concepto relativo y cambiante con el tiempo (Hormigón visto chapado en piedra)

### **Seguridad**

- Depende del nivel de inseguridad asumible por el usuario.
- Concepto relativo.

### **Ejecutable**

- Debe poderse construir.



## CONDICIONES QUE DEBE CUMPLIR UN PUENTE

### Función.

- Posibilitar el tráfico entre dos puntos
- Sin interrumpir el tráfico en el obstáculo que salva (carretera, río, valle, etc).

### Económica.

- Debe poderse financiar
- Concepto relativo

### Estética

- Adecuación a un canon estético
- Concepto relativo y cambiante con el tiempo

### Seguridad

- Depende del nivel de inseguridad asumible por el usuario.
- Concepto relativo.

### Ejecutable

- Debe poderse construir.

**Conceptos  
RELATIVOS**

**NO  
Imprescindibles**



## CONDICIONES QUE DEBE CUMPLIR UN PUENTE

### Función.

- Posibilitar el tráfico entre dos puntos
- Sin interrumpir el tráfico en el obstáculo que salva (carretera, río, valle, etc).

### Económica.

- Debe poderse financiar
- Concepto relativo

### Estética

- Adecuación a un canon estético
- Concepto relativo y cambiante con el tiempo

### Seguridad

- Depende del nivel de inseguridad asumible por el usuario.
- Concepto relativo.

**Conceptos  
RELATIVOS**

**NO  
Imprescindibles**

### Ejecutable

- Debe poderse construir.

**IMPRESINDIBLE**

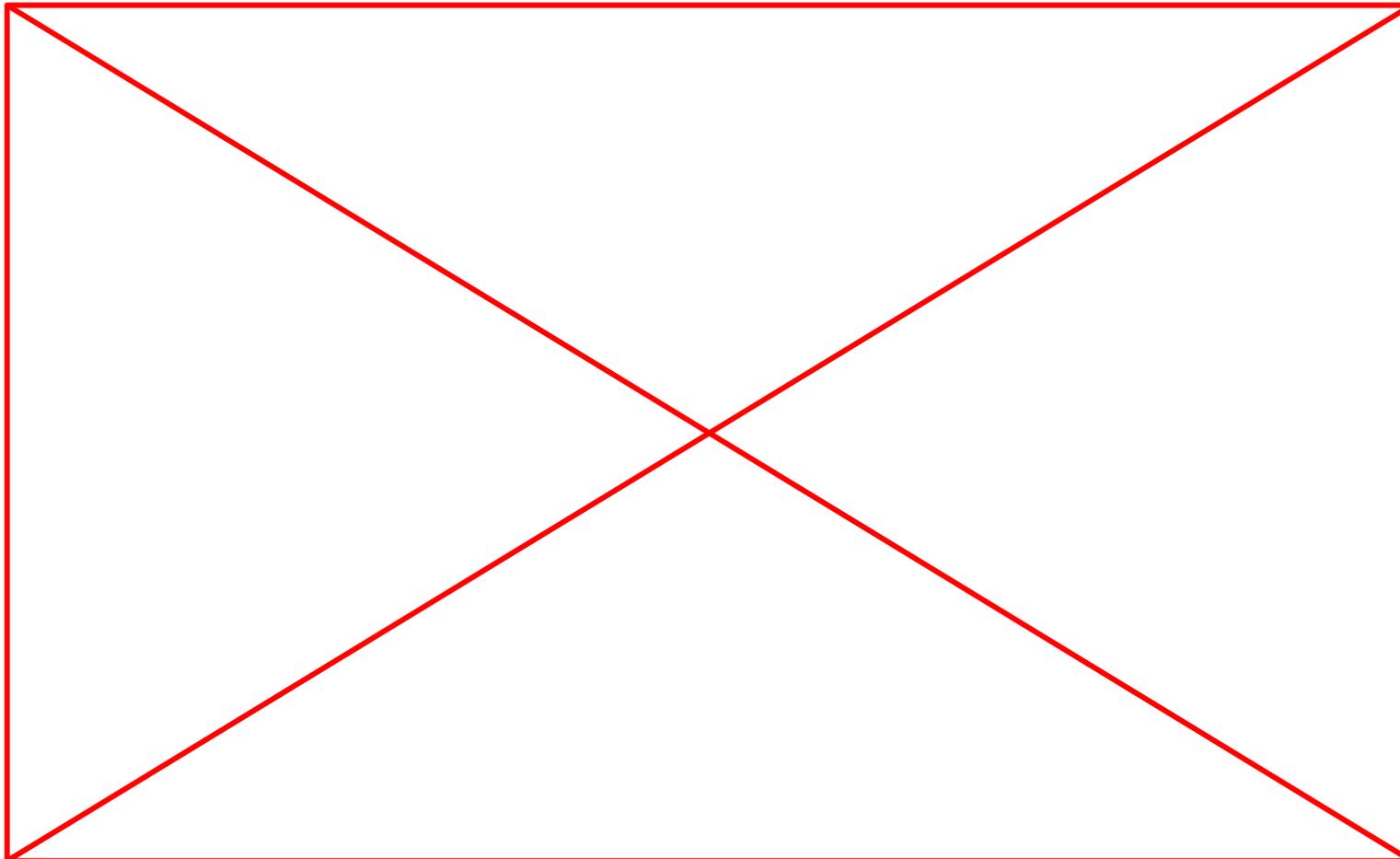


## CONDICIONES QUE DEBE CUMPLIR UN PUENTE

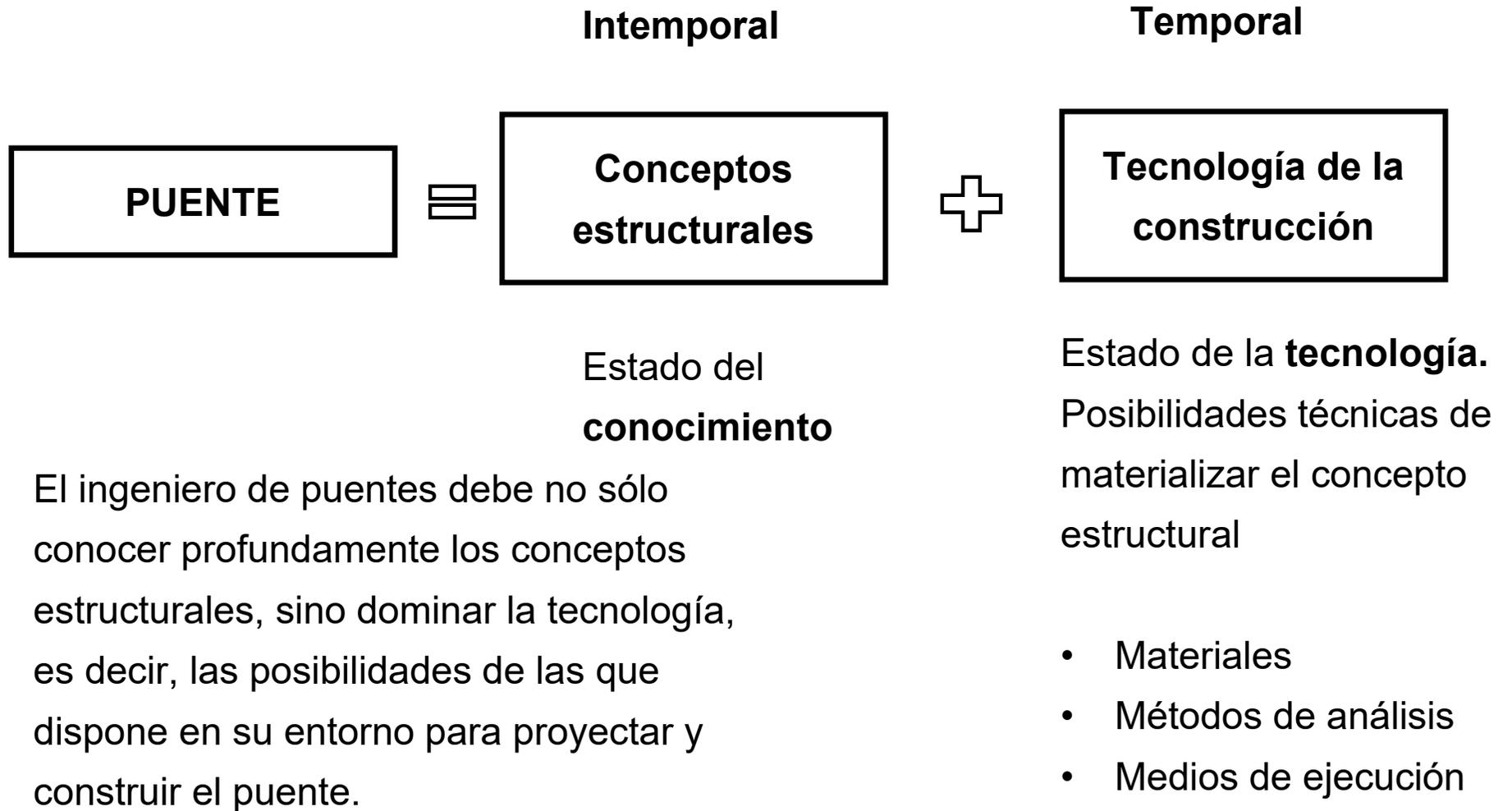
### Vida útil.

Además, un puente debe cumplir que la inevitable degradación con el paso del tiempo no merme su funcionalidad o seguridad durante su vida útil

**Todas las  
estructuras son  
efímeras**



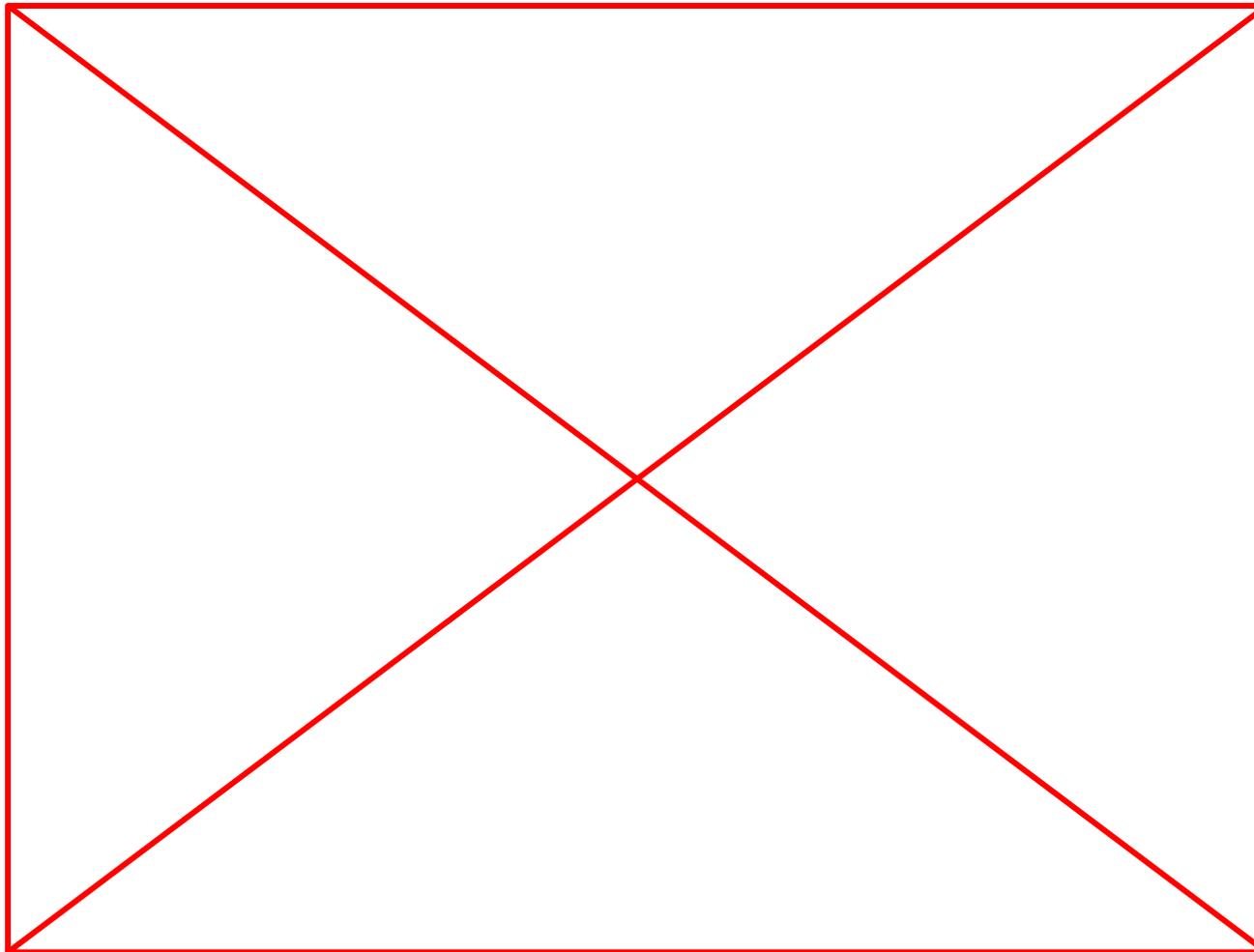
Puente de  
Oresund.





Cable colgante

1. **Cuerdas**
2. Cadenas
3. Cables de acero



Puentes de lianas  
del valle de Iya.  
Japon



**PUENTE**



Intemporal

**Conceptos  
estructurales**



Temporal

**Tecnología de la  
construcción**



Cable colgante

1. Cuerdas
2. **Cadenas**
3. Cables de acero



South Portland  
Street, Glasgow.  
Foto: J,J.Jorquera



**PUENTE**



Intemporal

**Conceptos  
estructurales**



Temporal

**Tecnología de la  
construcción**



Cable colgante

1. Cuerdas
2. Cadenas
3. **Cables de acero**



Puente de Brooklyn, NY  
Foto J.J. Jorquera



Apoyar

1. **Placas de plomo**
2. Rodillos metálicos
3. Apoyos de neopreno zunchado
4. Apoyo tipo POT



Puente sobre la M-527  
en Guadarrama  
(ROP 3583)



Apoyar



1. Placas de plomo
2. **Rodillos metálicos**
3. Apoyos de neopreno zunchado
4. Apoyo tipo POT



Apoyar



1. Placas de plomo
2. Rodillos metálicos
3. **Apoyos de neopreno zunchado**
4. Apoyo tipo POT



Apoyar

1. Placas de plomo
2. Rodillos metálicos
3. Apoyos de neopreno zunchado
4. **Apoyo tipo POT**



Apoyo tipo POT.  
Catálogo de Alga.

La lavorazione dei componenti per appoggi Algapot viene effettuata utilizzando le più moderne attrezzature.  
*Manufacturing details of steel components of Algapot bearings, using the most updated machining equipment.*

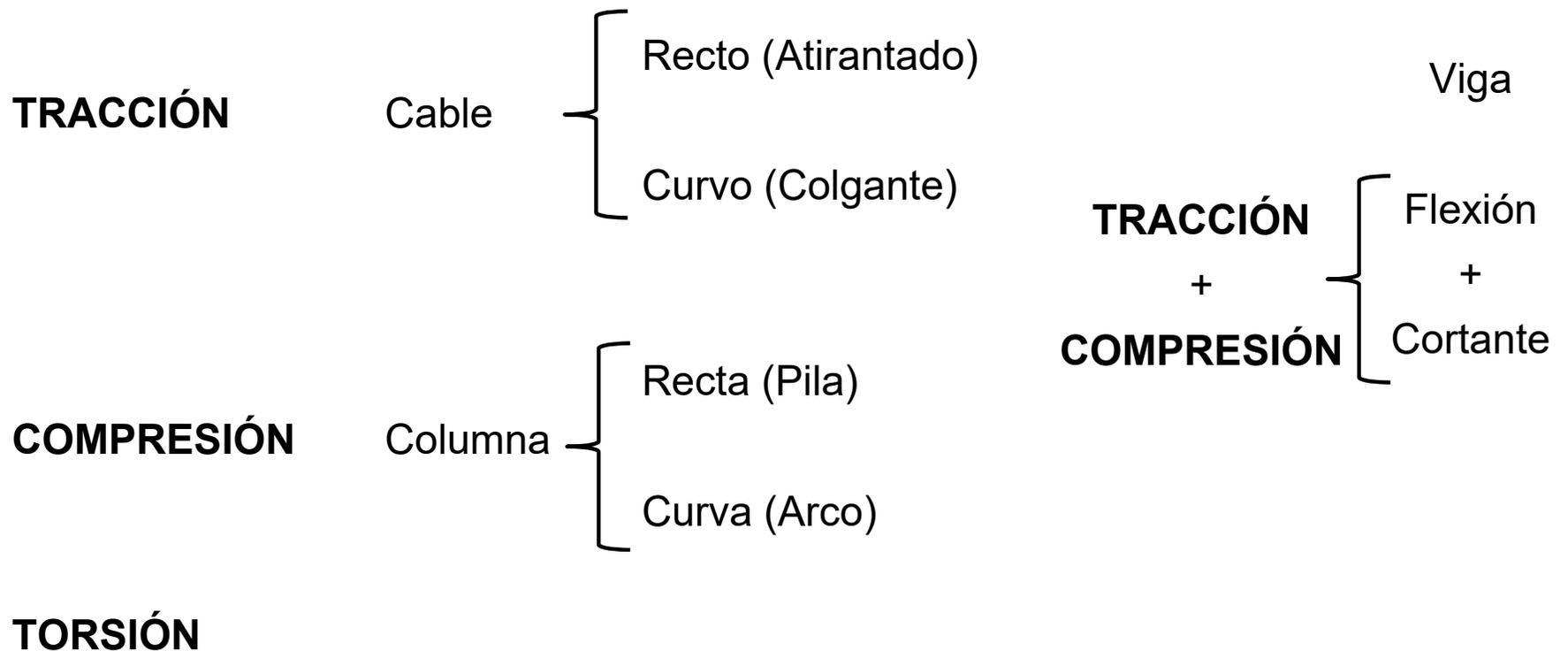




## DIMENSIONES DE LOS PUENTES

En un puente, debido a la necesidad de satisfacer una función asociada a un flujo de transporte, generalmente prima una dimensión, la **longitudinal**, sobre las demás.

En un puente donde prime esta dimensión sobre las demás, hasta el punto de que la sección transversal se puede considerar indeformable en la práctica, se tendrá un comportamiento propio de elementos lineales, es decir, como una viga continua:



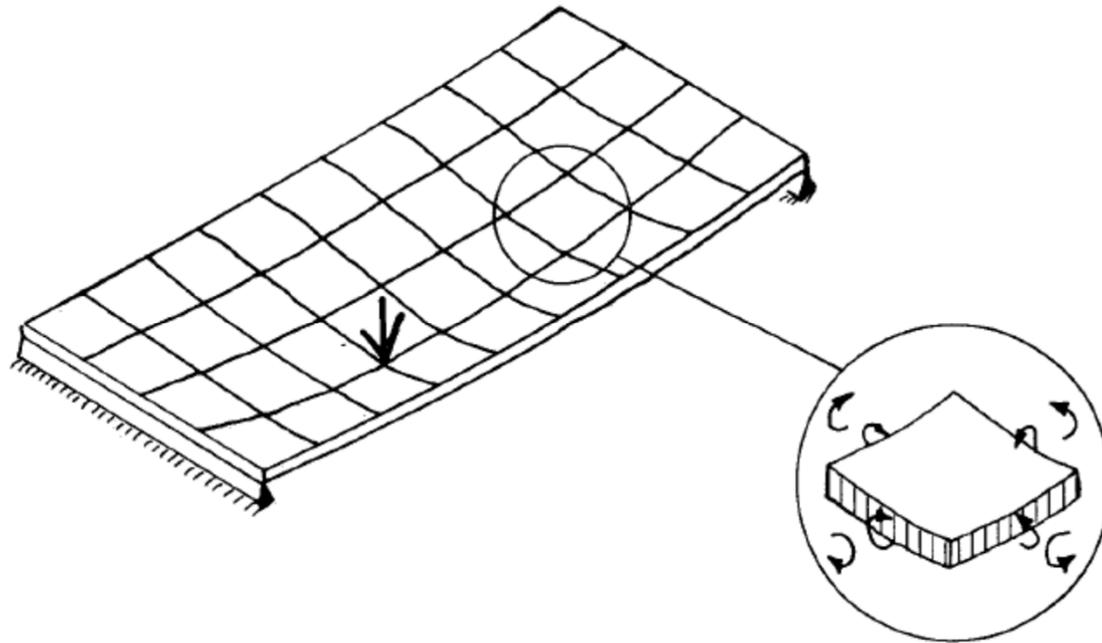


## DIMENSIONES DE LOS PUENTES

En algunos puentes, bien por ser anchos en relación a sus luces, bien porque su sección transversal induce a ello, presentan un **comportamiento bidimensional**. El comportamiento en algunas zonas o en su totalidad se asimilará más al comportamiento de un placa (losa) que al de una viga.

Es necesario considerar este comportamiento bidimensional para comprender totalmente su mecanismo resistente.

**Fig. 1.6** Load distribution in slab deck by bending and torsion in two directions.





## DIMENSIONES DE LOS PUENTES

En otros puentes, con configuración geométricas y resistentes **espaciales**, es imprescindible recurrir a análisis más complejos para comprenderlos.





## **ALGUNOS VIDEOS RECOMENDABLES (de los muchísimos de internet):**

[https://www.youtube.com/watch?v=iulgzrSQ\\_YM&t=24s](https://www.youtube.com/watch?v=iulgzrSQ_YM&t=24s)

Documental incluido en el libro + dvd publicado por el Círculo de Bellas Artes bajo el título «Javier Manterola. El oficio de ingeniero».

<https://www.youtube.com/watch?v=dKq34EVggjI>

Charla TED de Ian Firth. (En inglés con opción de subtítulos en español)

<https://www.youtube.com/watch?v=7PTzmWzDZZc>

FRANCIA (Viaducto Millau) El puente más alto del mundo

<https://www.youtube.com/watch?v=JR45O3zORCI>

Visita al puente del Centenario de Sevilla con Julio Martínez Calzón

<https://www.youtube.com/watch?v=8Nh87bQVcNE>

Reportaje de Informe Semanal sobre el puente de la bahía de Cádiz.



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena

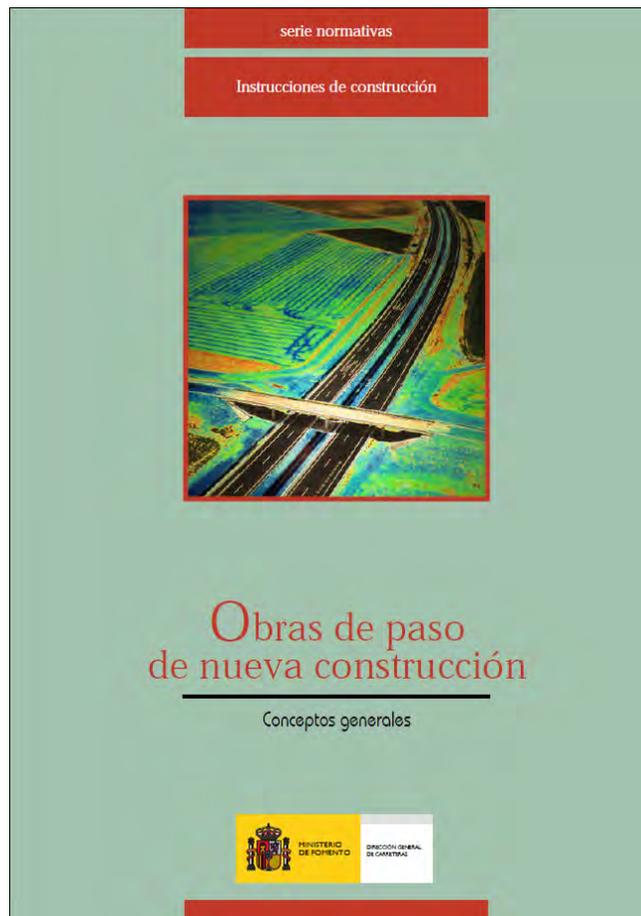
# 2

## Definiciones y conceptos



Los avances técnicos que se han producido en las últimas décadas, han propiciado la aparición de un amplio espectro de tipologías de obras de paso. Ello, unido al fuerte impulso inversor de las dos últimas décadas, ha conducido a disponer en este momento de la suficiente experiencia en la Dirección General de Carreteras en materia de concepción, cálculo estructural, tecnología de los materiales, sistemas constructivos, así como en los aspectos más significativos de la conservación y reparación de estructuras.

Por todo lo anterior, se ha considerado interesante disponer del documento que aquí presentamos, y que pretende ser una ayuda a los Ingenieros Directores de proyectos y obras, así como a los Jefes de Unidades de Carreteras, en su quehacer diario en materia de obras de paso.



[www.mitma.gob.es/recursos\\_mfom/0810200.pdf](http://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/0810200.pdf)



**Puente de carretera.** De acuerdo con la IAP, "en el concepto puentes de carretera, se consideran incluidas las obras de paso que soportan cualquier tipo de vía definida en la Ley de Carreteras y en el Reglamento que la desarrolla, como de competencia estatal, cuya función sea, por tanto, salvar una discontinuidad en un trazado para permitir el paso del tráfico rodado formado por vehículos convencionales del parque automovilístico que circula por la Red".

A efectos de la D.G.C., dentro de las obras de paso, las estructuras se clasifican según la luz libre del vano mayor (L) en:

Tipo de obra de paso	Tajea	Alcantarilla	Pontón	Puente
Luz del vano mayor (L, en m)	$L \leq 1$	$1 < L \leq 3$	$3 < L \leq 10$	$L > 10$

**Viaducto.** Puente de gran longitud y número de vanos.

**Paso Superior.** Respecto de la vía que se considere, se denomina así a la obra de paso situada por encima de dicha vía.

**Paso Inferior.** Respecto de la vía que se considere, se define así a la obra de paso que la soporta.



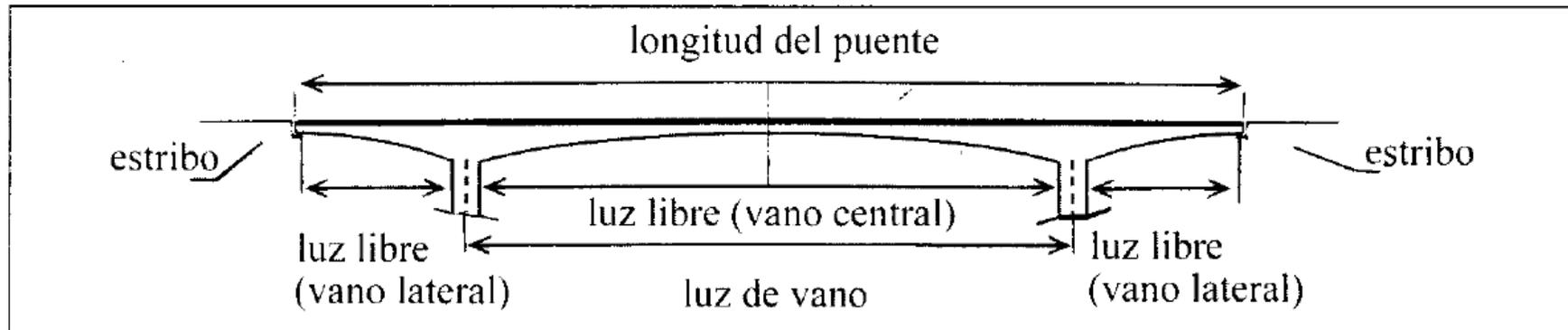
**Superestructura de un puente.** En este término se engloban todos los elementos estructurales de la obra de paso y los funcionales que les son anexos, soportados por la subestructura. Como ejemplo de elementos estructurales se puede citar el tablero y, en su caso, el arco de un puente arco, los tirantes y el pilono de un atirantado, etc. Como elementos funcionales están las juntas, el pavimento, la impermeabilización del tablero, los pretilas, etc.

**Subestructura de un puente.** En general, se incluyen en este concepto las pilas, estribos, apoyos, terraplenes, bajantes de los sistemas de drenaje, etc.

**Infraestructura de un puente.** Está constituida por la cimentación.

**Estructura isostática.** Aquella en que los esfuerzos quedan determinados exclusivamente por las condiciones de equilibrio.

**Estructura hiperestática.** Aquella en la que para la obtención de los esfuerzos, es necesario hacer intervenir las ecuaciones de equilibrio y las de compatibilidad. Dependiendo de su flexibilidad, será sensible en mayor o menor medida a los movimientos de sus apoyos.



**Luz libre de vano.** Distancia horizontal entre paramentos contiguos de las pilas y/o estribos que delimitan un vano (figura 1).

**Luz de cálculo de vano.** Distancia horizontal entre ejes de apoyo de un vano. En lo sucesivo a la luz de cálculo se le denominará simplemente luz (figura 1).

**Longitud del puente.** Distancia horizontal entre juntas de dilatación extremas de un tablero, medida según el eje de la plataforma que soporta (figura 1).

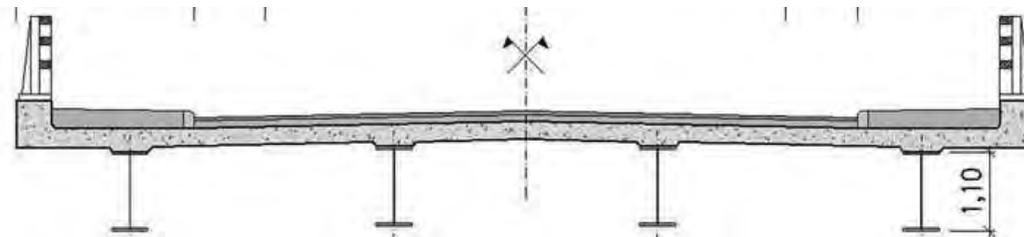
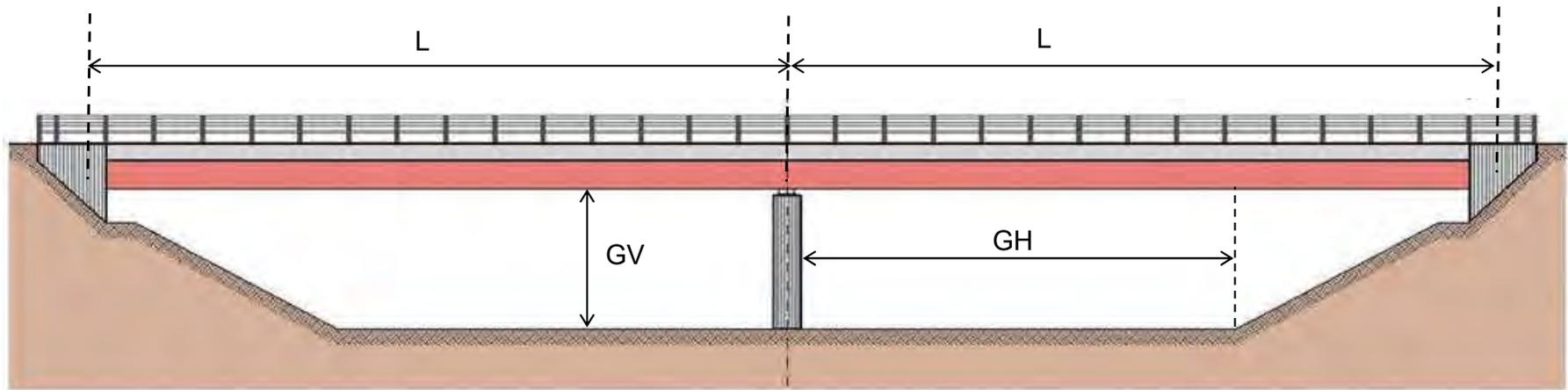


**Gálibo vertical.** Distancia vertical libre entre el tablero de la estructura y el obstáculo que salva, medida en el punto en el que ésta es mínima.

**Gálibo horizontal.** Distancia horizontal entre los paramentos contiguos de las pilas y/o estribos que delimitan un vano, obtenida en el punto más desfavorable.

**Esbeltez.** Relación entre el canto de un tablero y su luz.

*(MFOM Obras de paso)*



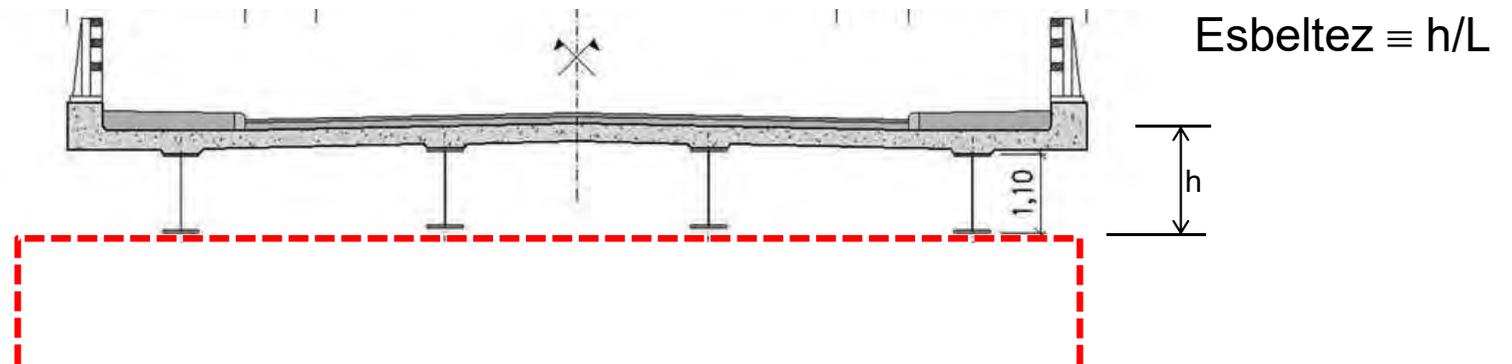
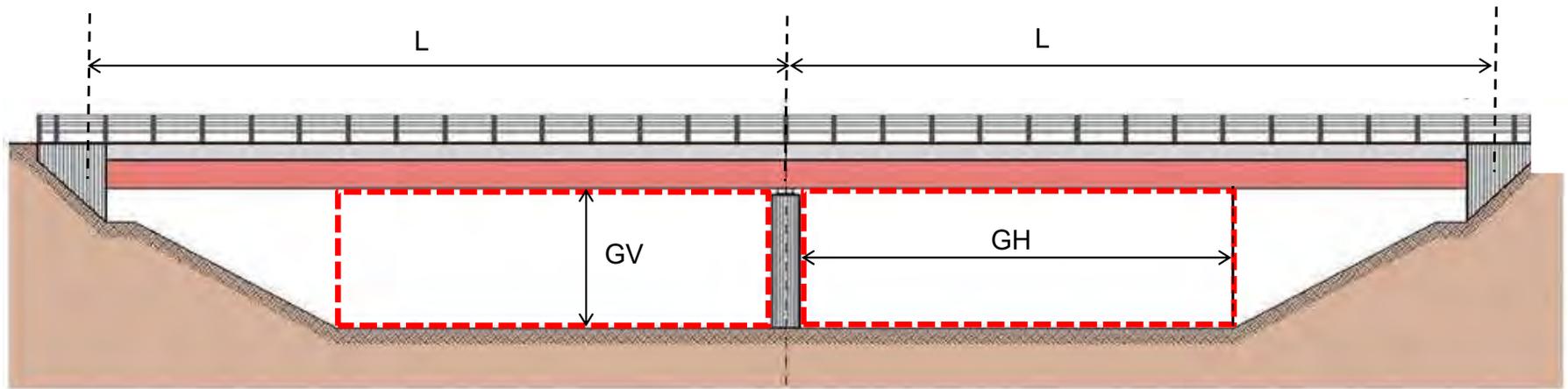
Esbeltez  $\equiv h/L$



**Gálibo vertical.** Distancia vertical libre entre el tablero de la estructura y el obstáculo que salva, medida en el punto en el que ésta es mínima.

**Gálibo horizontal.** Distancia horizontal entre los paramentos contiguos de las pilas y/o estribos que delimitan un vano, obtenida en el punto más desfavorable.

**Esbeltez.** Relación entre el canto de un tablero y su luz. (MFOM Obras de paso)





- MATERIALES**
- En tableros: hormigón armado  
hormigón pretensado  
acero estructural y hormigón (tableros mixtos)
  - En pilas: hormigón armado
  - En estribos: hormigón armado
  - En cimentaciones: hormigón armado
  - Hormigones:
    - Cimentaciones: HA-25
    - Estribos: HA-25
    - Pilas: HA-25 / HA-35
    - Tableros armados: HA-25 / HA-35
    - Tableros pretensados: HP-35 / HP-50
  - Acero para armaduras:
    - Pasivas: B 500 S
    - Activas: Y 1860 S7
  - Acero estructural: S355



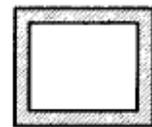
## TIPOS DE OBRAS DE PASO

- Estructuras isostáticas o hiperestáticas.
- Rectas, curvas, esviadas.
- De hormigón, metálicas, mixtas, etc.
- De canto constante o variable.
- De vigas, losa maciza, losa aligerada, losa nervada, cajón.
- La superficie de rodadura puede ir sobre un tablero de losa ortótropa o sobre una losa mixta o de hormigón; esta puede ser totalmente hormigonada “in situ”, o bien puede estar hormigonada sobre una base de prelosas, o estar formada por losas totalmente prefabricadas.

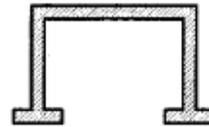


## CLASIFICACION EN FUNCIÓN DEL TIPO ESTRUCTURAL.

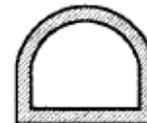
- Marcos.
- Pórticos.
- Bóvedas.
- Estructuras de tramo recto, ya sean simples o de tramo continuo. A su vez se pueden clasificar en celosías y tableros constituidos por vigas, losas o cajones.



MARCO



PÓRTICO



BÓVEDA



VIGAS DE HORMIGÓN



VIGAS METÁLICAS



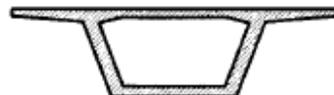
LOSA CON VOLADIZOS



LOSA SIN VOLADIZOS



LOSA NERVADA

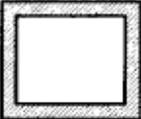
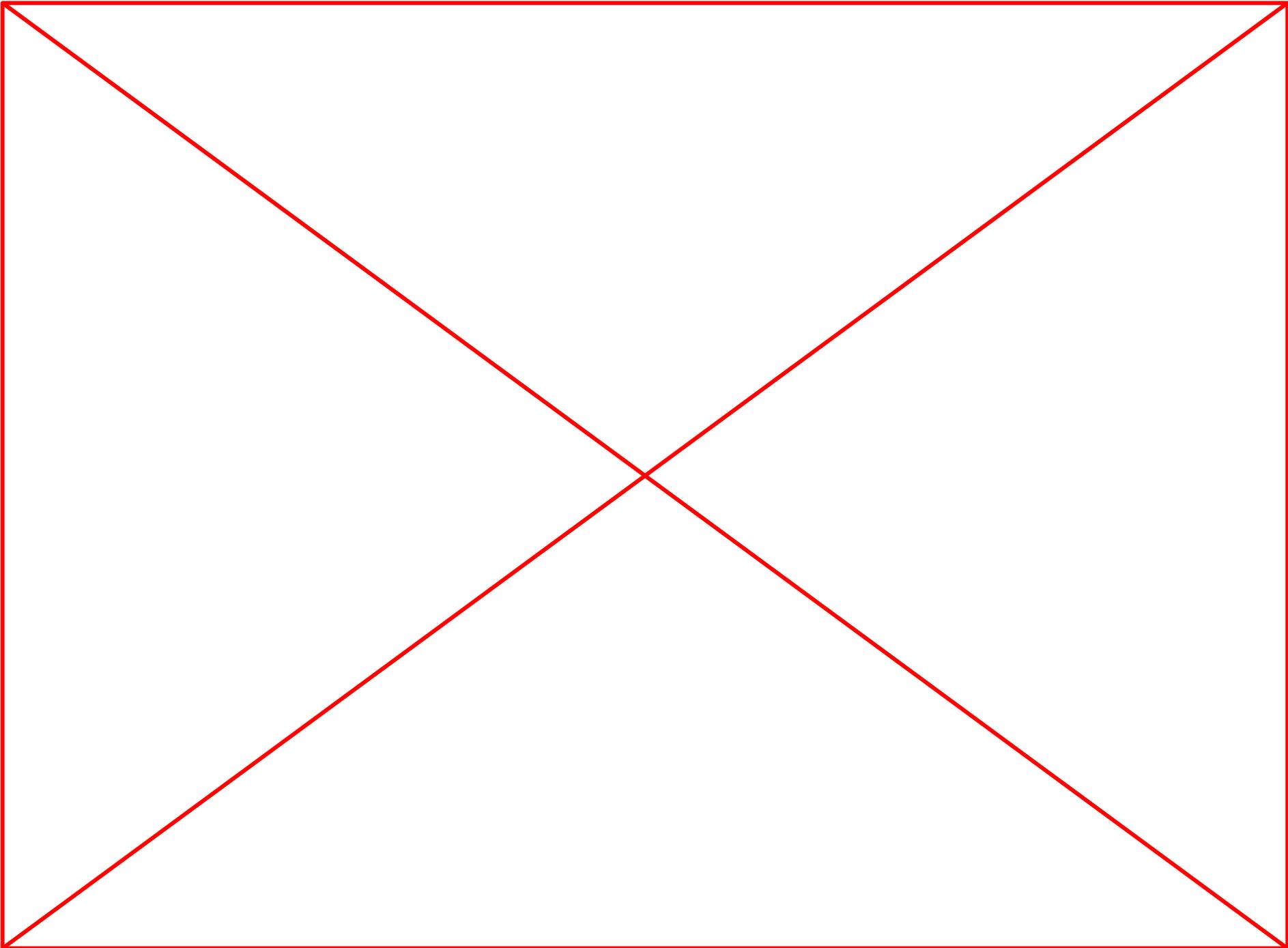


CAJÓN DE HORMIGÓN

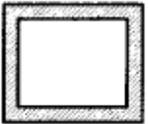
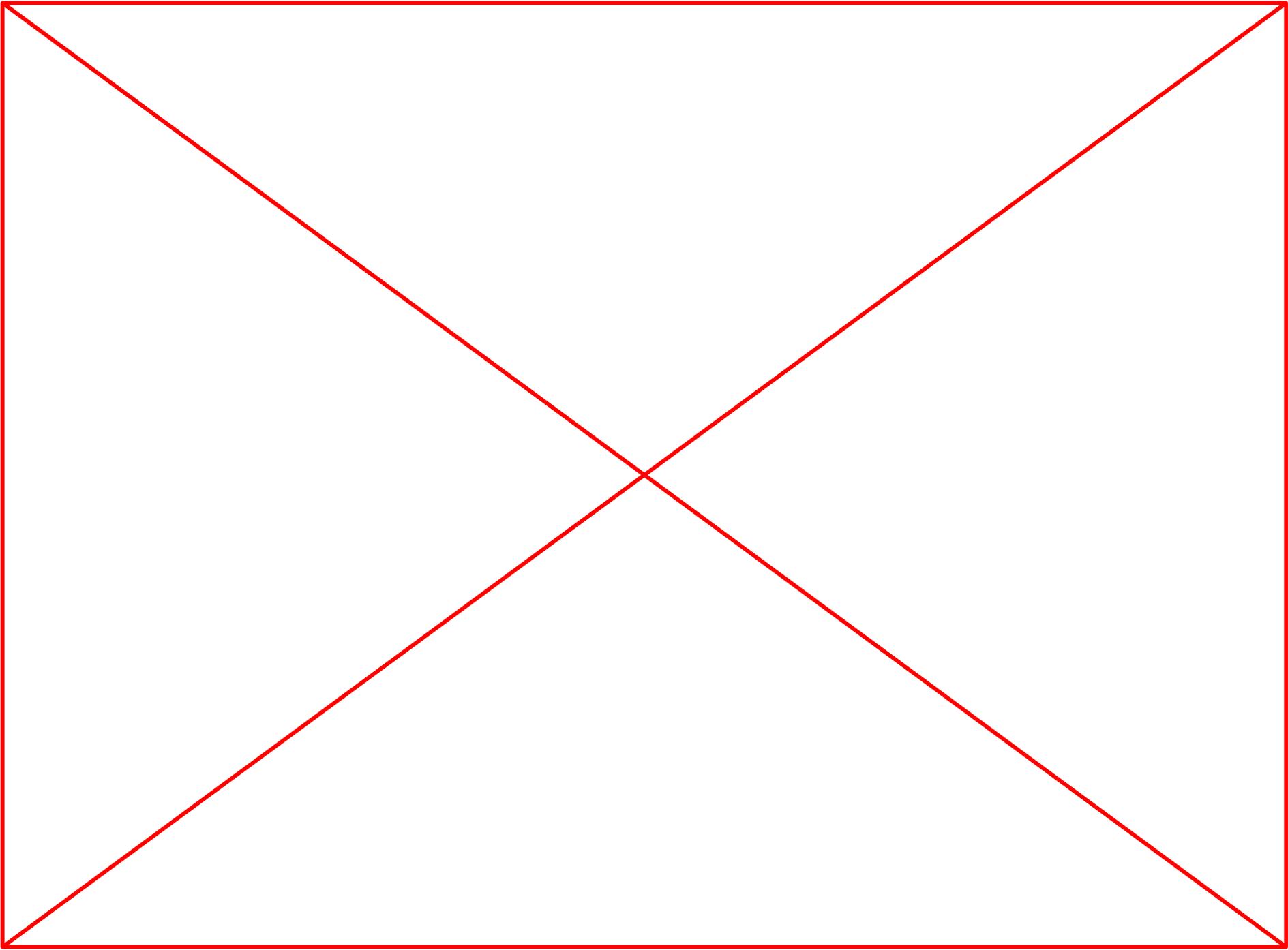


CAJÓN MIXTO

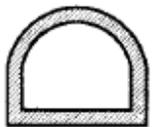
(MFOM Obras de paso)



MARCO



MARCO



BÓVEDA



- Tableros de hormigón estructural.
- Tableros mixtos hormigón-acero.

### **TABLEROS DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL**

- Tableros constituidos por vigas prefabricadas.
- Tableros losa.
- Tableros nervados.
- Tableros de sección cajón.

### **TABLEROS MIXTOS**

- Cajones metálicos, únicos o múltiples, con losa superior de hormigón.
- Vigas doble T metálicas con losa superior de hormigón.



VIGAS DE HORMIGÓN



Desdoblamiento ctra. C-25  
(Espinelles-Santa Coloma de Farnes),  
Barcelona. [www.pacadar.es](http://www.pacadar.es)



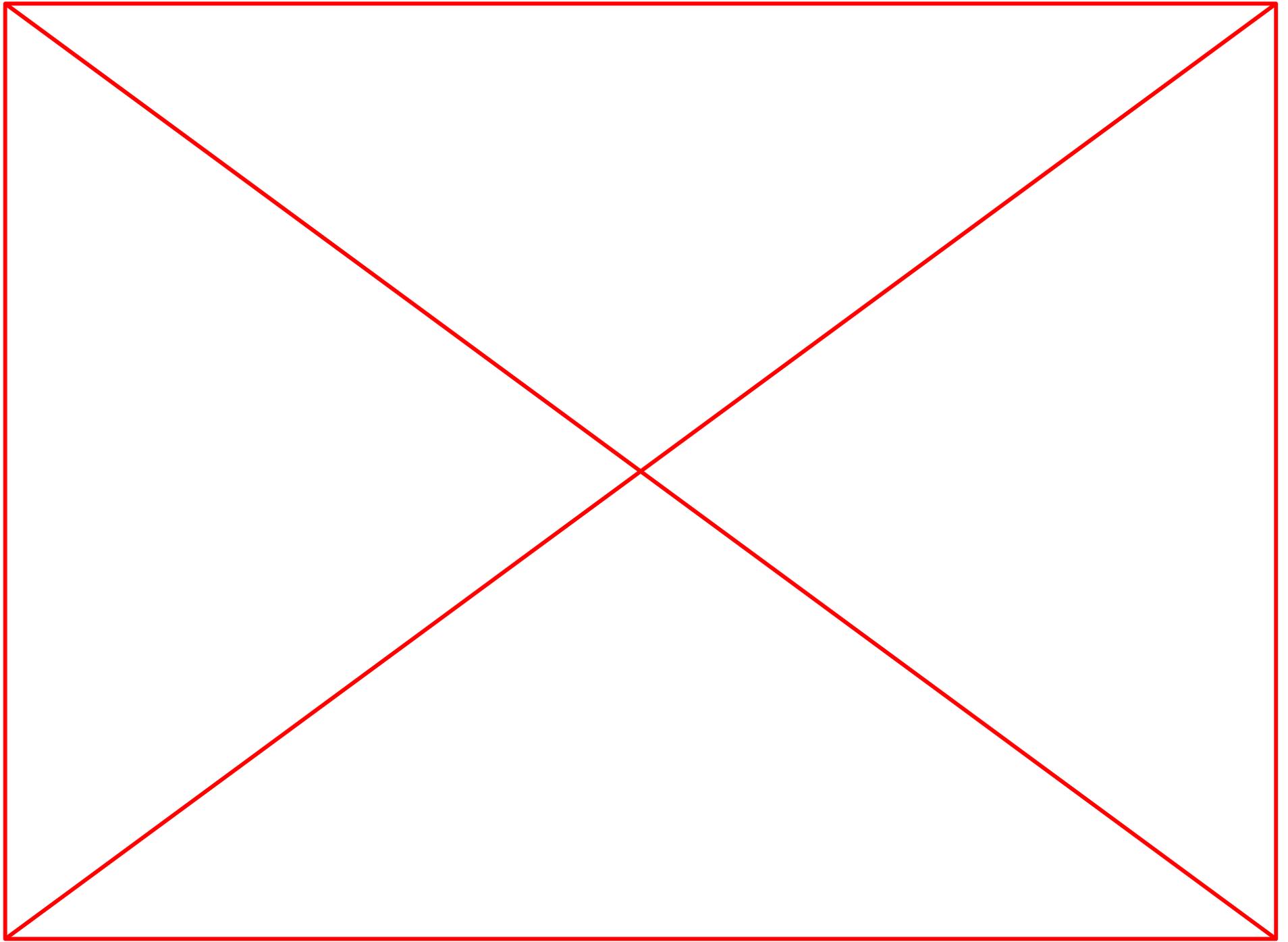


Desdoblamiento ctra. C-25  
(Espinelves-Santa Coloma de Farnes),  
Barcelona. [www.pacadar.es](http://www.pacadar.es)





VIGAS METÁLICAS

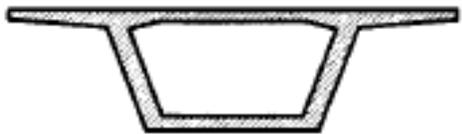


LOSA CON VOLADIZOS

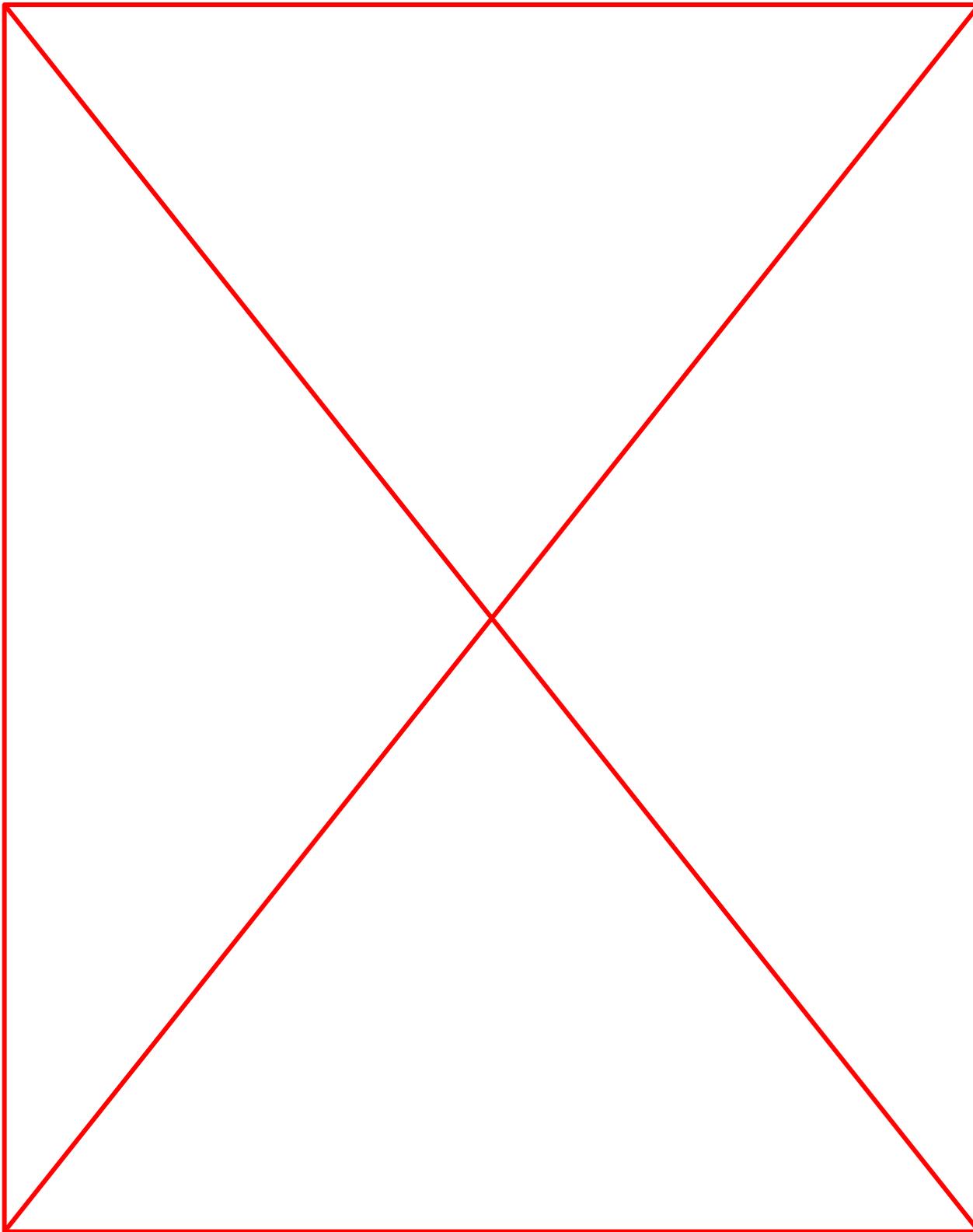


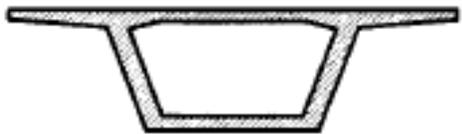
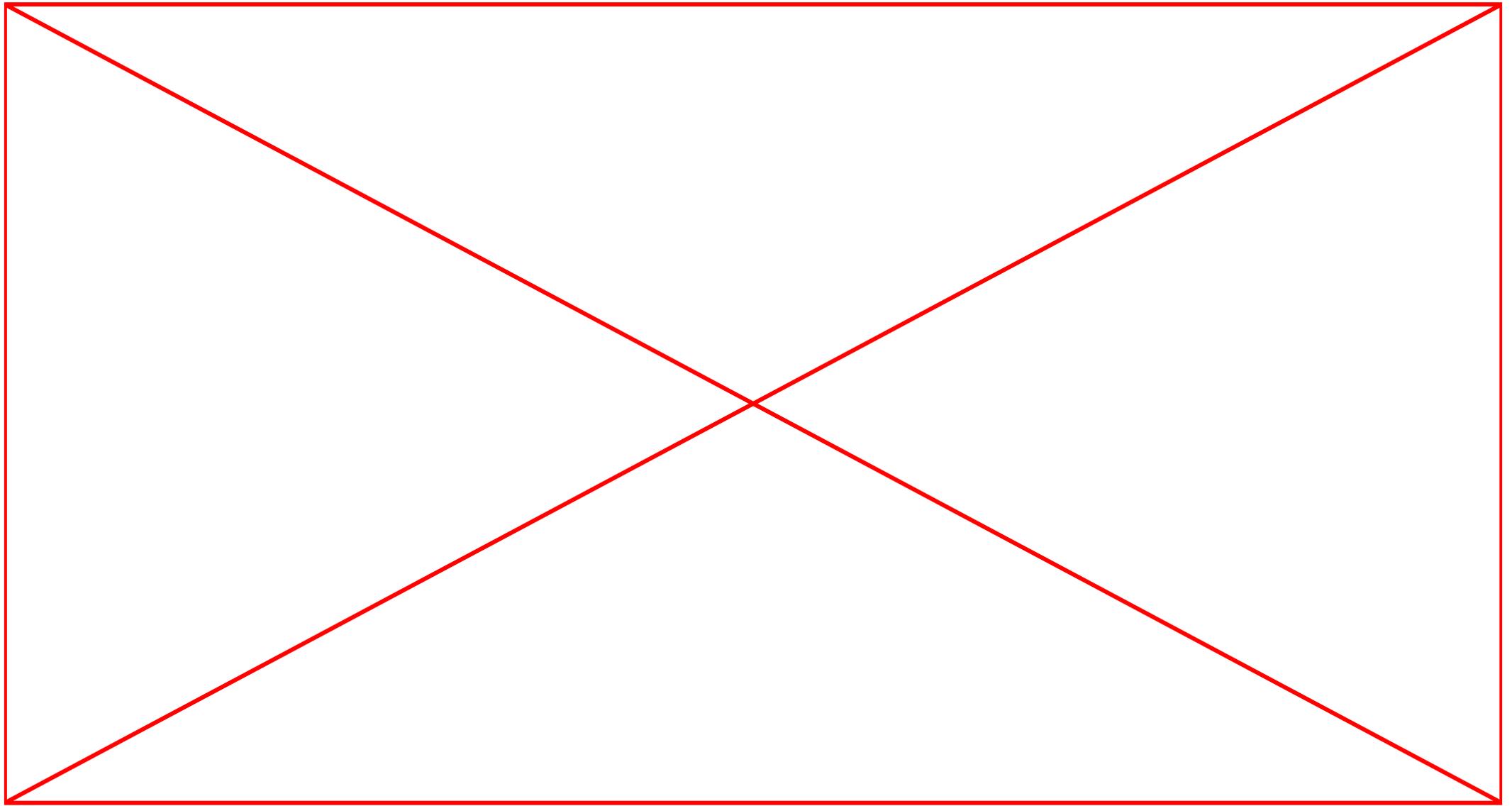
Viaducto de Osormort

Foto: cfcsl.com

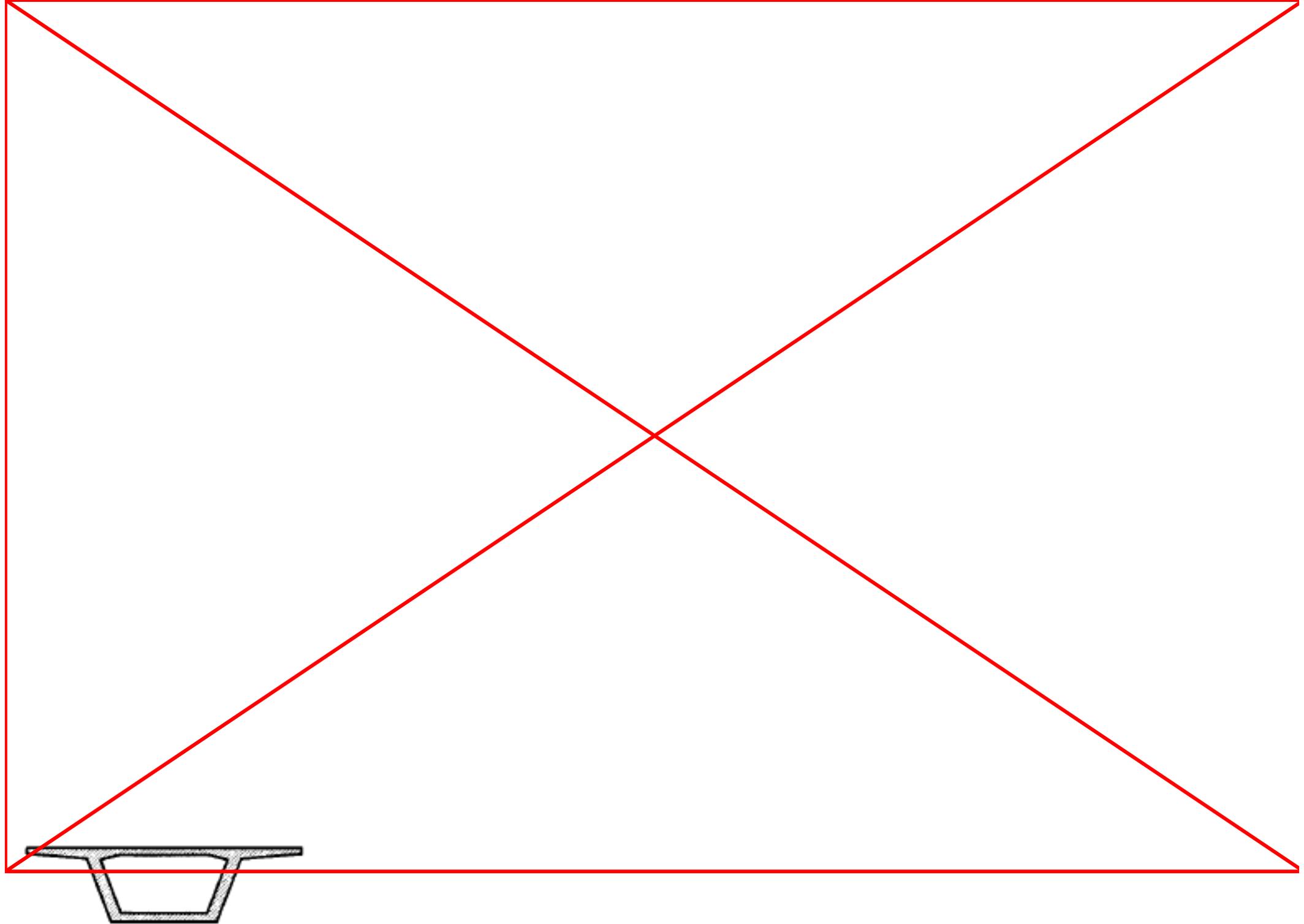


CAJÓN DE HORMIGÓN





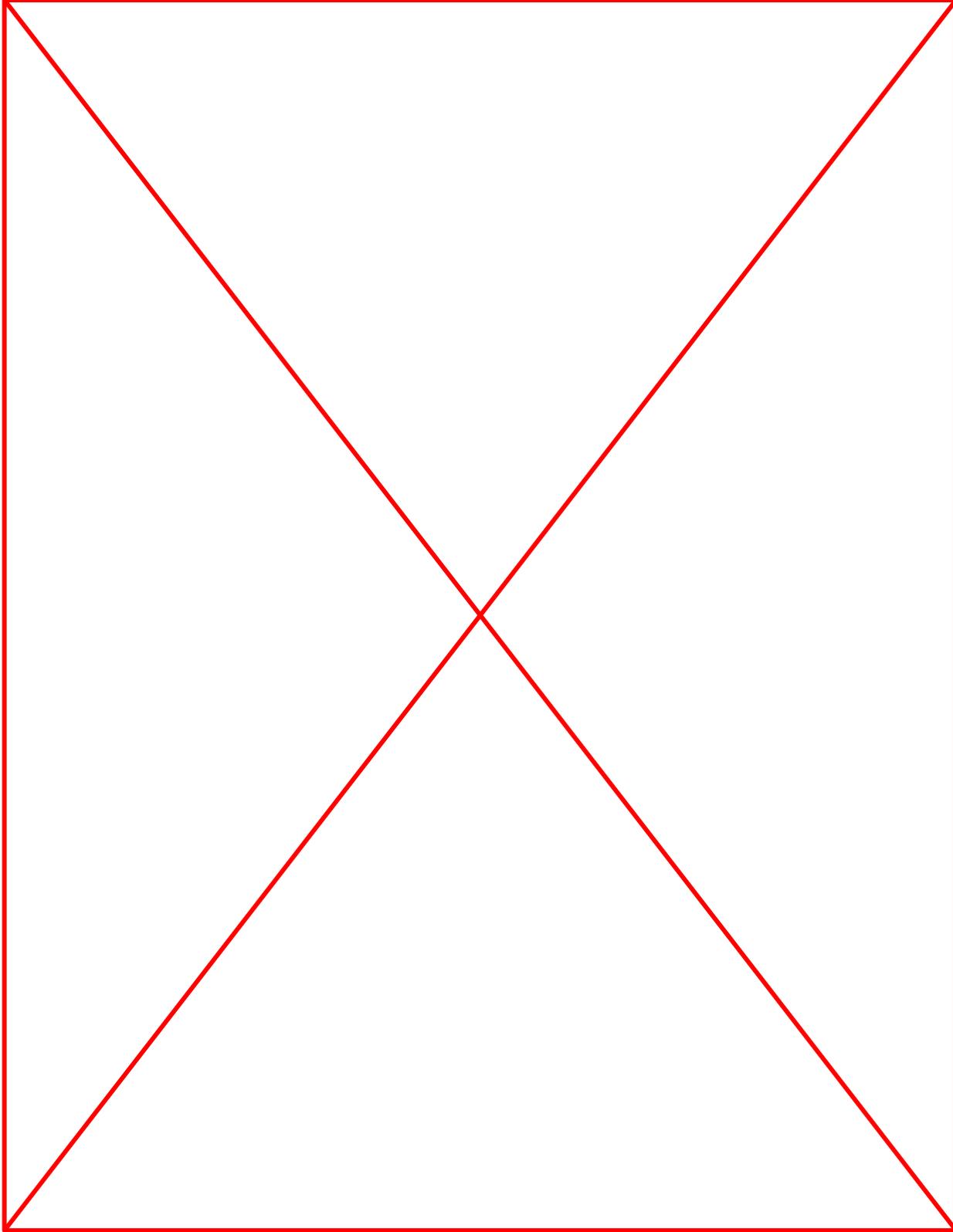
CAJÓN DE HORMIGÓN

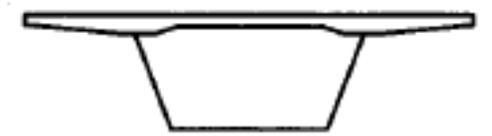
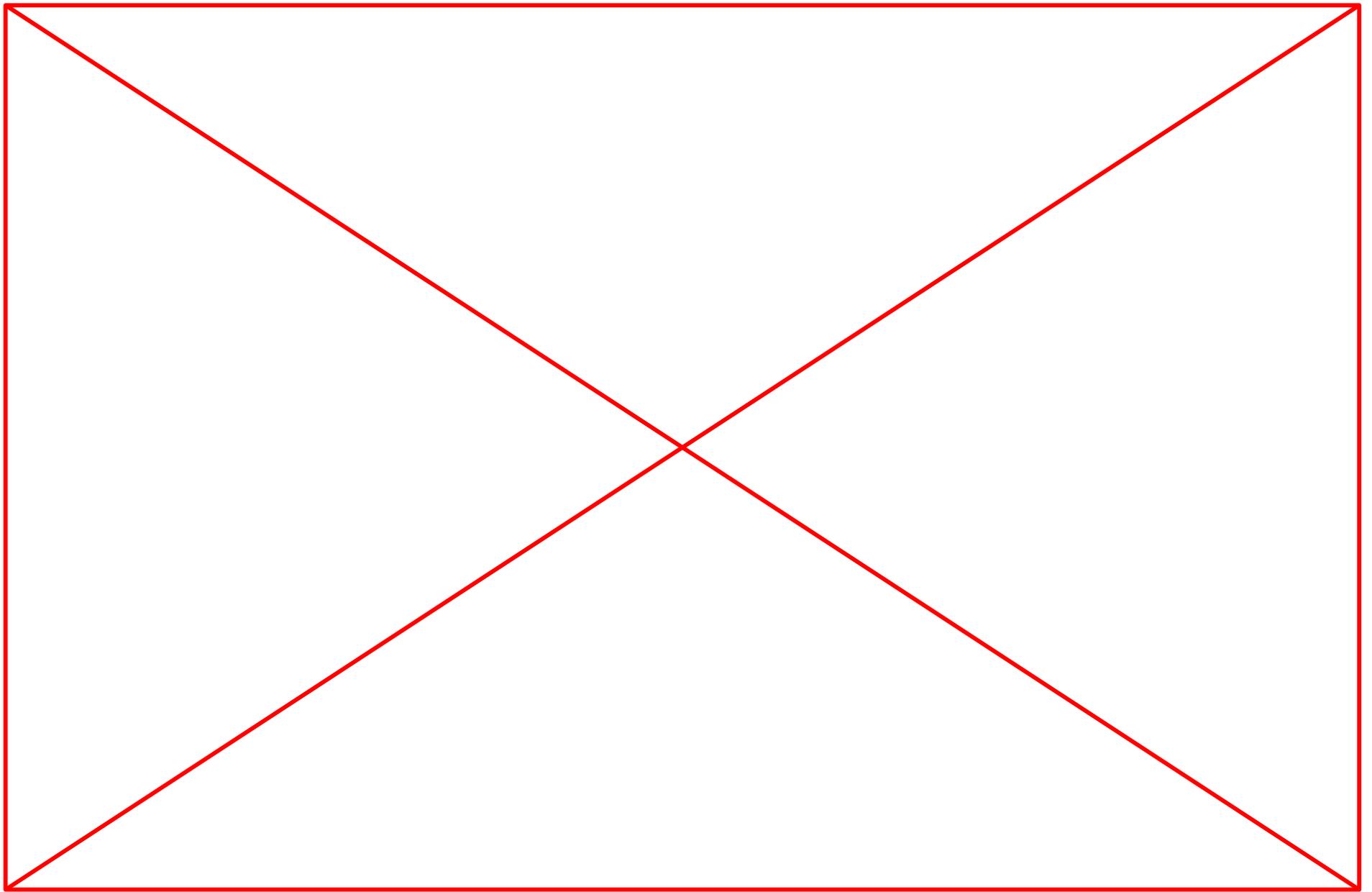


CAJÓN DE HORMIGÓN



CAJÓN DE HORMIGÓN

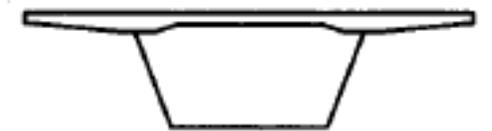




CAJÓN MIXTO



<http://estructurando.net/2015/07/06/el-rasante-ese-gran-desconocido-parte-i/>

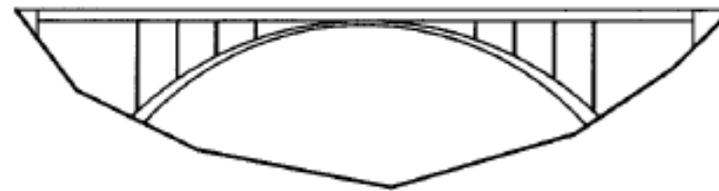


CAJÓN MIXTO

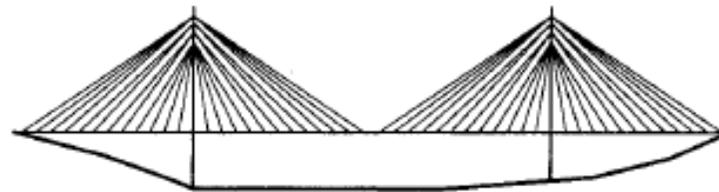


## CLASIFICACION EN FUNCIÓN DEL TIPO ESTRUCTURAL.

- Arcos: de tablero superior, intermedio o inferior.
- Puentes extradosados.
- Puentes con atirantamiento inferior.
- Atirantados: con atirantamiento central o doble plano de tirantes; arpa, semiarpa o abanico.
- Puentes colgantes.



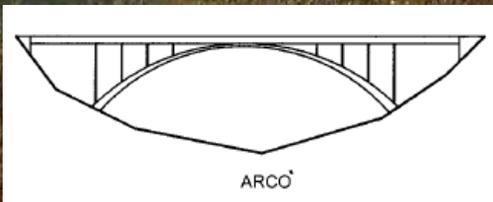
ARCO



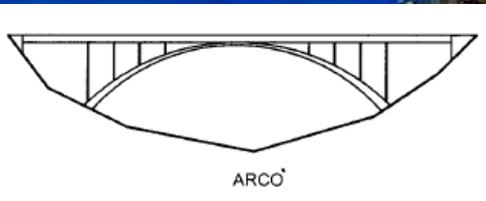
ATIRANTADO



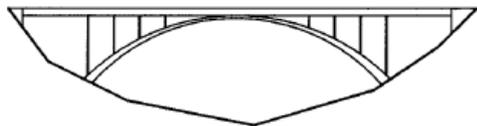
COLGANTE



Viaducto de Martín Gil Foto: wikipedia



Arco de La Vicaría. Foto: wikipedia

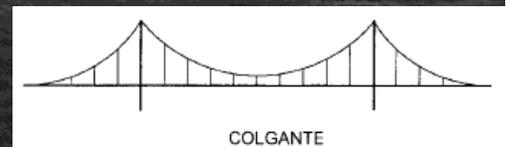


ARCO

Pasarela de Plentzia. Foto: [www.puentemania.com](http://www.puentemania.com)

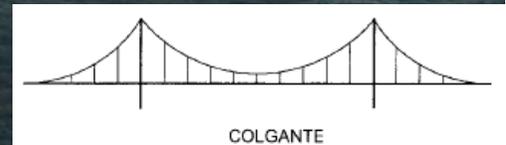


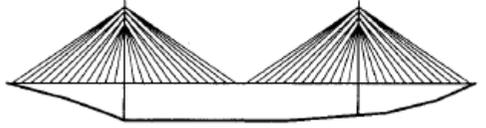
Golden Gate. San Francisco.  
Foto: wikipedia





Golden Gate. San Francisco.  
Foto: wikipedia



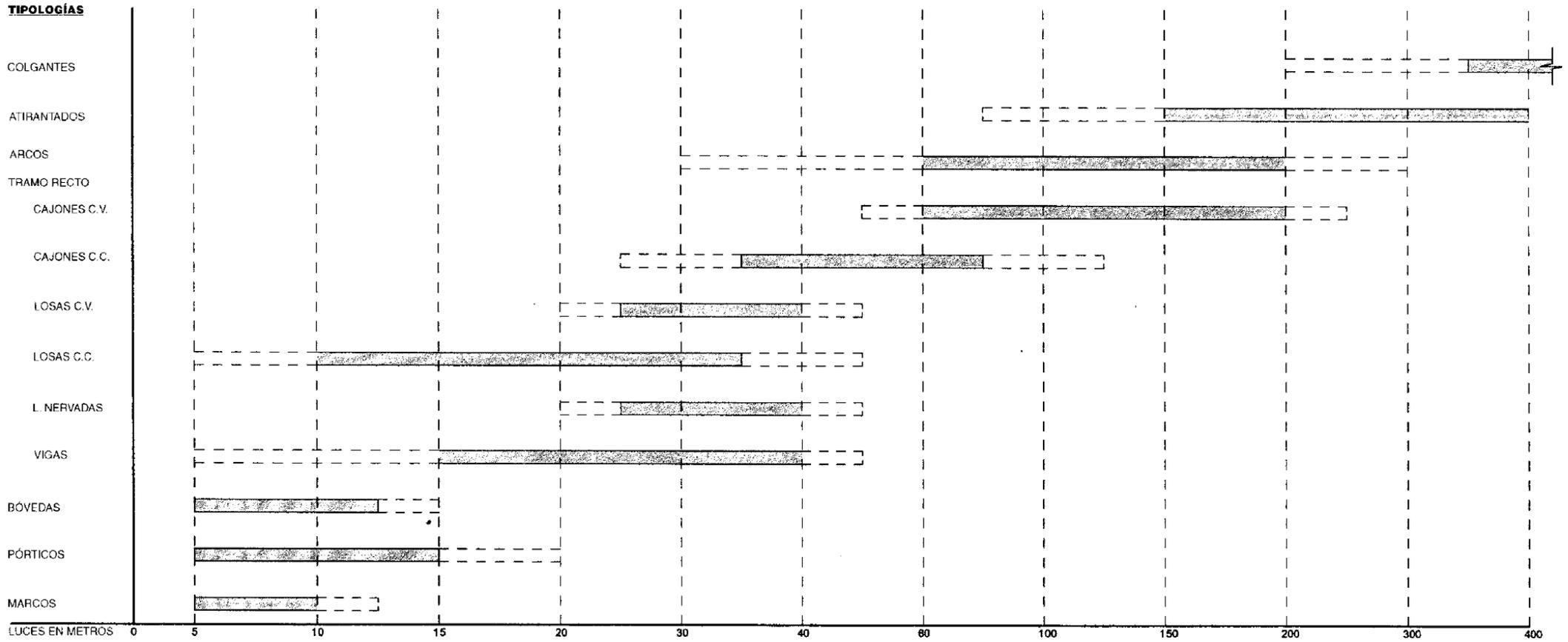


ATIRANTADO

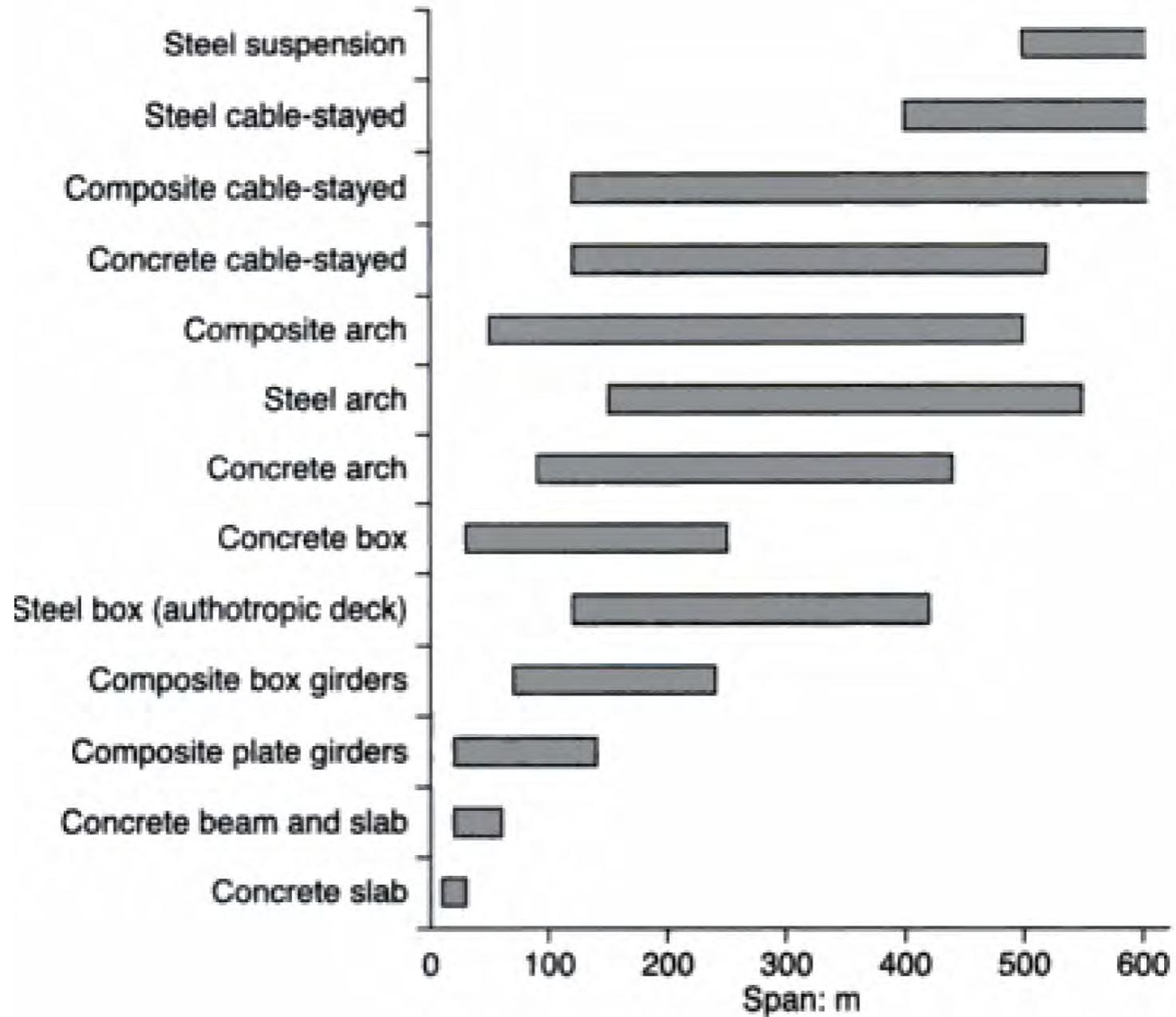
Puente de Barrios de Luna.

Foto: cfcs.com

# RANGO DE UTILIZACIÓN MÁS FRECUENTE DE TIPOS DE OBRAS DE PASO



C.C.: CANTO CONSTANTE  
 C.V.: CANTO VARIABLE  
 \* EN SOMBRADO, RANGO ÓPTIMO  
 \* EN DISCONTINUA, RANGO POSIBLE DE UTILIZACIÓN



10 15 20 25 30 35 40 50 60 80 100 125 150 175 200 250 300 350 400 800 1000 1500

Colgantes

Atirantados

Arcos

Cajón canto variable

Cajón Canto constante

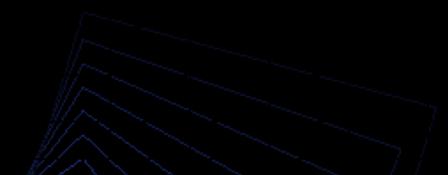
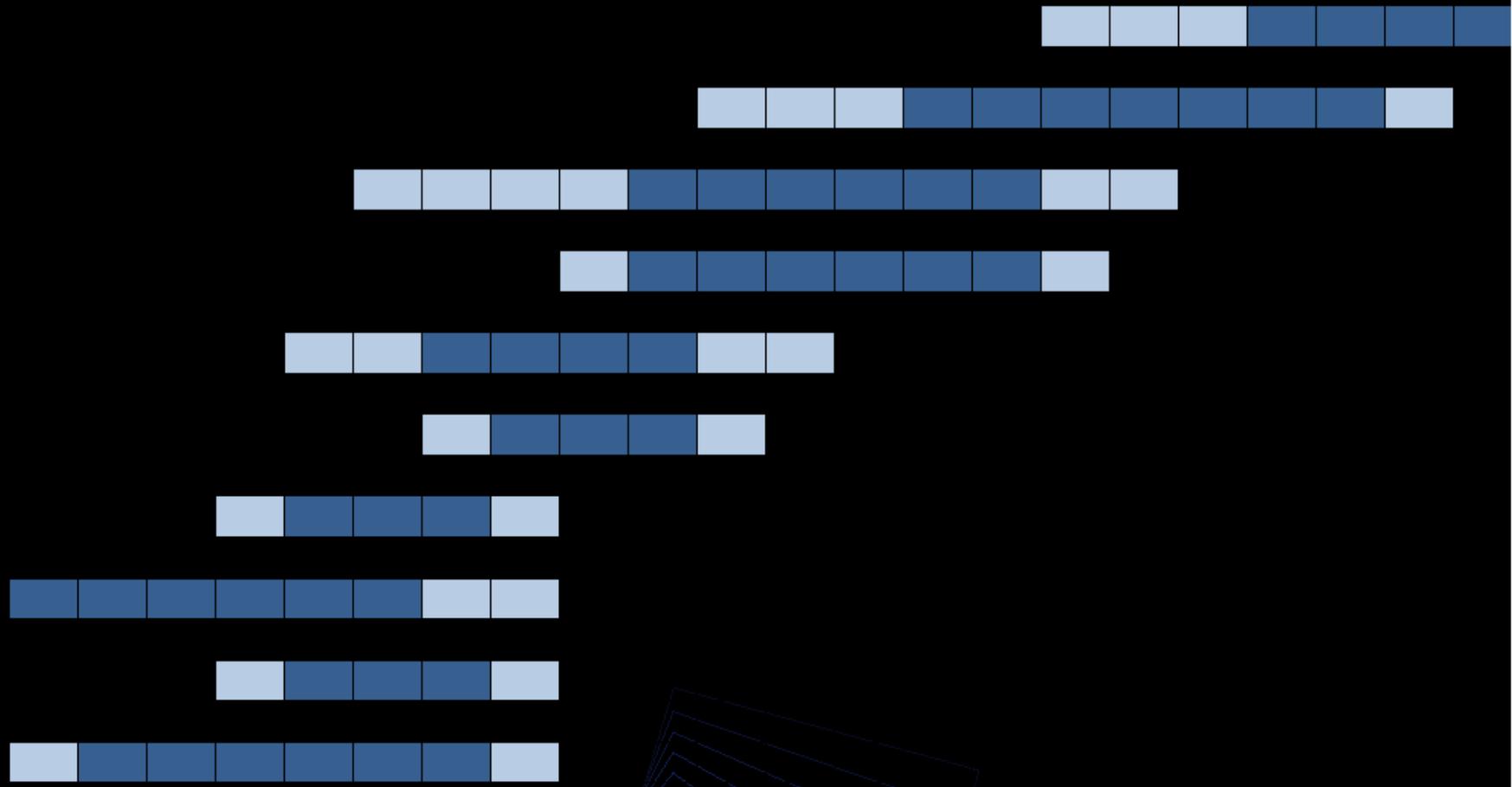
Vigas metálicas

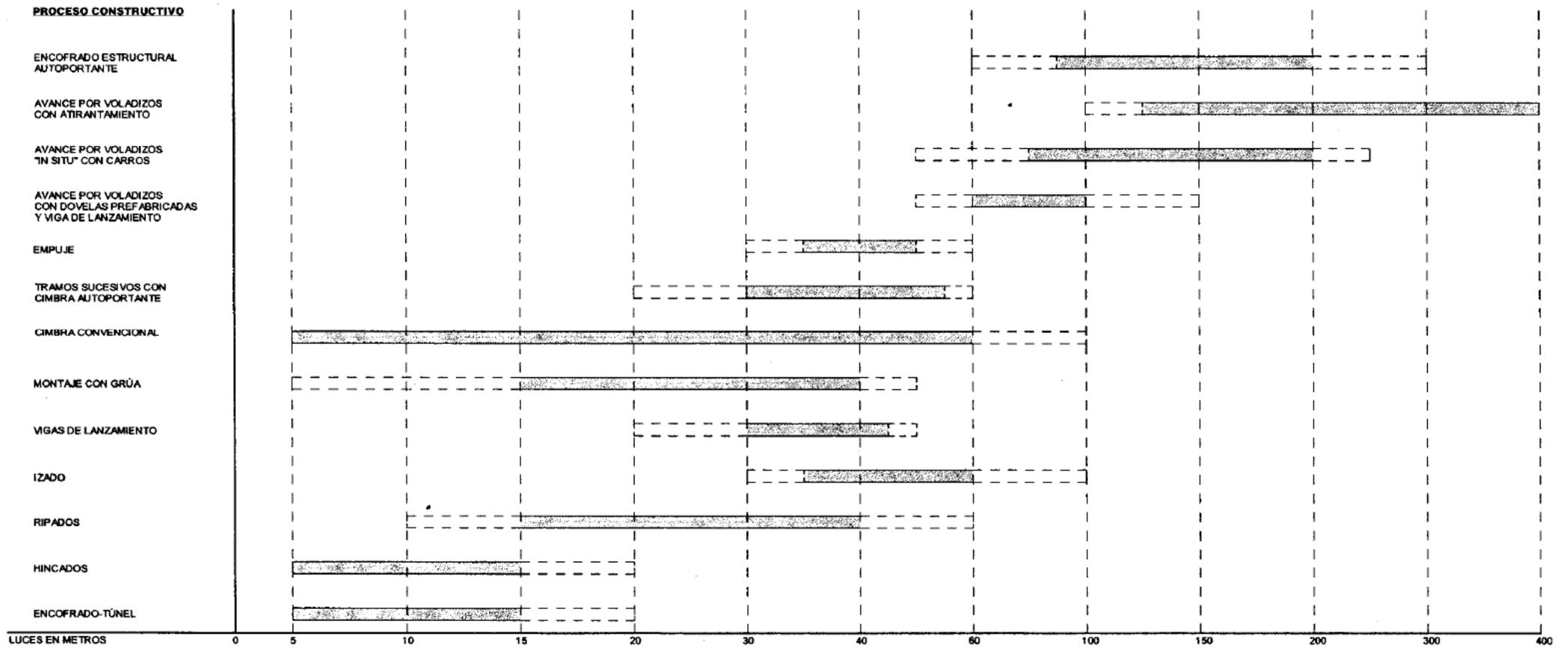
Losas canto variable

Losas canto constante

Nervadas

Vigas hormigón





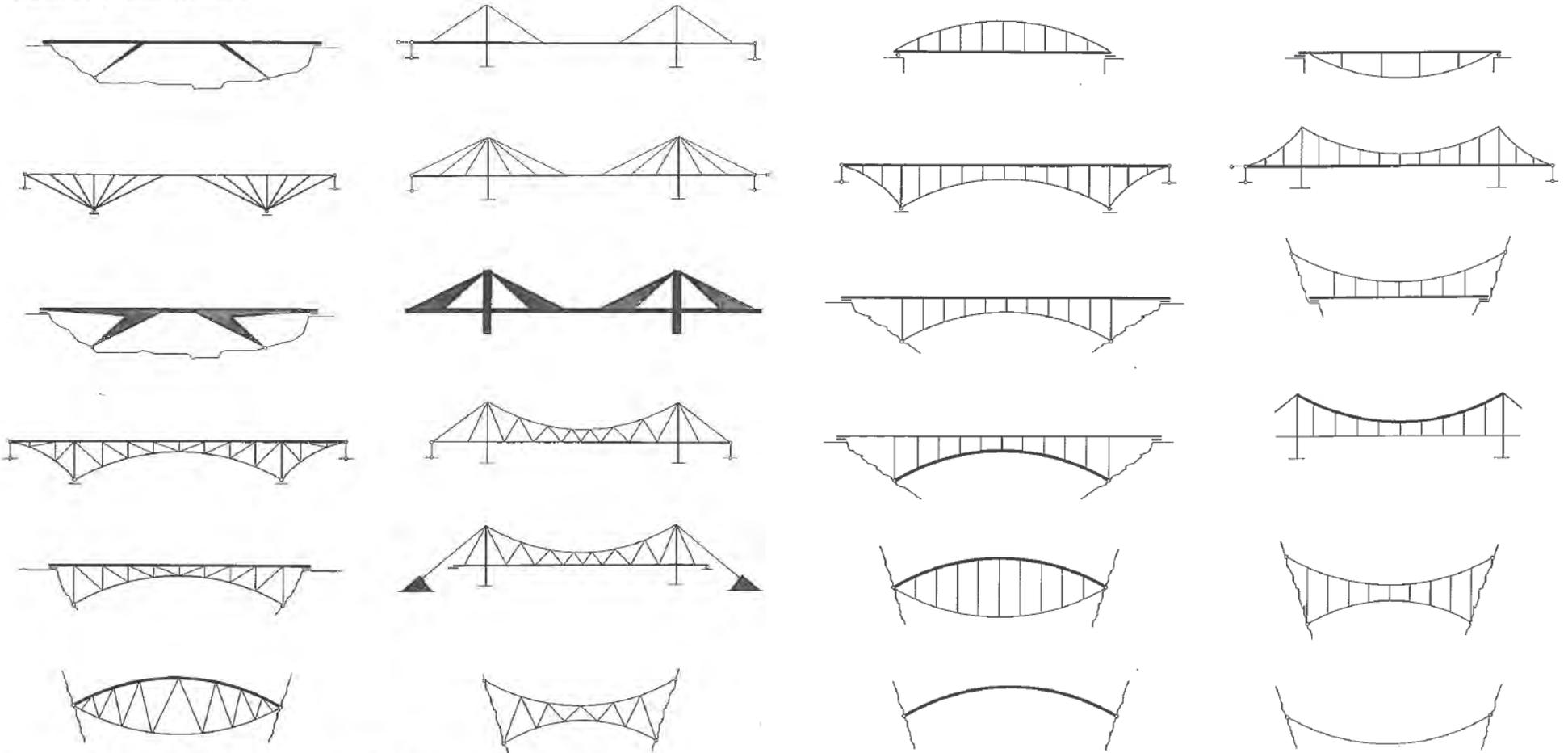
\* EN SOMBRADO. RANGO MÁS COMÚN DE UTILIZACIÓN  
 \* EN DISCONTINUA. RANGO POSIBLE DE UTILIZACIÓN



↓ Druck

↑ Zug ↓

Auflösung des Balkens



Versteifung durch Fachwerkwirkung und Vorspannung

Versteifung durch Biegesteifigkeit und Vorspannung

*(Holgate. The work of Jörg Schlaich and his team)*



## CLASIFICACION EN FUNCIÓN DEL TIPO ESTRUCTURAL.

- Marcos.
- Pórticos.
- Bóvedas.
- Estructuras de tramo recto, ya sean simples o de tramo continuo. A su vez se pueden clasificar en celosías y tableros constituidos por vigas, losas o cajones.
- Arcos: de tablero superior, intermedio o inferior.
- Puentes extradados.
- Puentes con atirantamiento inferior.
- Atirantados: con atirantamiento central o doble plano de tirantes; arpa, semiarpa o abanico.
- Puentes colgantes.



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena

# 3

## Condicionantes para el proyecto



## **CONDICIONANTES PARA EL PROYECTO**

Las obras de paso forman parte, en general, de un proyecto mucho más amplio con el que mantienen una interrelación en la que se condicionan mutuamente. Por tanto, las estructuras no son nunca un hecho aislado que se pueda diseñar y proyectar con total libertad, sino que existen una serie de condicionantes que deben ser considerados “a priori”. Entre otros se pueden citar:

- Los funcionales.
- De trazado.
- Geológicos y geotécnicos.
- Constructivos.
- Económicos.
- Estéticos.
- Medioambientales.



### 1.2.1. Condicionantes funcionales

Es necesario identificar claramente la **finalidad de la estructura**, distinguiendo cuáles son las características esenciales que ha de tener, cuáles las convenientes y cuáles son simplemente accesorias. Así, por ejemplo, una pasarela debe satisfacer unas limitaciones de vibración diferentes a las de un paso inferior de autovía que no tenga tráfico peatonal; las juntas de un estructura que soporte una autovía con gran tráfico deben satisfacer unos requisitos de mantenimiento y reposición diferentes a los de un paso superior sobre dicha autovía; etc.



## 1.2.2. Condicionantes de trazado

Son condicionantes de trazado todos aquellos, con incidencia sobre la obra de paso, que se derivan de la definición geométrica completa de la calzada que soporta y de la del obstáculo que deba salvar: carretera, vía de ferrocarril, curso de agua, etc.

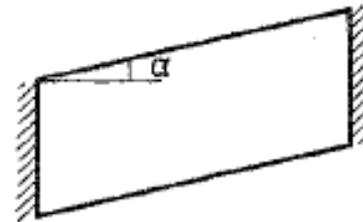
Entre ellos se pueden citar los siguientes:

- Geometría en planta y alzado.
- Sección transversal de la vía que ha de ser soportada:
  - Anchura de la calzada.
  - Anchura de la mediana.
  - Peralte.
- Gálibos vertical y horizontal exigidos y/o, en su caso, necesidades de desagüe.
- Previsión de futuras ampliaciones.

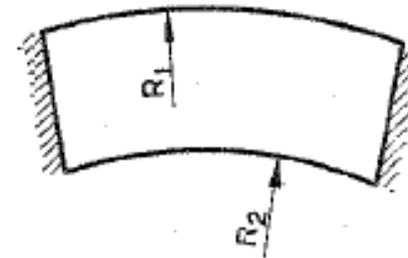
Aunque lo habitual en el proyecto de un tramo de autovía o de carretera es que en primer lugar se defina el trazado, tanto en planta como en alzado, y posteriormente, ciñéndose a ese trazado, se encajen las estructuras; debería plantearse desde un primer momento un análisis conjunto del trazado y de las obras de paso, para optimizar el proyecto evitando, siempre que sea posible, estructuras excesivamente complejas y por tanto costosas, que con ligeras modificaciones en la geometría de la traza podrían simplificarse en su diseño y construcción, con la consiguiente economía.



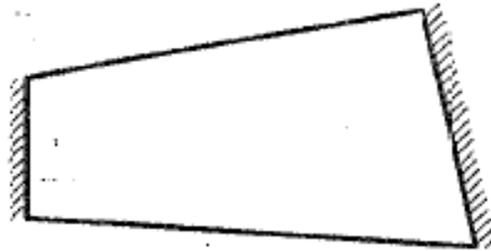
a) RECTO



b) OBLICUO



c) CURVO

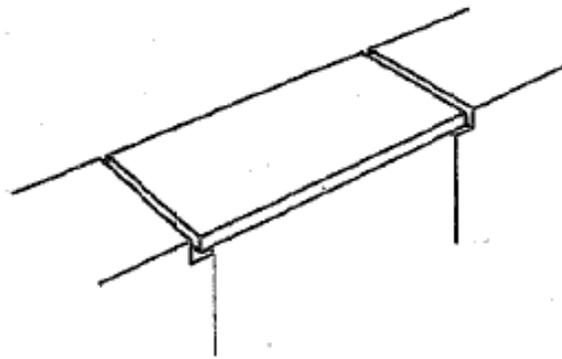


d) ARBITRARIO

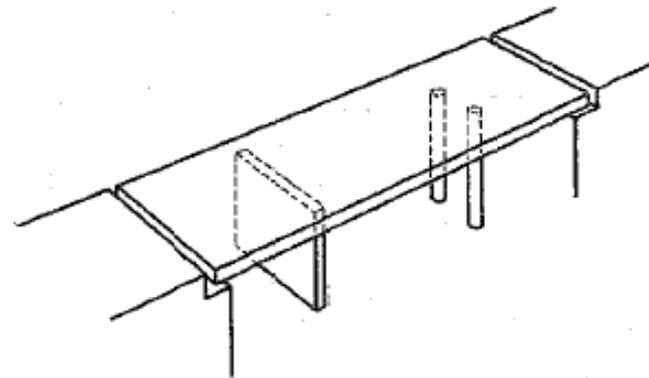


e) ARBITRARIO BIFURCADO

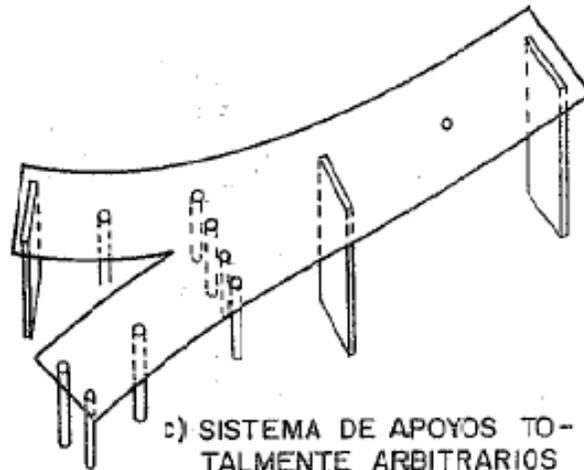
*Figura 2.2. Geometría de la planta.*



a) BORDES EXTREMOS PARALELOS  
EN APOYO SIMPLE



b) BORDES EXTREMOS PARALELOS  
CON APOYO SIMPLE Y APOYOS  
INTERMEDIOS ARBITRARIOS

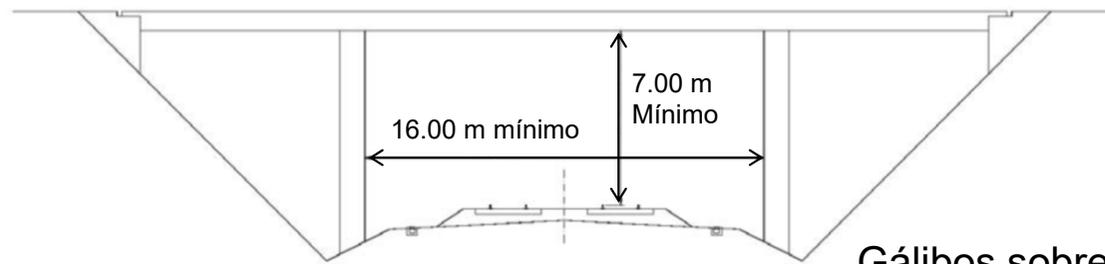
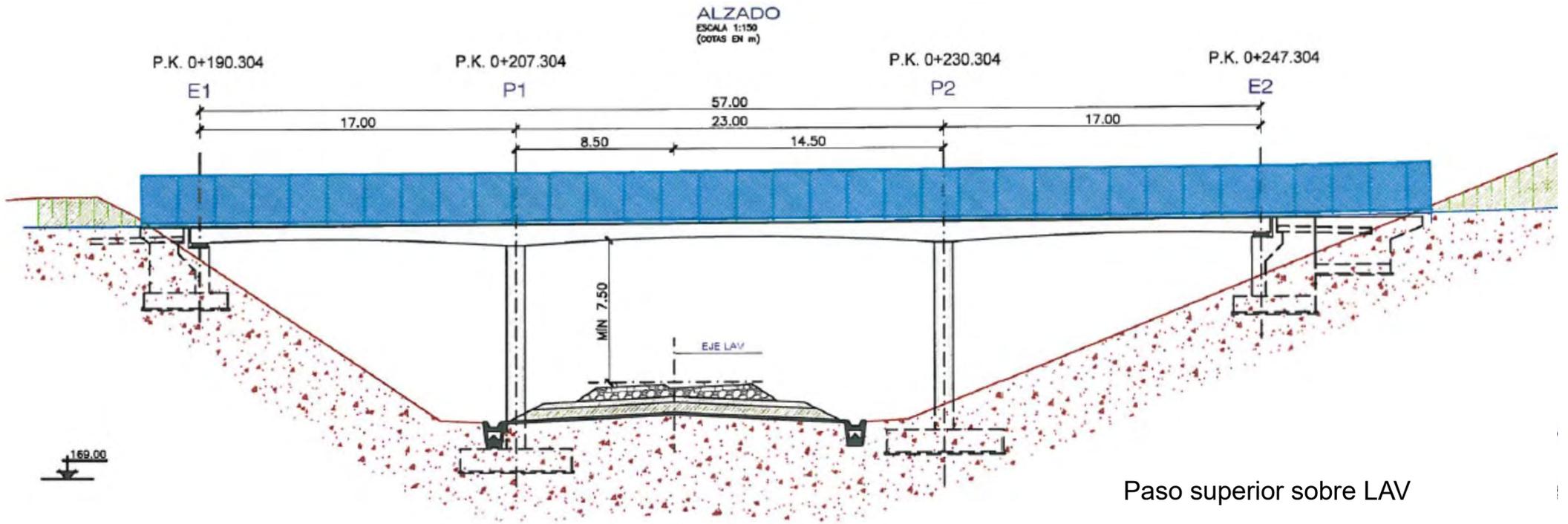


c) SISTEMA DE APOYOS TO-  
TALMENTE ARBITRARIOS

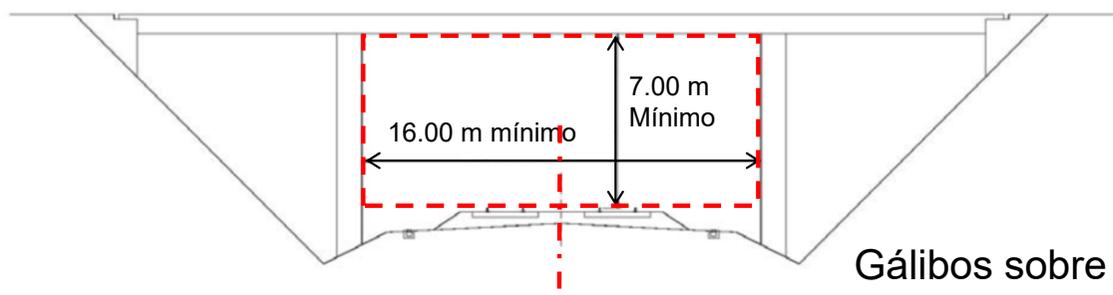
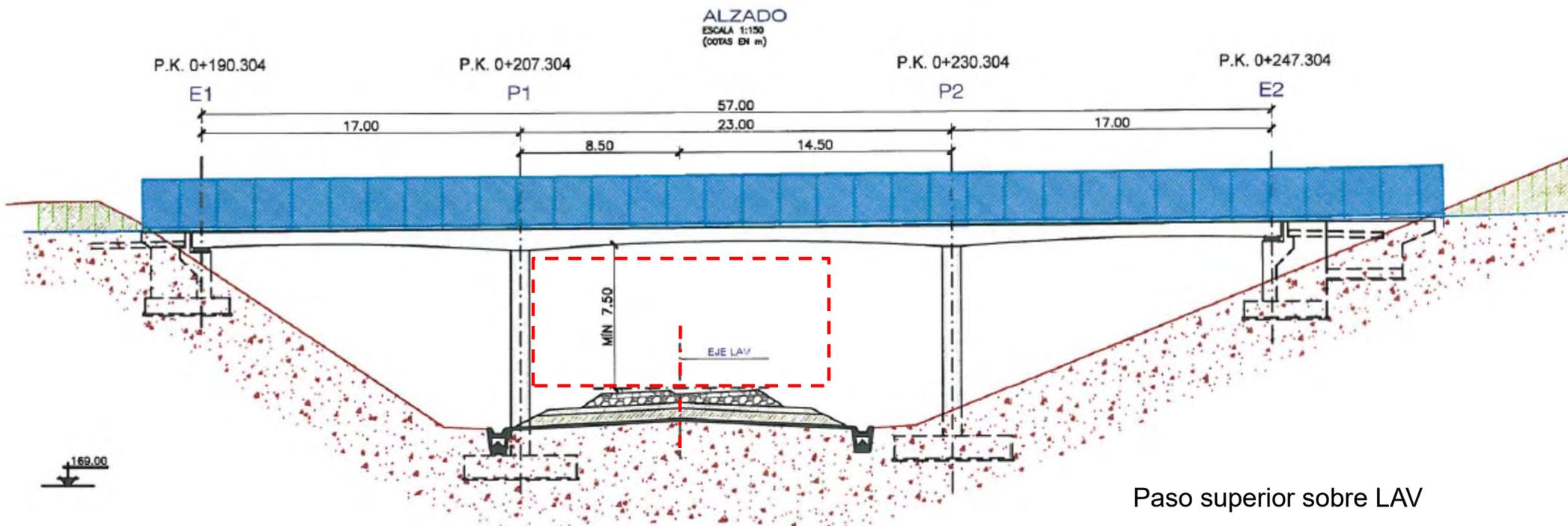


Se muestran a continuación algunos ejemplos de lo anteriormente enunciado :

- **Rasantes excesivamente ajustadas.** Condicionan, en función de los gálibos verticales mínimos, los cantos máximos de las estructuras que han de ser proyectadas y, por tanto, están limitando las posibilidades de elección de soluciones y encareciendo las posibles. Además, en caso de salvar una carretera, son un condicionante a las futuras repavimentaciones de ésta si se desea evitar que se produzcan impactos contra el tablero por falta de gálibo.
- **Cruces con fuerte esviaje.** Dan lugar a estructuras más largas y con mayores luces de lo necesario, lo que en algunos casos obliga a proyectar soluciones de cierta singularidad, como por ejemplo las pérgolas, que aunque no plantean dificultad alguna, tienen un coste mayor que soluciones más convencionales.
- **Carriles de incorporación o de salida dentro de las estructuras.** Originan tableros de ancho variable que, además de resultar más caros, pueden invalidar o dificultar algunos procesos constructivos, tales como el empleo de autocimbras, o soluciones prefabricadas.
- **Enlaces excesivamente complejos.** Dificultan la disposición de los soportes de las estructuras, lo que habitualmente conlleva aumento de la luz de los vanos y/o vanos descompensados y, como consecuencia, soluciones más caras.



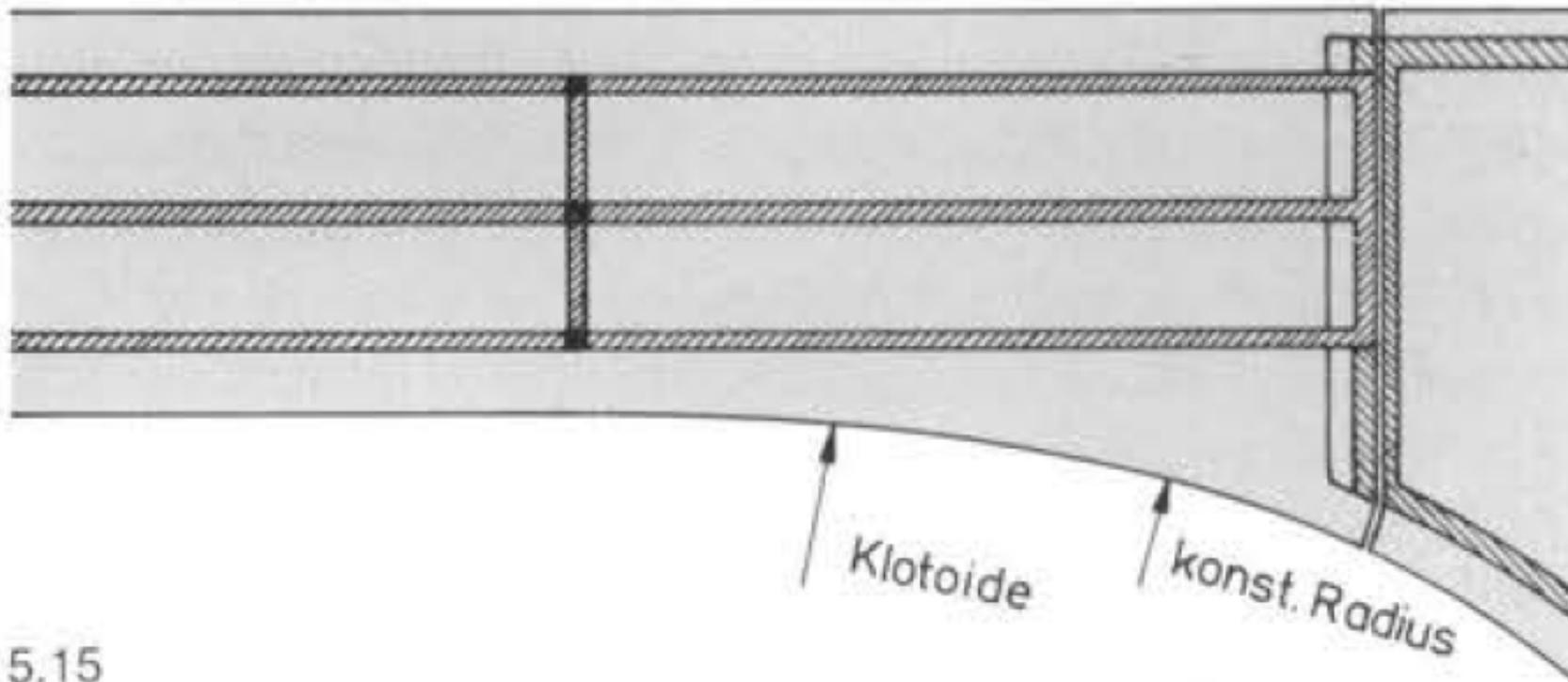
Gálibos sobre LAV (IGP-05)





(Pérgola ferroviaria en ejecución)

<https://construblogspain.wordpress.com/2014/04/25/pergolas-ferroviarias-caso-practico/>



5.15

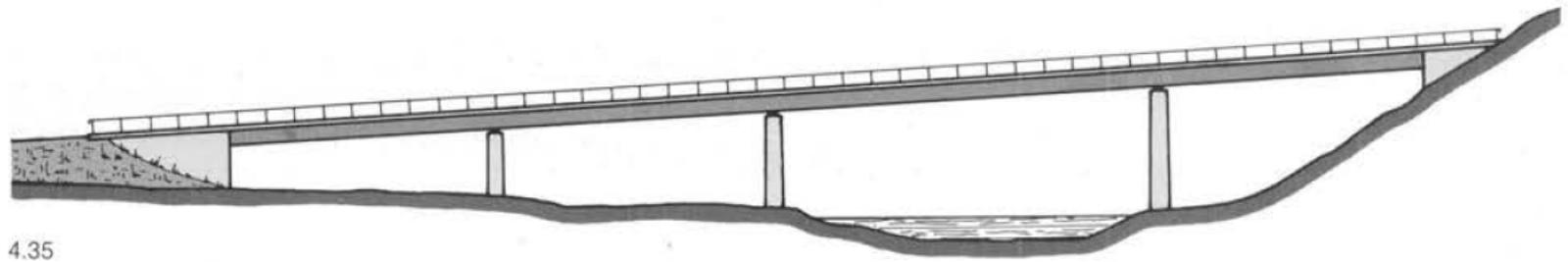
(Ancho variable ya dentro del puente)

5.15 If deviation begins on the bridge, then with steadily changing curvature.

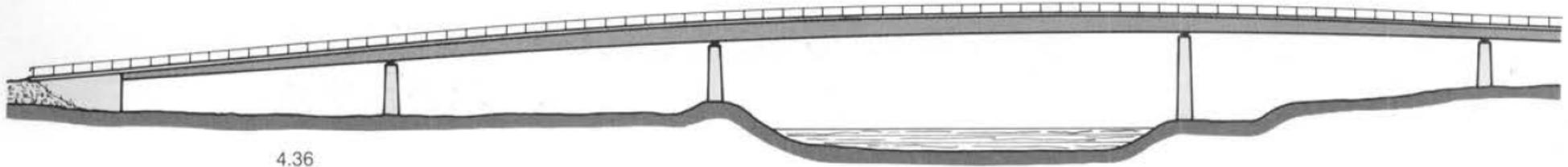
(Leonhardt, 60)



Construcción de la autopista North Tarrant Express en Texas ([www.ferrovial.com](http://www.ferrovial.com))



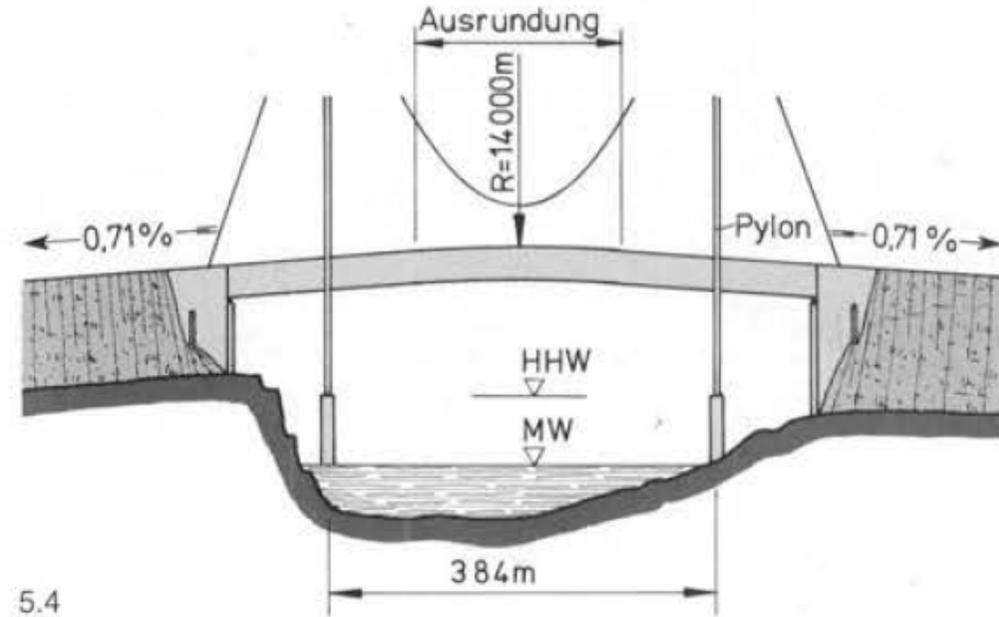
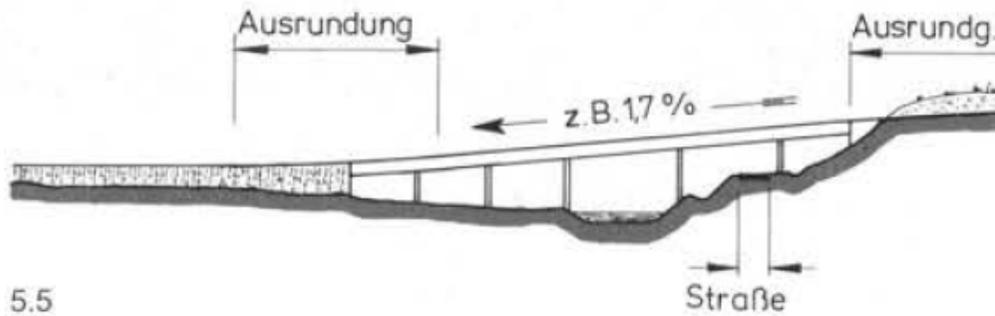
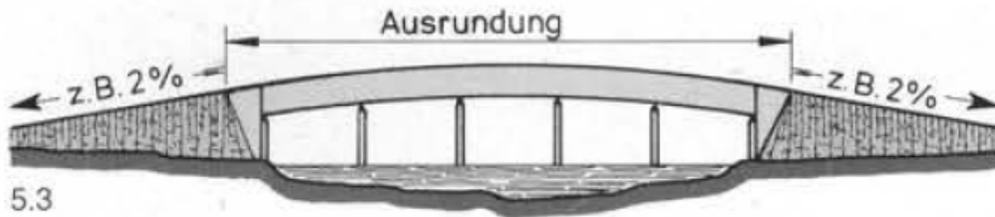
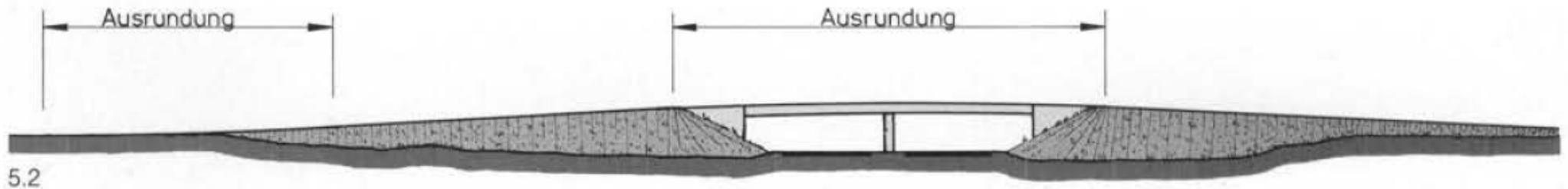
4.35



4.36

4.37 Three span beam bridge with straight haunches.

4.38 Curved alignment makes curved haunches advisable.

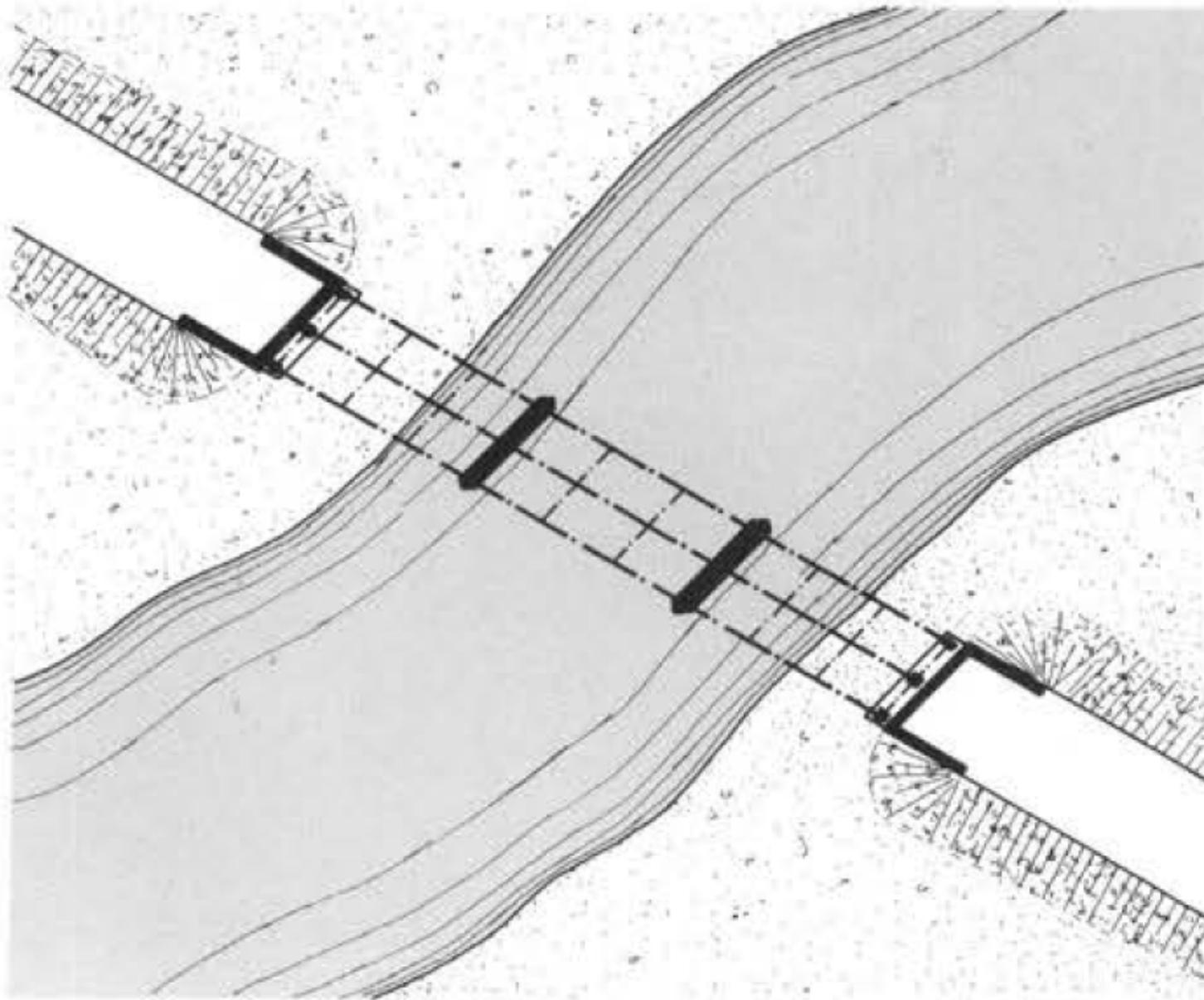


5.2 Elevation profile of an overpass in flat country.

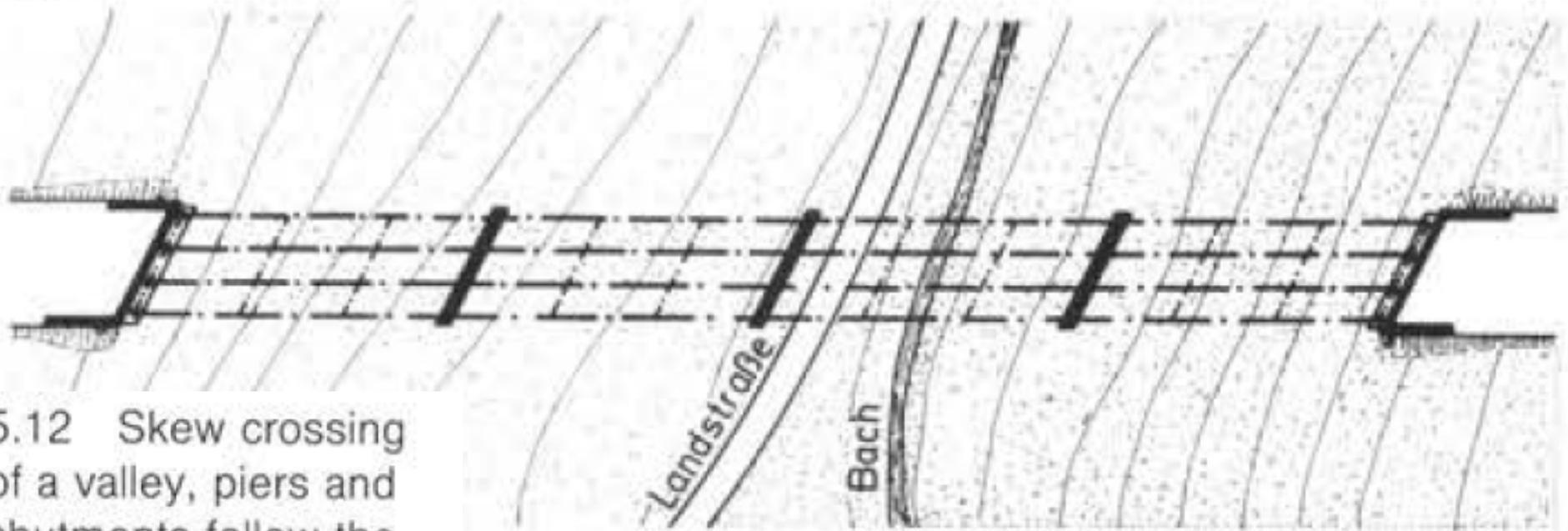
5.3 Elevation of a river bridge, culmination in the middle.

5.4 Elevation of bridge across the Rhine in Cologne-Rodenkirchen.

5.5 Elevation profile of a bridge ascending to a high level bank.

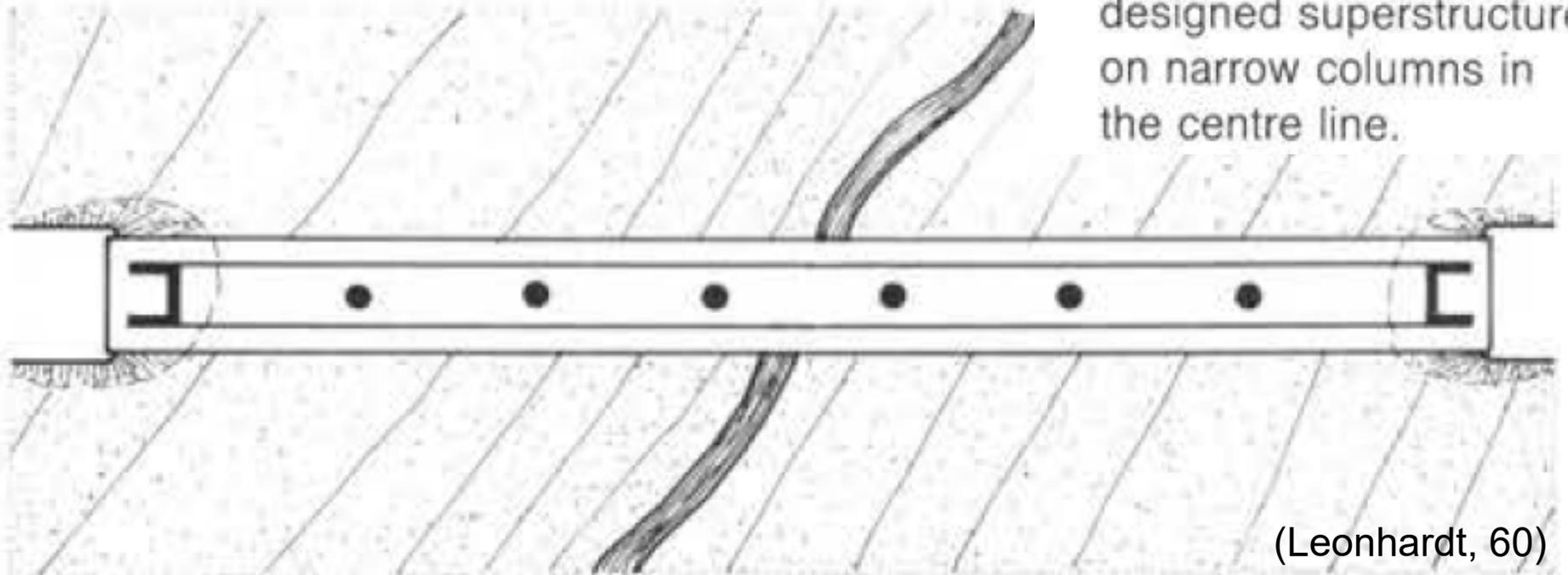


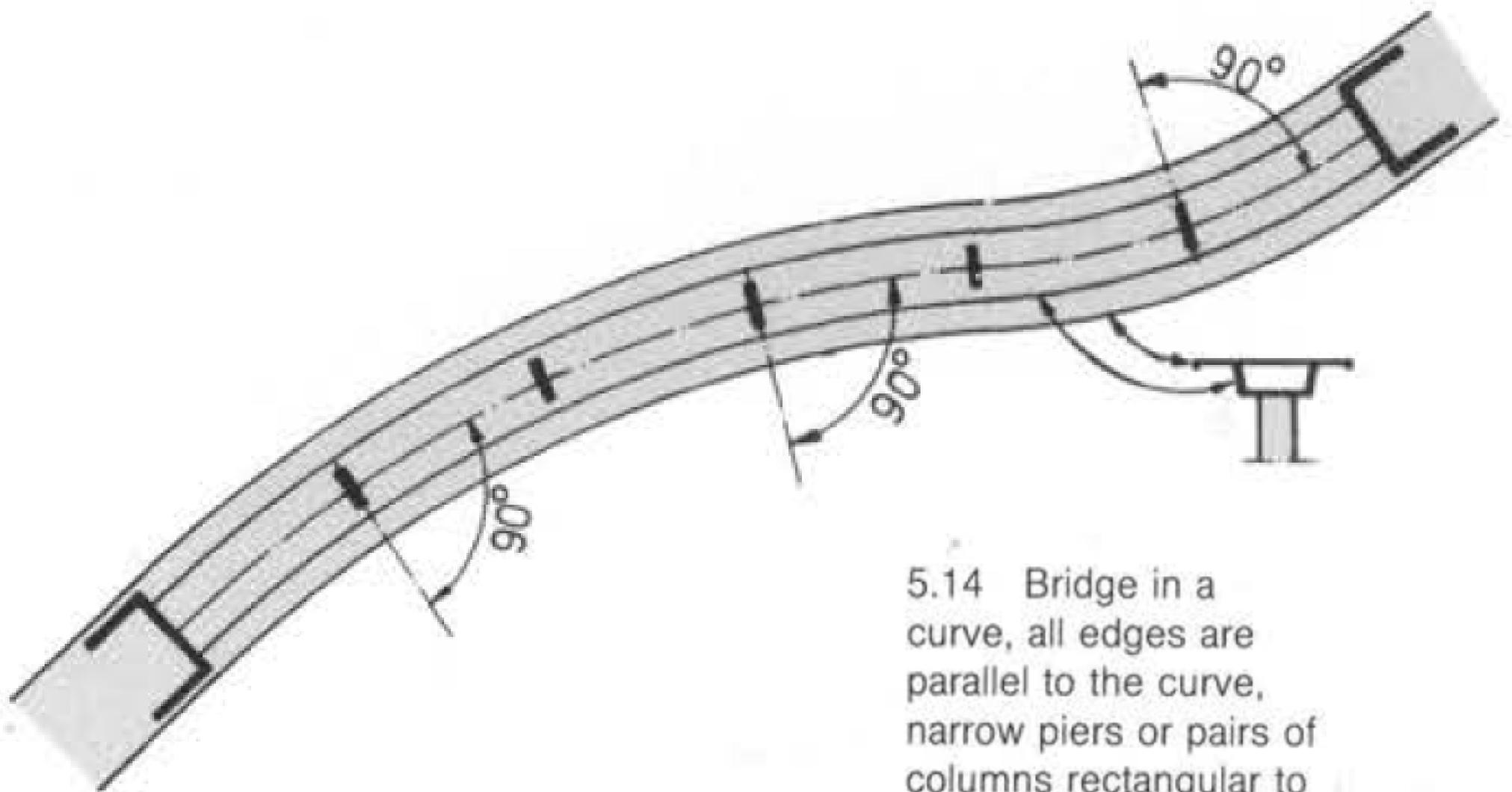
5.11 Skew river crossing, piers, abutments and crossbeams follow the direction of the river. (Leonhardt, 60)



5.12 Skew crossing of a valley, piers and abutments follow the direction of the valley.

5.13 Skew crossing of a valley, rectangularly designed superstructure on narrow columns in the centre line.





5.14

5.14 Bridge in a curve, all edges are parallel to the curve, narrow piers or pairs of columns rectangular to axis.



### 1.2.3. Condicionantes geológicos y geotécnicos

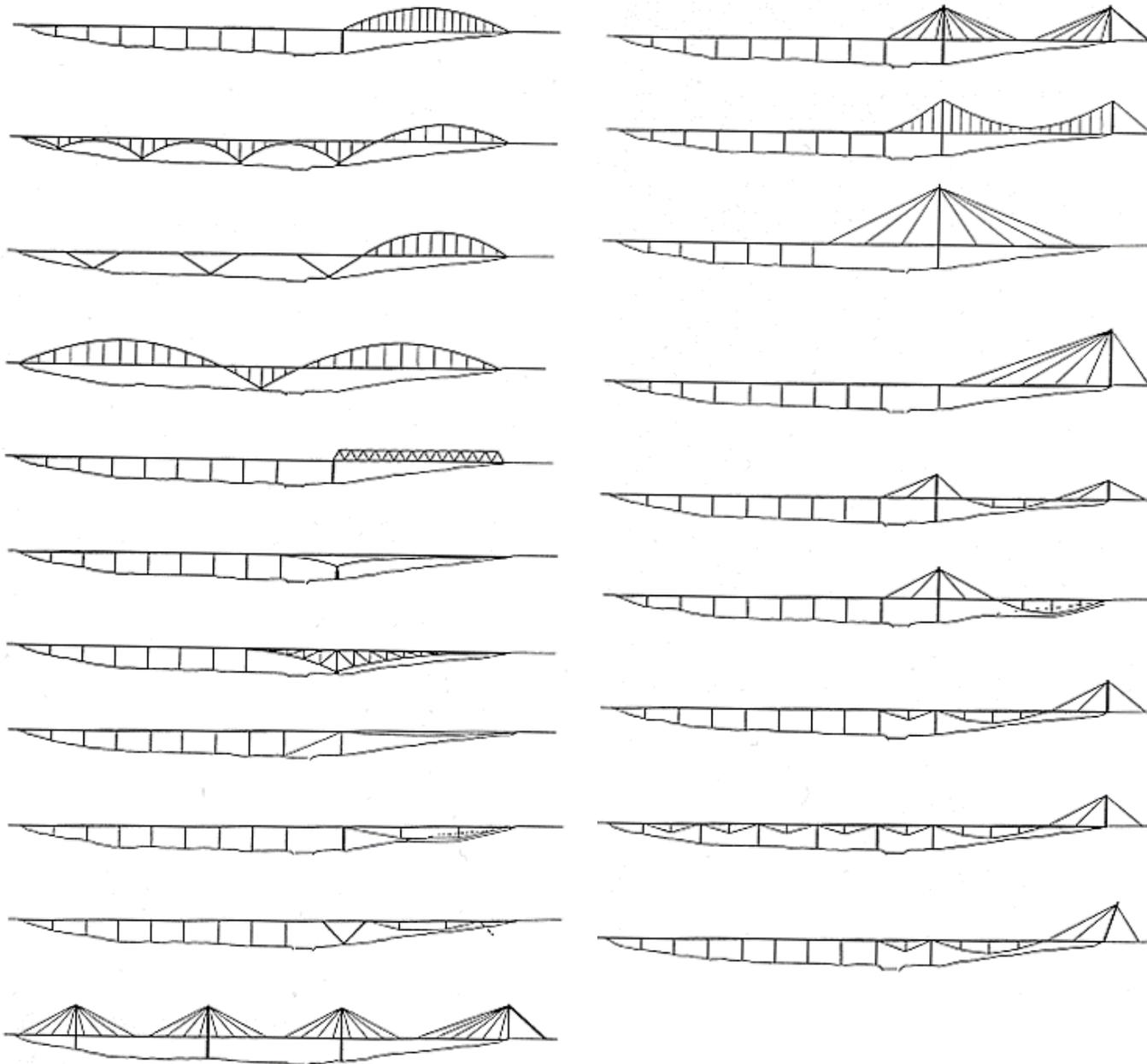
La geología no sólo puede condicionar, de una manera general, la elección de un trazado, sino que en algunos casos puntuales la aparición de una falla, un cambio brusco en el buzamiento, etc., pueden incidir en la ubicación de los apoyos y, por tanto, en la luz de los vanos de la estructura.

Desde el punto de vista geotécnico, la capacidad resistente del terreno no sólo puede llevar a no considerar determinadas soluciones, como por ejemplo un arco inferior si ésta no resulta elevada, sino que incluso puede:

- Limitar la luz máxima de vano a fin de disminuir las cargas transmitidas a las cimentaciones.
- Inducir a la elección de tipologías de menor peso propio, como pueden ser las soluciones metálicas o mixtas frente a las soluciones de hormigón.
- Repercutir en la elección del material, v.g. hormigones ligeros u hormigones de alta resistencia en lugar de soluciones más tradicionales.
- Aumentar el número de vanos de la estructura para evitar la construcción de estribos de una altura excesiva para la capacidad resistente de terreno.
- Incluso en el aspecto constructivo, si el terreno es de muy baja capacidad portante, como por ejemplo los fangos, podría ser desaconsejable el uso de cimbras convencionales apoyadas en el terreno natural, por el riesgo de movimientos en la propia cimbra.

Conviene señalar que siempre se han de estimar los posibles asentos del terreno puesto que, aunque en el caso de estructuras isostáticas no producen en general esfuerzos en el tablero, pueden ser inadmisibles desde el punto de vista funcional, al originar problemas en la rodadura de la vía que soportan.

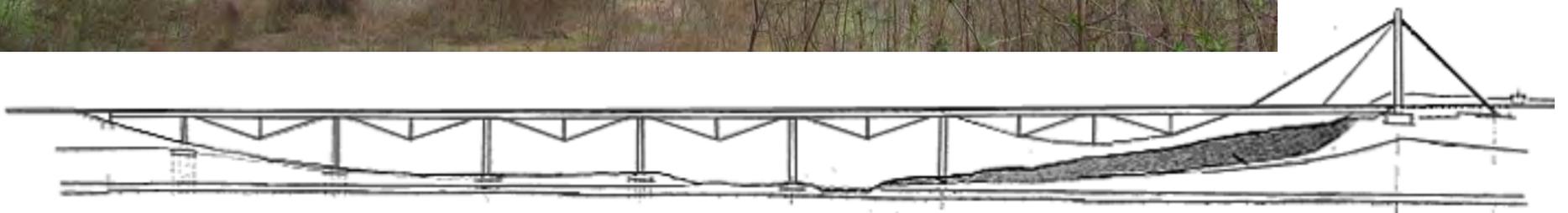
## Combined cable-stayed / Cable-supported "Obere Argen bridge"



This valley, crossed by a 6-lane Autobahn is 730 m wide with maximum depth of only 45 m above the little river "Obere Argen". Whereas between the eastern abutment and western bank of the river the soil conditions are good over a stretch of about 440 m to allow for a continuous girder on flat foundations, the slope between the western bank of the river and the western abutment over a length of 290 m is continuously sliding downhill at a rate of some 10 – 20 cm per year permitting no foundations. Therefore, the Highway Authority through a design competition invited proposals for a bridge with a 260 m end-span followed by regular spans over the remaining 440 m, with the aim to reconcile these two completely different boundary conditions in a very sensitive rural environment in the foothills of the Alps.



Obere Argen Brücke.  
Wikimedia Commons





#### 1.2.4. Condicionantes constructivos

El tipo estructural guarda una íntima relación con su proceso constructivo, por lo que las limitaciones que este tenga incidirán en la solución elegida. Así, por ejemplo, dificultades constructivas para realizar las pilas, ya sea por problemas de accesibilidad o por la presencia de cursos de agua, pueden aconsejar, aun manteniendo la misma longitud total de la obra de paso, disminuir el número de vanos aumentando su luz.

Entre las circunstancias que pueden condicionar el proceso constructivo se pueden citar:

- **Altura de rasante.** Si la distancia de la rasante al terreno es excesiva, puede verse dificultado o imposibilitado el uso de cimbras convencionales.
- **Accesibilidad y topografía.** Viaductos con dificultades de acceso pueden, por ejemplo, aconsejar el empleo de soluciones empujadas.
- **Plazo y programa de obra.** Plazos muy estrictos pueden llevar a optar, v.g., por el empleo de soluciones prefabricadas.
- **Posibilidad de ejecutar desvíos provisionales.** Pasos sobre vías en servicio en las que, no siendo posible hacer los siempre costosos y peligrosos desvíos provisionales, no es viable o aconsejable cimbrar, pueden llevar a soluciones empujadas, voladas o con elementos prefabricados, que perturben lo menos posible el tráfico de la vía inferior.
- **Geometría de la traza.** El trazado en planta y alzado puede condicionar, por ejemplo, la utilización de soluciones empujadas, ya que este procedimiento constructivo sólo es posible cuando el trazado es una recta de pendiente uniforme o una hélice de planta circular y paso constante.

## 1.2.5. Condicionantes económicos



La evaluación económica de una estructura debe hacerse teniendo en cuenta su coste global, es decir, no sólo el coste de sus materiales según proyecto, sino los costes asociados a la construcción, explotación, mantenimiento e incluso demolición (lo que sería siempre necesario en el caso de estructuras provisionales). Únicamente en función de este coste se podrán analizar las distintas alternativas posibles en cada caso concreto. Así, por ejemplo:

- Dependiendo del momento, el precio de los materiales, de la mano de obra o de determinados elementos, v.g. los prefabricados, se ve muy condicionado por las leyes de la oferta y la demanda.
- La importancia o el número de estructuras permiten que los medios auxiliares: cimbra, autocimbra, carros de avance, etc., sean o no amortizados plenamente.
- Adelantos o retrasos de la entrada en servicio de una estructura en función del proceso constructivo seleccionado, pueden tener grandes implicaciones económicas.
- Estructuras metálicas o mixtas de acero estructural no autopatinable, o autopatinable (Corten, Ensacor) en ambientes marinos o zonas de gran pluviosidad, necesitan una protección de pintura en sus superficies, implicando unos costes de conservación que se verán muy incrementados si la accesibilidad no es buena.
- Los residuos de la demolición de una estructura son menores si ésta es metálica o mixta que si es de hormigón.

Determinado el coste económico de una estructura, teniendo en cuenta todos los factores indicados, el peso que se le quiera dar a éste para decantarse por una solución concreta, será una decisión que en cada caso se habrá de ponderar adecuadamente.



### 1.2.6. Condicionantes estéticos

Las estructuras se integran o se deben integrar en el entorno y, en la medida de lo posible, deben resultar agradables al usuario, ya que no puede evitar ser consciente de su existencia. Aunque la “estética” es subjetiva y sus condicionantes suelen estar ligados al tiempo y al espacio, se exponen a continuación una serie de consideraciones:

- **Un estructura estéticamente agradable no tiene por qué resultar más cara.** Las formas complicadas o el tipo de estructura no aseguran una estética, sino que son los pequeños detalles los que más contribuyen a este respecto. Como ejemplos se citan:
  - Unos **buenos acabados y, en su caso, coloraciones uniformes del hormigón.** En este sentido es importante cuidar el tipo de encofrados a utilizar, el número de puestas, los productos desencofrantes, etc.
  - **El diseño y la ejecución de los remates finales,** las barreras, impostas, barandillas, etc.
  - Especial importancia tienen todos los **dispositivos que eviten que el agua escurra por los paramentos** manchándolos y acelerando su deterioro (goterones, detalles para la recogida y evacuación del agua, etc.), sobre todo cuando conviven el acero autopatinable sin protección exterior y el hormigón. Es fundamental considerar el aspecto estético de la obra de paso, no sólo tras su inauguración, sino a lo largo de su vida útil, ya que éste es el que ha de sufrir el ciudadano.



### 1.2.6. Condicionantes estéticos

- Aunque se suele pensar que una mayor esbeltez hará la estructura más agradable, esto no tiene por que ser cierto, sobre todo si no hay una cierta proporcionalidad con el resto de los parámetros de diseño de la estructura: dimensiones de pilas, estribos, etc. Un claro ejemplo se tiene en el caso de los grandes viaducos, donde para conseguir una cierta estética es fundamental que exista una adecuada relación entre la luz de los vanos y la altura de las pilas.
- Las consideraciones estéticas no pueden ser las mismas en el caso de una estructura urbana, que en el de otra situada en un entorno rural y que apenas sea visible por los usuarios.



### 1.2.7. Condicionantes medioambientales

Las estructuras se deben proyectar para que tengan la vida útil fijada por la normativa vigente, en un medio determinado y bajo unas condiciones ambientales, con los mínimos costes posibles de mantenimiento. Estas condiciones inciden en la elección del tipo estructural, sus materiales o el proceso constructivo. A continuación se enumeran algunos ejemplos:

- En una atmósfera muy agresiva, una losa armada puede resultar menos adecuada que una solución pretensada, ya que con esta última se controla mejor la fisuración.
- Las soluciones metálicas o mixtas, en determinadas condiciones (véase epígrafe 1.2.5), pueden ser desaconsejables frente a las soluciones de hormigón por sus mayores costes de mantenimiento.
- La presencia de cursos de agua susceptibles de provocar socavaciones pueden aconsejar no disponer pilas en los cauces, con la consiguiente limitación de tipologías posibles al aumentar la luz de los vanos.
- En cualquier caso se debe reducir al mínimo el número de juntas de dilatación (ya sea optando por estructuras hiperestáticas o, en el caso de las isostáticas de varios vanos, dando continuidad a la losa), ya que son siempre potenciales caminos de paso del agua, y cuidar el proyecto, construcción y mantenimiento de las existentes.