

CAPÍTULO 8

PUENTES

Los puentes son un tipo de infraestructura singular en su diseño, ejecución y presupuesto. Básicamente, es una estructura elevada que hace parte de una obra lineal con el fin de darle continuidad y comunicar dos extremos cuando existe una depresión en el terreno.

Figura 88. Puente



Fuente: elaboración propia

Por lo tanto, un puente es aquel que permite de manera estricta la circulación debajo del mismo. Sin embargo, un viaducto es aquel que salvaguarda un desnivel de manera pronunciada, es decir, la altura entre el suelo y su estructura es superior a la necesaria para permitir el paso de cualquier vehículo.

Estructura de un puente

Esencialmente, un puente está constituido por dos partes fundamentales: la infraestructura, la cual se compone de cimentación, pilares o cualquier otro tipo de apoyo, y la superestructura, compuesta por el tablero, las barandillas, los drenajes, barreras de seguridad, la vía, la señalización e iluminación.

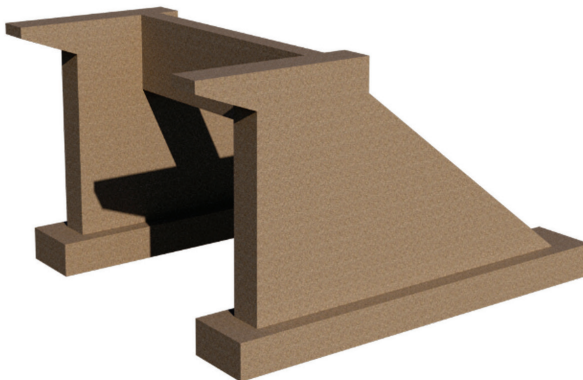
Cimentación

La cimentación de un puente depende del tipo de terreno sobre el que se apoya. Generalmente, se utilizan pilotes de gran diámetro, pero se pueden hacer por medio de zapatas si el estrato óptimo no se encuentra a gran profundidad.

Tipos de apoyo

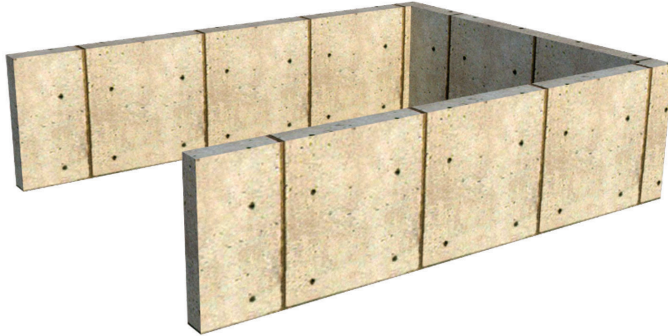
- Apoyos extremos: son la parte del puente donde ocurre la etapa de transición entre el terreno y la estructura del mismo. Estos pueden ser:
 - » Estribos abiertos: a diferencia del cerrado, en este no existe un muro frontal, sino dos pantallas laterales donde se apoya el tablero; también se apoyan directamente sobre el terreno natural.

Figura 89. Estribo abierto



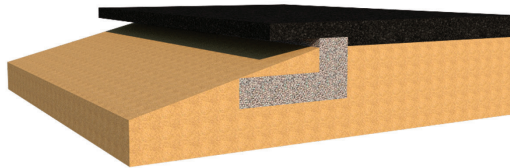
Fuente: elaboración propia

- » Estribos cerrados: son los más comunes y constan de un muro frontal donde va apoyado el tablero del puente. Se apoyan sobre el terreno y no sobre un terraplén.

Figura 90. Estribo cerrado

Fuente: elaboración propia

- » Estribos flotantes: se encuentran apoyados sobre el terreno y se compactan dentro del mismo terraplén.

Figura 91. Estribo flotante

Fuente: elaboración propia

- » Muros de tierra: prácticamente son estribos flotantes, sin embargo, el empuje del terreno se contiene por medio del muro de tierra, soportando la presión ejercida por el terraplén.
- Apoyos intermedios: los apoyos intermedios son los que se encuentran a lo largo de la estructura del puente o viaducto.
 - » Apoyo elastómero: son un tipo de apoyo utilizado en los demás tipos de apoyos intermedios y extremos. Estos elastómeros denominados también neoprenos son un material que se encuentra entre el apoyo y el tablero y poseen la capacidad de soportar cargas verticales, siendo un tipo de apoyo articulado que permite la traslación y el giro.

Figura 92. Neoprenos sosteniendo el tablero tipo cajón



Fuente: elaboración propia

- » Arcos: los arcos pueden ser de acero con múltiples apoyos en celosía, así como pueden ser de concreto con sección variable.

Figura 93. Puente tipo arco



Fuente: elaboración propia

- » Cables verticales: son apoyos intermedios utilizados para sostener el tablero en puentes colgantes. Están suspendidos por medio de un arco parabólico que se sujeta de pilas intermedias.
- »

Figura 94. Puente atirantado

Fuente: elaboración propia

- » Pilares inclinados: se denominan también jabalcones y se caracterizan por tener forma de arco. Se utilizan cuando no se pueden utilizar apoyos intermedios.

Figura 95. Puente con pilares inclinados

Fuente: elaboración propia

- » Pilares verticales: son un tipo de apoyo de sección constante o variable que se apoya directamente sobre el terreno natural. Cuando existen varios pilares soportando una misma carga, se utiliza un dintel para que logre apoyar el tablero.

Figura 96. Pilares verticales

Fuente: elaboración propia

- » Pilonos: son elementos estructurales esbeltos utilizados para anclar los cables en los puentes atirantados.

Figura 97. Puente con pilonos

Fuente: elaboración propia

Tablero

El tablero es el elemento estructural de un puente por donde transitan las personas y los vehículos. Así mismo, se compone de las señalizaciones, los drenajes, barras de seguridad e iluminación. Existen diferentes tipos de tableros para puentes:

- Tablero de cajón: son tableros de sección cerrada y resistentes a la torsión. El cajón reposa debajo de una losa y puede ser de concreto pretensado o postensado, así como pueden ser metálicos.

Figura 98. Tablo tipo cajón

Fuente: elaboración propia

- Tablero de concreto aligerado: son elementos con canto variable o constante que poseen una sección transversal que permite aligerarla. Alcanza luces de hasta 20 metros y, con elementos pretensados, hasta los 35 metros.

Figura 99. Tablero aligerado en concreto

Fuente: elaboración propia

- Tablero de concreto macizo: son elementos macizos que pueden llegar a medir hasta 15 metros; cuando es pretensando, puede alcanzar hasta 25 metros de luz.

Figura 100. Tablero de concreto macizo

Fuente: elaboración propia

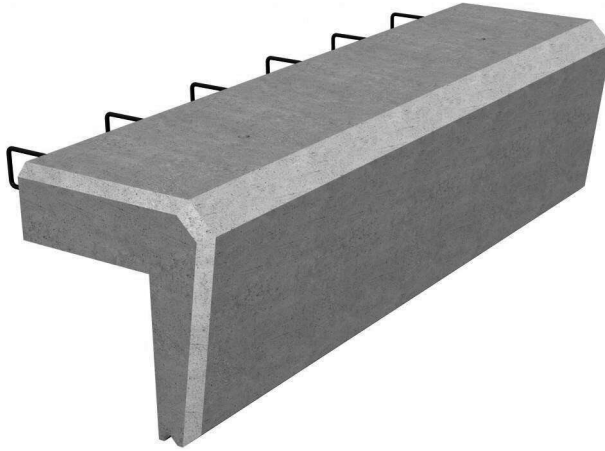
- Tablero de vigas nervadas: es un tablero constituido por vigas prefabricadas (pretensadas o postensadas) que actúan como una viga metálica. Sobre ellas reposa una losa de concreto de aproximadamente 25 cm.

Figura 101. Tablero con vigas nervadas

Fuente: elaboración propia

Imposta

Son los elementos de concreto que rematan generalmente el tablero del puente por los costados y estos, a su vez, están rematadas por los pasadores. Es un elemento estético que le brinda carácter y definición al puente.

Figura 102. Imposta

Fuente: elaboración propia

Tipos de puente

Un puente se puede clasificar de múltiples maneras, entre ellas están:

- Por su material: madera, concreto, metal, mampostería y mixtos.
- Por la posición del tablero: superior o inferior.
- Por su variabilidad de altura: fijos o móviles.
- Por su estructura: isostáticos o hiperestáticos.
- Por su forma: arco, pórtico, vigas, celosías, ménsulas, colgantes y atirantados.

Procedimientos de construcción

Puentes con losa de concreto maciza o aligerada:

Son un tipo de puente de tablero superior donde los apoyos se encuentran debajo de este, de tal forma que, primero, se construyen los cimientos y apoyos y, posteriormente, se realiza la construcción del tablero. Estos pueden ser de sección constante o variable y pueden alcanzar longitudes de hasta 20 metros.

Sus etapas constructivas son:

1. Se realiza la cimentación de los estribos y los pilares intermedios mediante zapatas o pilotes.
2. Instalación de armaduras, encofrado y vaciado del concreto de los estribos y pilares.

3. Colocación de cimbras para la ejecución del proceso de vaciado del tablero.
4. Aligeramientos o elementos de pretensado si se utilizan e instalación de armadura para la losa de comprensión.
5. Vaciado continuo del concreto en el tablero del puente.
6. Si el tablero es pretensado, se tensa la agrupación de cables de acero denominados cordones desde los estribos.
7. Ejecución de impostas, pavimento, señalizaciones e iluminación.

Puentes con tablero de vigas prefabricadas

Son un tipo de puente de tablero superior. Para construirlos, se procede primero con la construcción de cimentaciones y apoyos para posteriormente construir el tablero. Son puentes isostáticos y alcanzan una longitud máxima de 45 metros.

Sus etapas constructivas son:

1. Se realizan los procedimientos 1 y 2 del puente con losa de concreto.
2. Se instalan los dinteles para el apoyo del tablero; pueden ser prefabricados o no.
3. Se instalan las vigas prefabricadas mediante la ayuda de grúas móviles.
4. Se instalan las prelosas colaborantes que facilitan el vaciado de concreto en el tablero.
5. Se instala la armadura del tablero.
6. Vaciado continuo del concreto en el tablero del puente.
7. Ejecución de impostas, pavimento, señalizaciones e iluminación.

Puentes en cajón insitu

Son puentes de tablero superior y son generalmente hiperestáticos. El tamaño de su cajón es variable y se vuelve más robusto a medida que el tablero se acerca a los apoyos. Pueden ser pretensados y logran tener una longitud máxima de hasta 200 metros.

Sus etapas constructivas son:

1. Se repiten los pasos 1 a 3 para los puentes de losa de concreto.
2. Se realiza la instalación de cimbras.
3. Se instala la armadura y el acero de pretensado.
4. Se realiza el vaciado del concreto.
5. Se realizan los tesados del acero

6. Se instalan las prelosas prefabricadas para facilitar la instalación de la losa superior y realizar el aligeramiento.
7. Se instalan las armaduras restantes y se instalan los drenajes.
8. Se realiza el vaciado del concreto del tablero superior.
9. Se realiza el tesado final.
10. Ejecución de impostas, pavimento, señalizaciones e iluminación.

Puentes de cajón mixto

Este tipo de puentes puede ser de tablero superior si se apoya sobre pilares de concreto; sin embargo, si es parte de un puente atirantado, sería de tablero inferior. Son hiperestáticos, de canto fijo o variable. Pueden alcanzar longitudes de hasta 200 metros.

Sus etapas constructivas son:

1. Se repiten los pasos 1 a 3 para los puentes de losa de concreto.
2. Se trasladan los cajones metálicos mediante grúa de apoyo, los cuales pueden ser prefabricados o armados en el sitio.
3. Se conectan los diferentes cajones por medio de tornillos o soldaduras.
4. Se instala una chapa colaborante sobre los cajones con el fin de facilitar la instalación de la losa.
5. Se instala la armadura y los drenajes.
6. Se realiza el vaciado del concreto.
7. Se ejecutan las impostas, pavimento, señalizaciones e iluminación.

Cuando el puente es atirantado, se realiza el siguiente procedimiento:

1. Se realizan las cimentaciones, generalmente por medio de pilotes utilizando tablestacas con el fin de poder excavar en material saturado.
2. Se realiza la ejecución de los pilonos, pueden ser verticales o inclinados, así como pueden ser metálicos o de concreto. Cuando son metálicos, se utilizan tableros mixtos y se instalan mediante cables; cuando son en concreto, se utilizan encofrados auto trepantes con una grúa torre de apoyo.
3. Se instalan los tendones siguiendo las especificaciones técnicas del tesado.
4. Se realiza la última conexión de los cajones, generalmente es *in situ*.
5. Se hace el tesado final.
6. Se instala el pavimento, las impostas y las señalizaciones, etc.
7. Se realizan pruebas de carga.

Puentes en cajón con dovelas prefabricadas

Son un tipo de puente hiperestático y pretensado que alcanza longitudes de hasta 200 metros.

Sus etapas constructivas son:

1. Se realiza la cimentación generalmente por medio de pilotes.
2. Se ejecutan los pilares del puente que, debido a su esbeltez, suelen ser huecos y se realizan por medio de encofrados trepantes.
3. Se instalan las dovelas prefabricadas sobre las pilas.
4. Se instalan de manera consecutiva en ambas direcciones del pilar para compensar los momentos. Para esto se utilizan auto cimbras apoyadas en los pilares o grúas torres, etc.
5. Se realiza *in situ* la última dovela, la dovela de cierre.
6. Se realiza el tesado final.
7. Se instala el pavimento, las impostas y las señalizaciones, etc.
8. Se realizan pruebas de carga.

Puentes en cajón con voladizos sucesivos in situ

Este tipo de puentes pueden alcanzar longitudes de hasta 400 metros.

Sus etapas constructivas son:

1. Se realiza la cimentación mediante pilotes.
2. Se realiza la ejecución de los pilares del puente, generalmente huecos y mediante la utilización de encofrados auto trepantes o deslizantes según el acabado que se desee conseguir.
3. Se realiza la ejecución de la dovela central sobre las pilas. Esta dovela mantiene un canto mayor a las demás debido a la transmisión de los esfuerzos.
4. Se realiza la ejecución de las dovelas de manera consecutiva por ambos extremos del pilar, mediante un encofrado que se sostiene de la parte ya construida. Para puentes tipo arco, se necesitan utilizar mecanismo de soporte estructural adicionales.
5. Si el puente es pretensado, se realiza el tesado.
6. Se instala el pavimento, las impostas, y las señalizaciones, etc.
7. Se realizan pruebas de carga.

