

# Viaducto Torre Chiapas. México

## *Torre Chiapas Bridge. Mexico*

Guillermo Ayuso Calle<sup>\*, a</sup>, Lucía Fernández Muñoz<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Ingeniero de Caminos Canales y Puertos. Carlos Fernández Casado, S.L. Ingeniero. [gayuso@cfcsl.com](mailto:gayuso@cfcsl.com)

<sup>b</sup> Ingeniero de Caminos Canales y Puertos. Carlos Fernández Casado, S.L. Ingeniero. [luciafm@cfcsl.com](mailto:luciafm@cfcsl.com)

### RESUMEN

El viaducto Torre Chiapas se encuentra en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez y sirve para salvar el cruce de dos grandes avenidas, Andrés Serra Rojas y el boulevard Licenciado Salomón González Blanco. Para evitar este cruce a nivel y despejar la zona de vehículos, se decidió realizar el viaducto, que permite además realizar un paseo para peatones bajo él.

Se planteó un viaducto de 297 m de longitud, con una luz principal de 90 m, determinada por el cruce de los bulevares, y una distribución de luces de 24+29+36+90+36+2×29+24 m. El vano principal se resolvió con una solución extradosada.

### ABSTRACT

Torre Chiapas bridge is located in the city of Tuxtla Gutiérrez and serves to save the intersection of two large avenues, Andrés Serra Rojas and Licenciado Salomón González Blanco boulevard. To avoid this level crossing and clear the area of vehicles, it was decided to build the viaduct, which also allows for a walk for pedestrians under it.

A 297 m long viaduct was proposed, with a main span of 90 m, determined by the crossing of the boulevards, and a span distribution of 24+29+36+90+36+2×29+24 m. The main span was resolved with an extradosed solution.

**PALABRAS CLAVE:** extradosado, viaducto urbano, hormigón pretensado, amortiguador.

**KEYWORDS:** extradosed, urban bridge, prestress concrete, damper.

## 1. Planteamiento general de la estructura

El viaducto Torre Chiapas se encuentra en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez en Chiapas, México. Sirve para salvar el cruce de dos grandes avenidas, Andrés Serra Rojas y el boulevard Licenciado Salomón González Blanco que tiene 6 carriles. Estas dos avenidas se cruzaban al mismo nivel originando problemas de tráfico. Con esta problemática se planteó un viaducto con el eje coincidiendo con el del boulevard, creándose un paseo bajo el puente.

El viaducto tiene una longitud total de 297 m con 8 vanos y con una luz principal de 90 m, determinada por el cruce de los bulevares. La distribución de luces es 24+29+36+90+36+2×29+24 m.

Se realizó un estudio de soluciones, en el que se plantearon las siguientes opciones: viaducto de canto variable, viga con canto superior y extradosado. El de canto variable se descartó dado que para las luces que tenemos el canto necesario en pilas era de 3.6 m con pilas de altura de 6.5 m, lo que resultaba muy pesado en una zona urbana. Entre las otras dos

soluciones la administración se decantó por la extradosada.



Figura 1. Vista general del viaducto

Además de que el puente tiene morfología de extradosado se comporta como tal. En múltiples ocasiones se plantean puentes atirantados con alturas de torres del orden de  $L/10$  pero el comportamiento del mismo no entra dentro de la filosofía de extradosado. Cuando se realiza un puente extradosado lo que se pretende es que la variación de tensiones en los tirantes sea baja y se pueda disponer tecnología de pretensado en los mismos ya que se reducen las sollicitaciones de fatiga por lo que se consigue un ahorro en los costes significativo. Para conseguir esto es necesario, además de reducir la

altura de las torres, que el tablero tenga una rigidez mayor que en el caso de puentes atirantados. En estos últimos se pueden llegar a tener relaciones de canto-luz de  $1/200$ , mientras que para un extradosado estas relaciones deben estar en el entorno de  $1/50$ , como es este puente.

El viaducto tiene un ancho de 18 m con un canto constante en toda su longitud de 1.80 m. Las torres tienen una altura de 10.75 m y están dispuestas en el centro de la sección empotradas en el tablero, apoyándose el tablero en las pilas. Se disponen un total de 4 parejas de tirantes en cada uno de los haces.

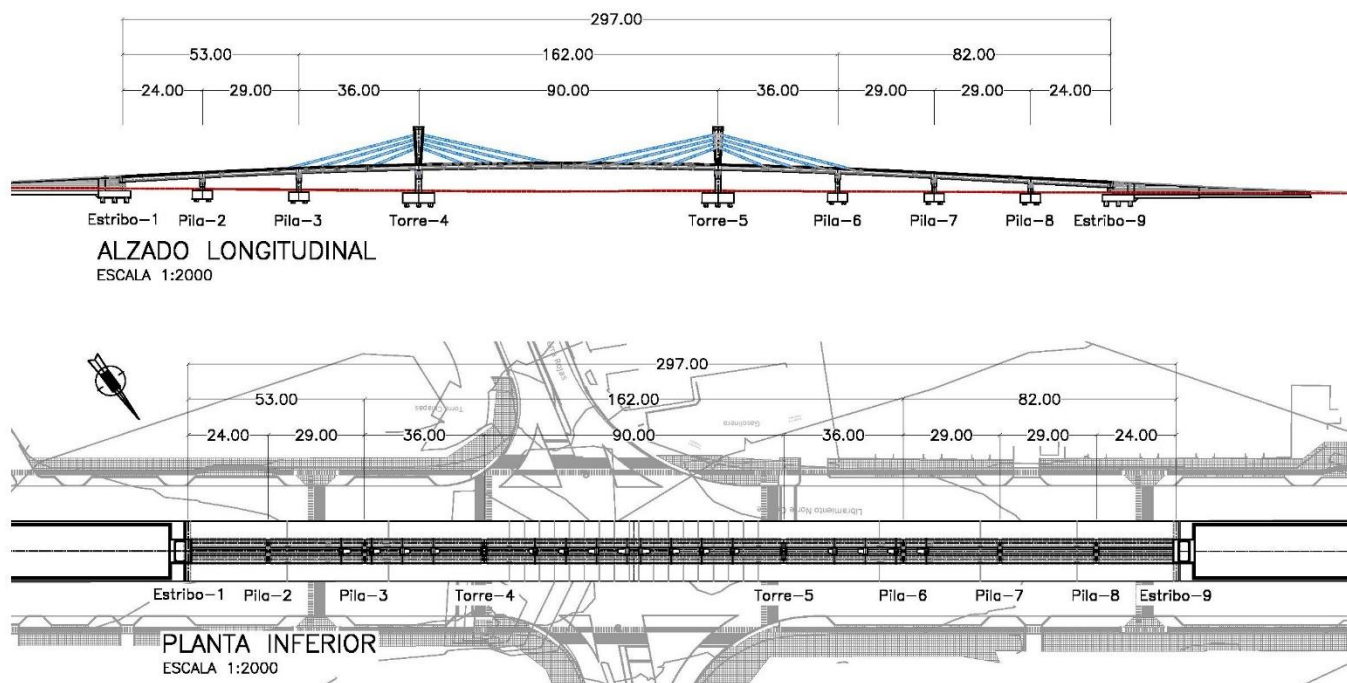


Figura 2. Alzado y planta del viaducto

Un problema fundamental que se plantea en la estructura de este viaducto es su resistencia a los

efectos debidos a los sismos, que en esta zona son de una intensidad alta. Para este fin se han dispuesto un

total de 4 amortiguadores longitudinales, dos en cada estribo, de constante 3000 kN/(m/s) y parámetro alfa 0.05, de forma que se reduzcan las solicitaciones debidas al sismo. En cuanto a los apoyos se ha optado por colocar apoyos esféricos en estribos y pilas. En estribos se ha dispuesto un apoyo libre y otro guiado, mientras que en pilas se han dispuesto todos libres, añadiéndose un tope transversal para resistir el sismo en dicha dirección que se refiere a las pilas por medio de apoyos de neopreno.

Uno de los problemas que hubo que resolver era el recentrado del puente una vez ocurre un sismo. Los amortiguadores que se dispusieron no tienen sistema de recentrado por lo que se decidió disponer unos apoyos de neopreno de alta deformación en los estribos que hacen esta función.

## 2. Descripción del viaducto

Una vez definido el tipo de estructura, es necesario definir los distintos elementos que la componen.

### 2.1. Cimientos

La cimentación se ha resuelto mediante pilotes de 1.20 m de diámetro y 26 m de longitud tanto en estribos, pilas como en torres. A continuación describiremos cada una de las cimentaciones.

En los estribos se han dispuesto 11 pilotes con un encepado en forma de «T» de 18.00 m de ancho por 9.60 m de largo y un canto de 2 m.

En las pilas se han empleado encepados de 6 pilotes, 3 en sentido transversal y 2 en longitudinal, de 9.60 m de ancho por 6 m de largo y un canto de 2.50 m. En las pilas que reciben la carga de las torres el encepado tiene 12 pilotes (4 pilotes en dirección transversal y 3 en longitudinal) y unas dimensiones de 13.20 m de ancho por 9.60 m de largo y canto 3 m.

### 2.2. Pilas

Todas las pilas tienen la misma forma de manera que haya una continuidad en el conjunto. La forma de las pilas es de «pajarita» con un ancho en la base de 5 metros que se mantiene en la altura de la pila hasta 2.33 m de la coronación de la pila donde empieza a

ensancharse hasta 7 m, que es el ancho inferior del tablero. Esta variación se produce en 1.53 m, quedando los últimos 0.80 m de un ancho constante de 7 m.

La dimensión longitudinal de la pila en la zona inferior es de 1.30 m en el borde y 0.80 m en el eje de la misma. Los planos de la pajarita se mantienen generando una dimensión longitudinal de 1.50 m cuando alcanza el ancho máximo de 7 m.



Figura 3. Pila del viaducto

Las pilas bajo las torres tienen dimensiones en sentido transversal idénticas que el resto de las pilas, mientras que en sentido longitudinal aumentan a 1.70 m en el extremo y 1.20 m en el eje, siendo 1.90 m en el extremo cuando tienen un ancho de 7 m.

Como ya se ha comentado en todas las pilas se dispone un tope transversal para lo cual se realiza un hueco en la zona central de la pila de forma trapezoidal de base menor 1.58 m y base mayor 2.50 m. El tope transversal está materializado mediante dos piezas metálicas conectadas al tablero que se apoyan mediante neoprenos en una pieza metálica con forma cúbica que está conectada a la pila.

### 2.3. Torres

Las torres están empotradas al tablero y situadas en el eje de éste. Tienen una altura de 10.75 m siendo variables tanto en dirección longitudinal como transversal. La forma de la sección es rectangular maciza con unas dimensiones en la base de 1.80 m en sentido transversal y 1.60 m en longitudinal. En las esquinas de la sección se disponen chaflanes de 0.22 m, transversal, por 0.30 m en longitudinal. Las caras frontal y dorsal de la torre se remeten 0.05 m en la base. Las dimensiones indicadas anteriormente varían con la altura de la torre hasta unas dimensiones

de 2.90 m en sentido transversal por 3.20 m en sentido longitudinal en la parte superior. Los chaflanes pasan a tener unas dimensiones de 0.40 m

transversales y 0.65 m longitudinales, a su vez las caras quedan remetidas 0.35 m.



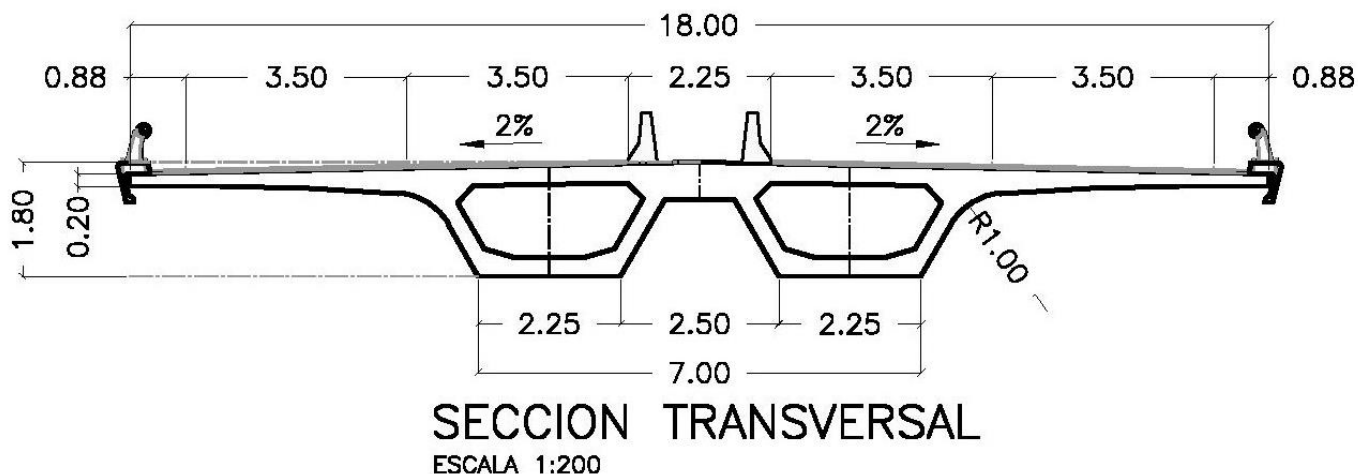
Figura 4. Torre y vista general del viaducto

En las torres se anclan por cada lado 4 parejas de tirantes. Al ser la sección maciza se ha optado por cruzar los tirantes en las torres anclándose los tirantes traseros en el lado frontal y los delanteros en el dorsal. Para poder cruzar los tirantes lo que se ha hecho es disponer los tirantes traseros más abiertos transversalmente y los tirantes delanteros pasan entre ellos en la torre.

## 2.4. Tablero

El tablero está compuesto por dos cajones trapezoidales que se unen en el centro de la sección con una losa de 0.60 m de canto, donde se anclan las 4 parejas de tirantes de cada haz

El canto del tablero es constante y tiene un valor de 1.80 m en el eje del tablero. La sección tiene un bombeo transversal del 2%, por lo que en los extremos de la sección el canto es de 1.62 m. El ancho del tablero es de 18 m para albergar cuatro carriles quedando los 2.25 m centrales para poder ubicar las torres. Los cajones tienen un ancho inferior de 2.25 m y la distancia entre los ejes de los cajones de 4.75 m, quedando la losa que une ambos cajones de 1.10 m de ancho y 0.60 m de canto. El espesor de las losas de los cajones es de 0.30 m que se mantiene constante a lo largo del tablero.



**Figura 5. Sección del viaducto**

Los voladizos tienen una longitud de 4.5 m y son de canto variable, generado por una circunferencia de 45.5 m de radio. El canto en el extremo del voladizo es de 0.20 m. El voladizo se une a los cajones mediante una circunferencia de 1.00 m de radio dando continuidad a los vuelos.



Figura 6. Vista inferior del tablero

En la zona de las riostras de pilas la zona entre cajones se maciza generando una sección cajón único.

## 2.5. Tirantes

Los tirantes del puente están formados por torones de 150 mm<sup>2</sup> de área. El mayor tiene 37 torones y el menor 31. Se decidió anclarlos en la torre para evitar el uso de sillas, por facilidad de construcción y plazo. Como ya se ha dicho se han utilizado anclajes de pretensado, ya que la oscilación de carga que tenemos en ellos es del orden de 60 MPa para la combinación de tráfico frecuente.

Los tirantes se dimensionaron considerando las recomendaciones del PTI y del CIP (Setra). Según éstas, el factor de resistencia ( $\phi$ ) para las diferentes combinaciones que se consideró fue:

|          |                                                                 |
|----------|-----------------------------------------------------------------|
| Servicio | $0.46 \cdot \left[ \frac{\Delta F_{freq}}{140} \right]^{-0.25}$ |
| Rotura   | Entre 0.65 y 0.75                                               |
| Sismo    | 0.95                                                            |

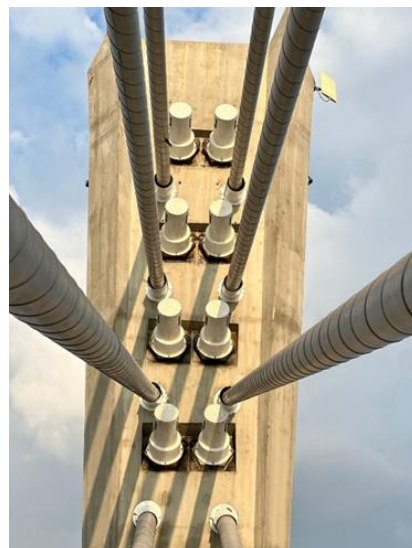


Figura 7. Cruce de tirantes en la torre

## 2.5. Estribos

Los estribos deben alojar los amortiguadores que se disponen. Se han diseñado con forma de «T» en planta, teniendo un ancho en la zona de apoyo del tablero de 7 m, que es el ancho inferior de los cajones, en una longitud de 6 m. El remate en la zona final es un muro de 16.50 m de ancho total desde donde nacen los muros laterales que continúan en las rampas de acceso al puente.

Para dar continuidad a la sección lo que se ha hecho es disponer vuelos en el estribo con la misma geometría que el tablero.

Como el alzado del muro tiene una longitud grande para hacer macizo éste se ha decidido hacer un muro frontal y otro trasero de 1.60 m. En el trasero se anclan los amortiguadores de forma que deben resistir la carga que introducen éstos. La zona central se deja hueca, y sobre ella se dispone una losa. Esto genera en la zona superior el hueco necesario para la colocación de los amortiguadores.

Como ya se ha comentado como sistema de recentrado se han dispuesto 4 apoyos de neopreno de alta deformación. Estos apoyos se disponen debajo de una losa que sale de la riostra del tablero de 1.75 m de longitud y 0.50 m de canto.

La colocación de amortiguadores implica unos desplazamientos del orden de  $\pm 300$  mm.

### 3. Estudios especiales

Los amortiguadores para el cálculo sólo deben considerarse cuando actúan cargas rápidas como son las sísmicas. Frente a cargas no sísmicas no introducen ningún esfuerzo en la estructura.

Dado el carácter no lineal de los amortiguadores el cálculo que se debe realizar para su consideración es no lineal paso a paso en el tiempo.

Para la realización de este tipo de cálculo es necesario la definición de los acelerogramas. Estos se obtuvieron a partir del espectro de respuesta. Se obtuvieron un total de 8 acelerogramas.

Para poder analizar la acción sísmica junto con el resto de las hipótesis consideradas en el cálculo de la estructura, es necesario obtener para cada barra los esfuerzos sísmicos. Al ser un cálculo no lineal no se pueden sumar directamente los esfuerzos producidos por cada acelerograma, hay que calcular para cada una de las barras de la estructura la media de los esfuerzos obtenidos para cada acelerograma sintético, multiplicando dicha media por el coeficiente

$$c_N = 1 + \frac{0,352}{\sqrt{N}} \quad (1)$$

Siendo N el número de conjuntos de acelerogramas empleados.

Con dichos valores se conformó la hipótesis sísmica a considerar en el cálculo lineal de la estructura.

Del modelo no lineal se obtuvieron los desplazamientos con los que definir la junta a disponer en los estribos.

### 4. Proceso de construcción

El proceso de construcción planteado en la fase de proyecto era la construcción con cimbra de todos los vanos salvo el principal de 90 m que se hacía con dos carros de avance, desde pilas 4 y 5. El planteamiento de hacer el vano principal por avance en voladizo venía dada para no interrumpir el tráfico entre las dos avenidas. Finalmente la obra obtuvo permiso para cortar el tráfico en la intersección y se decidió modificar el proceso de construcción del vano principal construyéndolo con cimbra como el resto del viaducto.

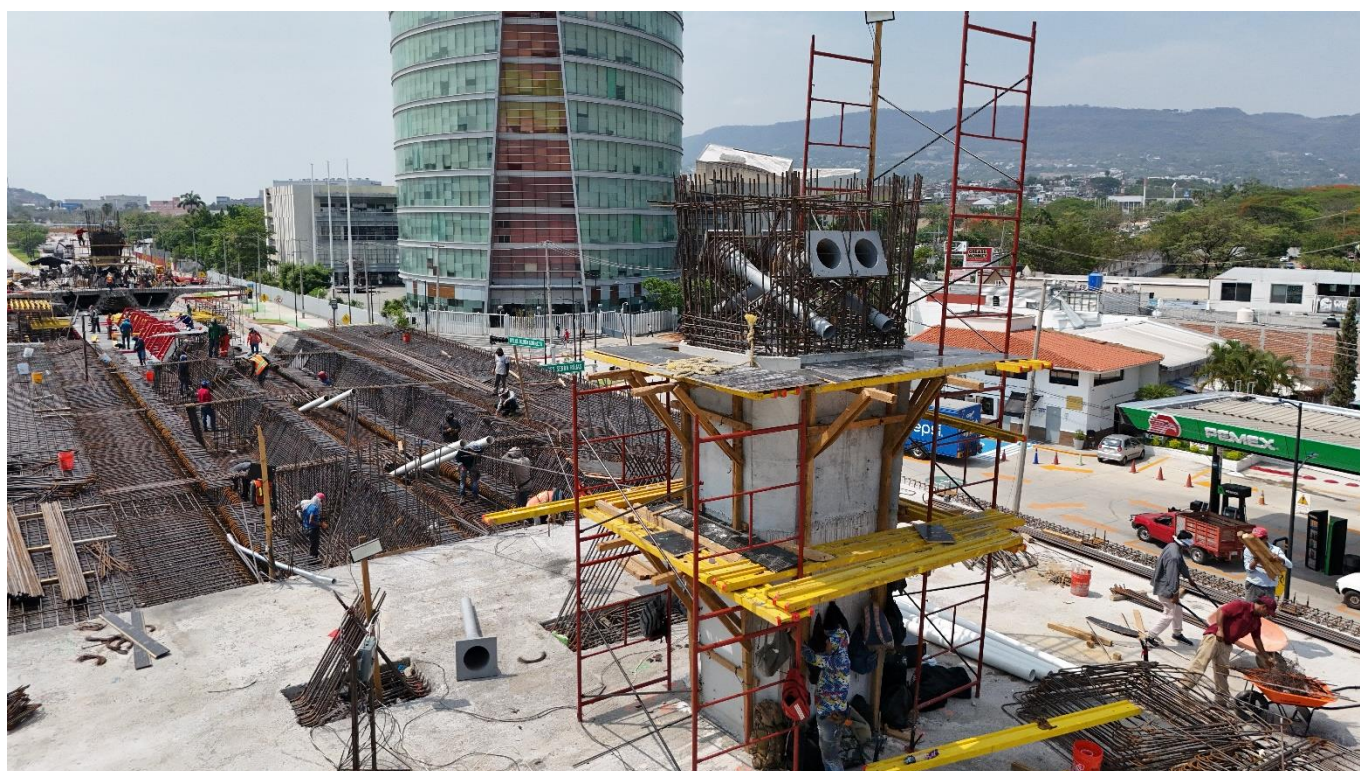


Figura 8. Construcción del viaducto

Una vez construido el tablero se construyeron las torres y se instalaron los tirantes.

Hasta la instalación de los amortiguadores se dispuso un sistema de amarre temporal del tablero a los estribos.



Figura 9. Zona central del viaducto terminado

### ***Agradecimientos***

La construcción del puente se hizo gracias al siguiente equipo:

Propiedad: Secretaría de Obras Públicas,  
Gobierno de Chiapas, México

Proyecto: Carlos Fernandez Casado, S.L.  
PONTIX Ingeniería y Construcción  
S de RL de CV

Construcción: Grupo Méndez consultores y  
constructores S.A. de C.V,