


El puente Chiapas

 Roberto Gómez Martínez, David Murìà Vila, Roberto Abraham Sánchez Ramírez, José Alberto Escobar Sánchez

Como parte de las acciones encaminadas a integrar el estado de Chiapas al desarrollo social y económico del resto del país, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, SCT, dentro de sus programas de ampliación y modernización vial, consideró como prioridad la construcción de la carretera Las Choapas-Ocozocoautla, de 202 km de longitud, que une al estado de Veracruz con el de Chiapas. Mediante ésta la capital del estado, Tuxtla Gutiérrez, quedaría comunicada de manera más directa con el centro del país con un ahorro, además, de 3.5 horas en el trayecto. En el tramo Raudales-Ocozocoautla, de 62 km, se requería cruzar el embalse de la presa Nezahualcōyotl o Malpaso. Así, fue necesario realizar el proyecto del puente Chiapas, ubicado en el kilómetro 961+731 (figura 1).

A finales de 2002 el Instituto de Ingeniería fue elegido por la SCT como el principal consultor para la construcción y empujado de la superestructura; para verificar el control de calidad durante la fabricación de las dovelas; hacer un seguimiento o monitoreo del empujado, y proponer, cuando fuera el caso, refuerzos o elementos adicionales que permitieran aumentar el factor de seguridad de la superestructura durante las diferentes etapas de empujado.

El puente Chiapas tiene una longitud de 1 208 m y un ancho total de 10 m. La subestructura que soporta el puente está constituida por ocho apoyos, de los cuales siete son del tipo pila o *jacket* (figura 2), y un estribo de concreto reforzado colocado en tierra firme. La superestructura del tipo ortotrópico fue construida con 102 dovelas metálicas (segmentos) de sección cajón de acero estructural grado 50; se utilizaron 8 900 ton de este material con un peso promedio de 8 ton/metro.

Durante la fabricación de las dovelas de la superestructura personal del Instituto de Ingeniería llevó a cabo un estricto control dimensional de la geometría, así como una inspección exhaustiva de las soldaduras. El primero abarcó la verificación de las dimensiones de cada pieza, el control de desplomes, la

evaluación de posibles desalineamientos de los bulbos y atiesadores, la medición de "planeidades" de las almas y la verificación de la ubicación de los diafragmas. Para ello se utilizó equipo de medición convencional, así como equipo de topografía de alta resolución. Por lo que respecta a la soldadura, una vez aplicada ésta se revisó su calidad mediante técnicas de ultrasonido, partículas magnéticas y radiografía. Cabe mencionar que la longitud de la soldadura aplicada en los diferentes tipos de unión es cercana a los 150 km. Tan sólo en las uniones longitudinales de placa se aplicaron 12.7 km de soldadura; en las uniones de continuidad de dovela con dovela 2.7 km y en las de los pisos o patines superior e inferior de las dovelas con los bulbos se requirieron 78.5 km de soldadura. El peso total de la estructura a empujar fue de 8 900 ton, con un promedio de 8.5 t/metro.

Una vez ensamblado en un lado de la presa (patio de empujado) un tramo de varios segmentos de dovelas, éste se empujó progresivamente, en varias etapas, hacia el otro lado del vaso. Esto implica que la subestructura (pilas, apoyos intermedios) debe haberse construido previamente. La técnica de empujado también se utiliza en la construcción de puentes de otro tipo, como los atirantados o los puentes de arco.

Dadas las dimensiones mencionadas, la superestructura del puente Chiapas fue equipada con dos elementos provisionales: una nariz de lanzamiento y un mástil con cuatro pares de tirantes; además de apoyos especiales provisionales en el estribo y *jackets*, así como un dispositivo especial que se coloca en la punta de la nariz de lanzamiento.

Consta de cuatro mordazas, gatos hidráulicos y un chasis o estructura de empuje. Las mordazas se montan sobre dos vigas de concreto localizadas en el patio de empujado y, por medio de la acción de gatos hidráulicos, se fijan a estas vigas. En el sentido longitudinal del empujado las mordazas están unidas entre sí también por gatos hidráulicos, los que al ser accionados

empujan la superestructura o tramos de dovelas. Para ello cada una de las mordazas delanteras tiene su chasis de empuje conectado con la superestructura en la última dovela de la fase de empujado. Al accionar estos últimos gatos hidráulicos se induce el empuje: la superestructura avanza sobre unos rodillos en el patio de empujado, sobre dispositivos deslizantes en el estribo 9 y en cada una de las pilas o *jackets*.

Para el seguimiento o monitoreo de la superestructura durante el empujado el Instituto de Ingeniería diseñó un sistema específico de instrumentación, el cual se configuró para registrar información en umbrales e intervalos específicos, así como para procesar y dibujar las historias de temperaturas, deformaciones, aceleraciones, desplazamientos y velocidades del viento. Se instrumentaron cuatro dovelas con deformímetros eléctricos o *strain gages*; los anemómetros se colocaron en la nariz y en la parte más alta del mástil, y se incluyó un arreglo móvil de dos acelerómetros para registrar las vibraciones verticales que se producían en los voladizos en las diferentes etapas del empujado (figura 4).

Para medir los alargamientos de los tirantes del mástil provisional se colocaron dos medidores de desplazamiento; con base en las elongaciones registradas se calculaban las fuerzas de tensión en los tirantes y en consecuencia también se podía calcular la reacción del mástil sobre la superestructura.

Con el objetivo de evaluar el diseño original y utilizar los resultados del seguimiento o monitoreo, en el Instituto de Ingeniería se preparó un modelo tridimensional de elementos finitos para la verificación del diseño original y las magnitudes de los esfuerzos durante las diferentes etapas de empujado (figura 5). En la elaboración del modelo matemático y en los análisis participaron varios estudiantes de licenciatura y posgrado, quienes fueron los encargados de verificar la respuesta de la superestructura, bajo la supervisión de los investigadores del Instituto.

La participación del Instituto de Ingeniería duró 14 meses, hasta la inauguración de la obra, el 22 de diciembre del 2003. Con esta obra se lograron avances trascendentales en la ingeniería de puentes de México.

Figura 1. Puente Chiapas.



Figura 2. Subestructura tipo jacket. En el caso del puente Chiapas el principal reto consistía en hacer llegar la superestructura a través de los ocho claros, algunos de los cuales tenían voladizos de hasta 168 m, que fue la mayor dimensión utilizada en el mundo hasta el momento de su construcción (figura 3). Por otra parte, el claro de 92 m representa un récord para las longitudes de empujado realizadas en México.

112

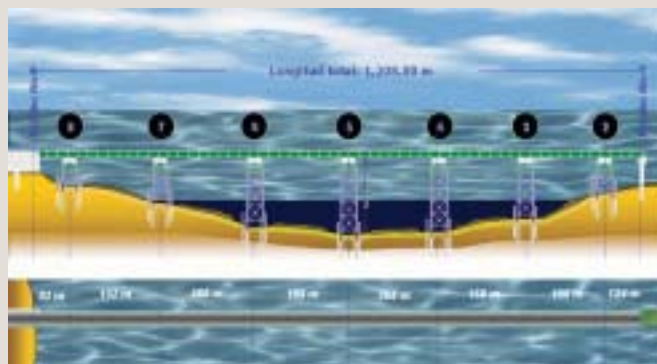


Figura 3. Croquis del puente Chiapas: a) vista en elevación; b) vista en planta.

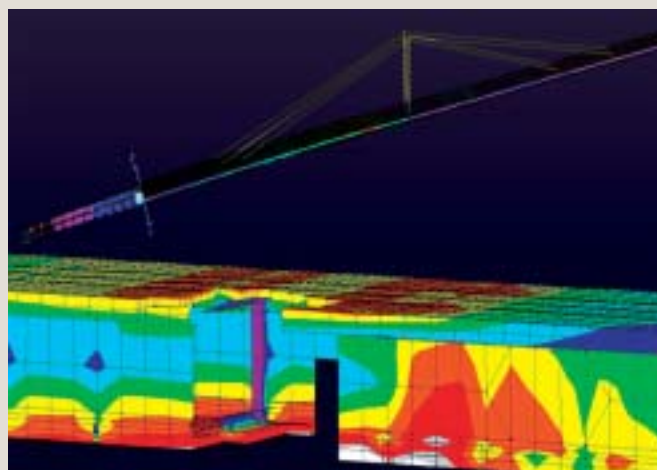


Figura 4. Modelo de elementos finitos.