

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

La base para el desarrollo económico de un país es su infraestructura, puesto que de ella depende su crecimiento financiero y social. Dentro de este contexto se destaca en gran medida la infraestructura carretera que permite la comunicación terrestre a lo largo de todo el país; uniendo poblaciones y facilitando el comercio entre sus comunidades.

A finales del año 2006, México contaba con una red carretera con una longitud total de 355,796 kilómetros, de los cuales 115,269 corresponden a carreteras libres, 7,409 a autopistas de cuota, 160,232 a caminos rurales y 72,886 a brechas mejoradas. De este conjunto 48,362 kilómetros pertenecen a red carretera federal, la cual cuenta con más de 7000 puentes, aproximadamente<sup>1</sup>.

La mayoría de los puentes de la red de carretera nacional se encuentran en condiciones desfavorables de seguridad estructural, esto se debe a problemas ocasionados por la naturaleza, al aumento de cargas que circulan sobre ellos y sobretudo al poco o nulo mantenimiento que reciben a lo largo de su vida útil. Es por ello que actualmente, México, se encuentra ante una necesidad de proporcionar a estos puentes un mantenimiento propio o en su caso, una rehabilitación, para así preservar la inversión en las estructuras existentes, mantener en buen servicio las estructuras y ante todo proveer a los usuarios comodidad y seguridad.

---

<sup>1</sup><http://dgp.sct.gob.mx/index.php?id=476>.

Con este trabajo, se pretende ejemplificar una solución para este tipo de problemática, bajo la presentación del proceso constructivo de los trabajos para la rehabilitación del puente “La Isla” (Ver Figura 1.1). La cual se llevó a cabo por parte de la empresa de Puentes y Construcciones S.A. (PYCSA), bajo el cargo de Petróleos Mexicanos (PEMEX).



**Figura 1.1 Puente La Isla.**

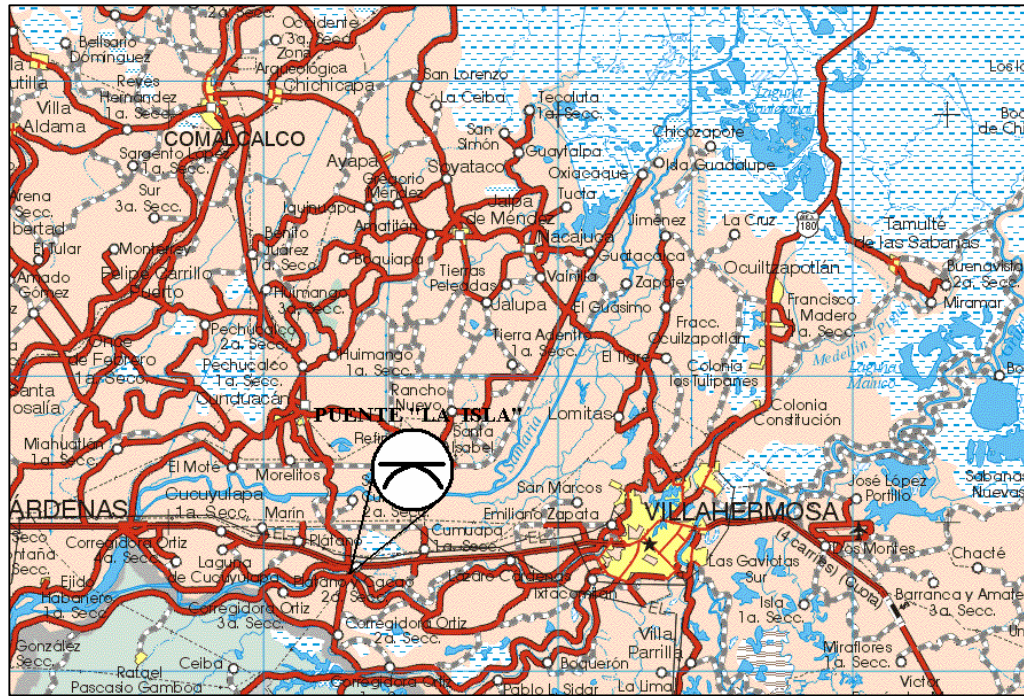
Fuente: Reporte de Inspección del puente La Isla, ASERTEC, 2005.

## 1.1 Antecedentes.

El puente “La Isla” se localiza en el Km. 149+100 de la carretera Villahermosa-Reforma, tramo La Isla-Reforma, en el estado de Tabasco, como se muestra en la Figura 1.2, y está ubicado en las siguientes coordenadas<sup>2</sup>:

Latitud Norte 17° 58' 30”

Longitud Oeste 93° 00' 20”



**Figura 1.2 Ubicación del puente La Isla.**

Fuente: Estado de Tabasco, Guía Roji, 2005.

El puente “La Isla” cruza el río Carrizal a 25 Km. al poniente de la ciudad de Villahermosa, Tabasco. Este río nace de la bifurcación del río Mezcalapa en dos afluentes, el río Samaria por la margen izquierda y el río Carrizal por la margen derecha.

<sup>2</sup> Estudio Topo-Hidráulico, ASERTEC, 2005.

Desde su construcción, hace 25 años aproximadamente, el puente “La Isla” ha sufrido daños severos por parte de la naturaleza y también por su uso cotidiano. Las intensas lluvias de la región, que superan los 4 mil milímetros anuales, han provocado históricamente un constante proceso erosivo y el arrastre de sedimentos hacia los ríos; estos sedimentos al llegar a la planicie por la baja pendiente del terreno y la consecuente poca velocidad del agua, se sedimentan, azolvan los cauces y les restan capacidad.

Lo anterior, junto a la presencia de grandes precipitaciones en los meses de septiembre y octubre de 1999, que sobrepasaron los niveles máximos registrados en la región; contribuye para que en este año en el río Samaria aguas abajo de la bifurcación, se formara un tapón de arena que facilitó la entrada de un volumen mayor de agua hacia el río Carrizal alterando la distribución natural del agua en la bifurcación. Anteriormente, esta distribución se componía de la siguiente manera: entre el 60 y 70% de lo conducido por el río Mezcalapa se encauzaba por el río Samaria y el resto por el río Carrizal, esto se invierte ocasionando que el cauce del río Carrizal aumente tres veces su gasto normal. Como consecuencia inunda, aguas abajo, el 70% de la capital del estado y otras áreas densamente pobladas. Además, por la acción del agua y por efectos de socavación, el puente “La Isla” sufrió grandes daños en la subestructura, presentando un asentamiento en uno de sus apoyos.

Por otra parte, en el puente “La Isla” existe una problemática aun mayor. La gran intensidad y volumen de las cargas vivas que actualmente circulan sobre este puente, sobrepasan los valores de capacidad de carga para la que fue diseñado en su periodo de proyecto y construcción, presentando en su estructura graves deficiencias que ponen en riesgo la vida de los usuarios.

Además, este puente presenta un envejecimiento en su superestructura y subestructura, ocasionado principalmente por el paso del tiempo, a una precoz degradación a causa de defectos de construcción y sobretodo al poco mantenimiento que ha recibido a lo largo de su vida útil.

Por la importancia económica de la zona donde se ubica el puente “La Isla” y para salvaguardar la seguridad de la población y de sus trabajadores que hacen uso de esta estructura, la Subgerencia de Ingeniería de Proyectos perteneciente a la Gerencia de Construcción y Mantenimiento de la Subdirección Regional Sur de Petróleos Mexicanos (PEMEX), decidió realizar la rehabilitación de este puente.

El proyecto de rehabilitación del puente “La Isla” consta de tres etapas. La primera etapa consistió en la inspección física del puente y la realización de estudios de mecánica de suelos, topográficos, topo-hidráulico, de tránsito y de análisis estructural, los cuales fueron elaborados por la empresa Administración y Servicios Técnicos a la Construcción. En base a los resultados obtenidos, se desarrolló una segunda etapa de proyección y planeación del proyecto. Por último, la tercera etapa fue limitada a la ejecución de los trabajos de rehabilitación del puente, para lo cual fue asignada la compañía Puentes y Construcciones S.A. (PYCSA).

## **1.2 Estructuración del Puente “La Isla”.**

El puente “La Isla” tiene una longitud total de 134 m. y está formada por 5 tramos simplemente apoyados con una longitud de 26.80 m. cada uno. Tiene un ancho de calzada de 7.40 m., banquetas de 1.20 m. ubicadas a los costados, y guarniciones de 0.20 m. cada una, dando un ancho total de 10.00 m.

La superestructura está compuesta por 20 traveses, 4 en cada tramo, son traveses tipo AASHTO modificadas de concreto presforzado con un peralte de 1.46 m., un ancho de patín de 0.46 m. y un espesor de alma de 0.30 m. Estas traveses sustentan, en cada tramo, losas de concreto reforzado que tiene un peralte total de 0.20 m. las cuales están unidas por juntas de dilatación sikaflex de 0.04 m. de espesor.

Además, entre las traveses existen cuatro diafragmas de concreto reforzado, por cada claro, dos de ellos se encuentran ubicados en los apoyos y los otros dos a una distancia 8.60 m. de los soportes, y cuentan con un espesor de 0.20 m. cada uno, esto para brindar una mayor estabilidad a la estructura. En conjunto, la superestructura está apoyada por placas de neopreno 0.35 m. x 0.35 m. x 0.051 m. transfiriendo completamente sus cargas a la subestructura.

La subestructura está constituida por 4 muros centrales de concreto reforzado y por 2 caballetes extremos. Cada muro central está apoyado a su vez por 12 pilotes de concreto reforzado de 0.45 m. x 0.45 m. los cuales cuentan con una inclinación de 15° aproximadamente. Los apoyos extremos (caballetes), poseen 6 pilotes de concreto reforzado, dos de ellos rectos y cuatro centrales con una inclinación de 15°. Para la protección de los caballetes, existen conos de derrame de concreto reforzado de 0.10 m. de espesor.

Asimismo, por la problemática desarrollada en 1999 que provocó un hundimiento de 0.20 m. del apoyo No.3, la estructura cuenta con dos reforzamientos, hechos a base de tubería de acero con un diámetro de 0.45 m. colocados a cada lado de este apoyo.

### 1.3 Estado del puente.

Los resultados de la inspección física expresaron que la superestructura del puente “La Isla” se encuentra en buenas condiciones en lo que respecta a sus elementos estructurales, losas, diafragmas y trabes; ya que estos no presentaron fisuras ni desconchamientos y tampoco flechas (Ver Figura 1.3).



**Figura 1.3 Superestructura (Trabes y Diafragmas).**

Fuente: Reporte de Inspección del puente La Isla, ASERTEC, 2005.

La superficie de rodamiento presentaba oquedades y falta de material asfáltico en ciertas zonas, como se puede apreciar en la Figura 1.4. Además, las banquetas, guarniciones y el parapeto requieren de mantenimiento menor para evitar un posible daño a futuro (Ver Figura 1.5).



**Figura 1.4 Superficie de rodamiento.**

Fuente: Reporte de Inspección del puente La Isla, ASERTEC, 2005.



**Figura 1.5 Parapetos, banquetas y guarniciones.**

Fuente: Reporte de Inspección del puente La Isla, ASERTEC, 2005.



No existían juntas de dilatación entre los tableros y el espacio entre las losas ha sido ocupado por asfalto que contiene agrietamientos como se muestra en la Figura 1.6. En los apoyos de neopreno no se aprecian agrietamientos pero al no existir las juntas de dilatación permite escurrimientos ocasionando humedad en ellos (Ver Figura 1.7).



**Figura 1.6 Juntas de Dilatación.**

Fuente: Reporte de Inspección del puente La Isla, ASERTEC, 2005.



**Figura 1.7 Apoyos de neopreno.**

Fuente: Reporte de Inspección del puente La Isla, ASERTEC, 2005.

En lo que respecta a la subestructura tampoco presenta elementos dañados o en mal estado y además no se aprecian en ella efectos de socavación. La pila intermedia No. 3 posee un asentamiento general del apoyo de 0.22 m. con respecto a la curva de alineamiento vertical que forman los demás apoyos de la estructura. Para evitar el posible incremento de este hundimiento el apoyo cuenta con estructuras auxiliares metálicas (Ver Figura 1.8).



**Figura 1.8 Asentamiento en el Apoyo No.3**

Fuente: Reporte de Inspección del puente La Isla, ASERTEC, 2005.

El apoyo extremo No. 1 (caballete) presenta un deslave en el cono de derrame que demolió la losa de protección fabricada de concreto y dejó expuestos los pilotes de cimentación en una longitud de 3 m. de altura desde el paño inferior del cabezal. Lo cual fue producido por la bajada de agua hacia los aleros del estribo, ya que en esta zona no se ubica ningún lavadero que encauce los desagües y las losas que tampoco cuentan con drenaje alguno para aliviar la presión hidrostática (Ver Figura 1.9).



**Figura 1.9 Cono de derrame del apoyo No. 1**

Fuente: Reporte de Inspección del puente La Isla, ASERTEC, 2005.

El cono de derrame del apoyo extremo No.6 no presenta grandes daños pero se puede apreciar un ligero asentamiento de la losa de protección del lado derecho de la estructura (Ver Figura 1.10).



**Figura 1.10 Cono de derrame del apoyo No. 6.**

Fuente: Reporte de Inspección del puente La Isla, ASERTEC, 2005.

Por otra parte, los resultados del estudio topográfico suministran los datos necesarios para la elaboración de planos donde se incluyen los elementos principales de la zona donde se encuentra la estructura, como son el perfil del terreno y las curvas de nivel, el cual se encuentra para un mejor análisis en el plano No.1 Planta Topográfica del Apéndice B.

El estudio de Mecánica de Suelos se realizó por medio de la exploración y el muestreo del área en estudio, mediante sondeos mecánicos en cada muro central del puente, revelando la estratigrafía y las propiedades del subsuelo a una profundidad de 30 m. Estos resultados se encuentran para su análisis en la Tabla No.1.3 Estratigrafía y características del Terreno, localizada en el apéndice A.

Con la finalidad de obtener planos actualizados de la capacidad del cauce y para conocer el funcionamiento hidráulico actual del río Carrizal, se realizó un estudio Topo-hidráulico, el cual comprobó el cambio sufrido en la distribución natural de la bifurcación. También, con ayuda de la batimetría realizada para este estudio, se tienen los datos necesarios para la construcción del perfil estratigráfico del puente “La Isla”, que se encuentra para su estudio en el plano No.2 Perfil Estratigráfico en el apéndice B. De la misma forma, el estudio topo-hidráulico<sup>3</sup> proporcionó el nuevo gasto de diseño para la ejecución del proyecto el cual es de 1,875 m<sup>3</sup>/s.

Mediante el Estudio de Tránsito<sup>4</sup> se obtiene que la velocidad de tránsito de los vehículos actuales corresponde a 50 Km. /hr, además, da a conocer que la estructura debe ser diseñada para soportar las cargas vivas de tránsito para vehículos tipo T3-S2-R4 y HS-20, los cuales pueden transmitir cargas puntuales a la estructura hasta de 14.52 Ton.

---

<sup>3</sup> Estudio Topo-hidráulico, ASERTEC, 2005.

<sup>4</sup> Estudio de Tránsito, ASERTEC, 2005.

Con los resultados determinados por la inspección física de la estructura, así como de los parámetros calculados a partir de los estudios realizados, se diseñó el proyecto para la rehabilitación del Puente La Isla, el cual fue realizado por la compañía Administración y Servicios Técnicos a la Construcción S. A. de C. V. (ASERTEC) bajo la supervisión de Petróleos Mexicanos (PEMEX).