



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES “ARAGÓN”

“ATENCIÓN A LA EMERGENCIA: FALLA DEL APOYO SOBRE LA
PILA 3 MARGEN DERECHA AGUAS ARRIBA, DEL PUENTE
AMALUCAN CUERPO B”

DESARROLLO DE UN CASO PRÁCTICO.

PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

PRESENTA

EDDIE ALVAREZ DE JESUS

ASESOR: M. EN I. JOSÉ ANTONIO DIMAS CHORA

Ciudad Nezahualcóyotl, Estado de México 2017





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



“ATENCIÓN A LA EMERGENCIA: FALLA DEL APOYO SOBRE LA PILA 3 MARGEN DERECHA AGUAS ARRIBA, DEL PUENTE AMALUCAN CUERPO B”.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES “ARAGÓN”

“ATENCIÓN A LA EMERGENCIA: FALLA DEL APOYO SOBRE LA
PILA 3 MARGEN DERECHA AGUAS ARRIBA, DEL PUENTE
AMALUCAN CUERPO B”

DESARROLLO DE UN CASO PRÁCTICO.

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

PRESENTA

EDDIE ALVAREZ DE JESUS

ASESOR: M. EN I. JOSÉ ANTONIO DIMAS CHORA

Ciudad Nezahualcóyotl, Estado de México 2017



FES Aragón



INDICE

INTRODUCCIÓN.

- I. **Objetivos.**
- II. **Alcances.**

Capítulo 1 GENERALIDADES.

1.1 MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN DE PUENTES.

- 1.1.1 *Inspección visual.*
- 1.1.2 *Inspecciones detalladas*
- 1.1.3 *Inspecciones especiales*
- 1.1.4 *Mantenimiento menor.*
- 1.1.5 *Mantenimiento mayor.*
- 1.1.6 *Rehabilitación o reforzamiento de puentes.*
- 1.1.7 *Atención a emergencias en puentes*

CAPITULO 2 ESTRUCTURA “PUENTE”.

2.1 ELEMENTOS DEL PUENTE.

- 2.1.1 *Infraestructura.*
- 2.1.2 *Subestructura.*
- 2.1.3 *Dispositivos de apoyo.*
- 2.1.4 *Superestructura.*
- 2.1.5 *Superficie de rodamiento.*
- 2.1.6 *Equipamiento*
- 2.1.7 *Orientación del puente.*



2.2 CLASIFICACIÓN DE PUENTES.

2.2.1 Consideración de cargas

CAPITULO 3 INFORME EXTRAORDINARIO DE LA EMERGENCIA QUE SE PRESENTÓ EN EL PUENTE AMALUCAN, CUERPO B DEBIDO A LA FALLA DEL APOYO SOBRE LA PILA 3 MARGEN DERECHA AGUAS ARRIBA.

- I. ANTECEDENTES.*
- II. DESCRIPCIÓN DEL PUENTE AMALUCAN.*
- III. HECHOS.*
- IV. SOLUCIÓN.*
- V. PROCEDIMIENTO DE SOLUCIÓN.*
- VI. RECOMENDACIONES.*
- VII. SUSTITUCIÓN DEL PUENTE AMALUCAN CUERPO “B”.*
- VIII. REPORTE FOTOGRÁFICO.*

CONCLUSIONES.

BIBLIOGRAFÍA.

ANEXOS



INTRODUCCION

“Los puentes representan la más alta inversión unitaria de todos los elementos del sistema de camino. Cualquier defecto en la estructura no únicamente representa una reducción en la inversión, sino lo más importante, presenta la mayor oportunidad de todas las posibles fallas del camino para alterar el bienestar de la comunidad y la pérdida de vidas.” nos dice el manual para inspección y conservación de puentes de la dirección general de servicios técnicos de la secretaria de comunicaciones y transportes.

Para mantener la inversión en óptimas condiciones se realizan una serie de inspecciones de manera periódica donde se verifican y examinan distintos puntos de la estructura. Estos puntos son: el nivel de servicio de la estructura, la geometría que presenta el puente, su infraestructura descrita, los daños que presenta en su infraestructura y el tipo de mantenimiento que requiere y en ciertos casos la posible reparación o sustitución del puente.

Se verifican las condiciones que presentan en la cimentación, subestructura, dispositivos de apoyo, superestructura, superficie de rodamiento y las condiciones que se presenten para los márgenes del puente que libren barrancas, ríos o caminos.

Debemos de ser conscientes en la gran cantidad de puentes que existen y los diferentes tipos que se presentan, por lo que la inspección para cada uno de ellos aunque se realiza con el mismo formato de inspección y se califica de manera similar, los daños que se presentan son muy particulares en cada uno de ellos.

La innovación y el desarrollo de nuevos procesos constructivos en cuanto a estructuras puente han permitido actualizar y diseñar con respecto al tipo de cargas y necesidad que se presentan, favoreciendo su resistencia y su periodo de vida.



Nuevas cargas, corresponden a nuevos diseños, nuevos procesos constructivos, nuevos elementos que pueden ser prefabricados para maximizar tiempos y nuevas normativas, estas últimas deben de seguirse y verificarse para lograr un mayor control de calidad al construir un puente.

Derivado a que se han incrementado las cargas de tránsito en las autopistas se ha tenido que realizar la sustitución de puentes que fueron diseñados para cargas menores, para así evitar una posible falla o colapso de la estructura por sobrecarga, permitiendo al usuario disfrutar de un mejor servicio en la red de caminos.

La presencia de fenómenos meteorológicos, como la precipitación pluvial, el movimiento sísmico, la radiación solar y el viento, afectan gradualmente la resistencia y durabilidad de las estructuras puente.

En caso de presentarse una falla o emergencia en algún camino o puente se debe resolver de manera rápida y segura, con un procedimiento sencillo y práctico para determinar el tipo de acciones a realizar antes, durante y después de la aparición de las emergencias tomando en cuenta decisiones que no afecten la estructura o pongan en riesgo la seguridad del usuario.

Es así como se pensó y siguió el procedimiento para la atención que se le dio a la falla del apoyo de la pila 3 margen derecha aguas arriba del Puente Amalucan cuerpo “B”, ubicado en el km 131+683 de la autopista Puebla- Acatzingo en el estado de Puebla, de dicha emergencia surge el presente informe.



I. Objetivo.

El objetivo de este trabajo es describir la solución aplicada en la atención a la falla que presentaba el puente Amalucan cuerpo “B” en uno de sus apoyos, de no resolverse dicha falla se presentaría el colapso de la estructura y dañaría la infraestructura de la autopista del tramo Puebla- Acatzingo, la importancia deriva a que dicha estructura se encuentra al inicio del tramo antes mencionado con dirección a la ciudad de Puebla. Librando la barranca que se encuentra entre las comunidades de Bosques de San Sebastián y San Esteban.

II. Alcances.

Para dicho trabajo se presentan una serie de conceptos básicos que permiten entender al interesado los detalles del desarrollo de la atención que se presenta en la falla de apoyo del cuerpo “B” del puente Amalucan. Así como la integración de un reporte donde se detallan las actividades que se ejecutaron para la sustitución del apoyo ubicado en el margen derecha aguas arriba de la pila N°3 de puente Amalucan cuerpo “B” con dirección a la ciudad de Puebla.

Se debe mencionar que por la necesidad de presentar una solución rápida a la falla del apoyo, los bancos metálicos que son de manera provisional, no cuenta con un diseño estructural y que las características de estos se pensaron apoyados en las recomendaciones de ingenieros que cuentan con años de experiencia en la construcción de puentes, por lo que no se presentan análisis y diseños estructurales en este trabajo.



Capítulo 1

GENERALIDADES

El manual para inspección y conservación de puentes de la dirección general de servicios técnicos de la secretaria de comunicaciones y transportes en su tomo uno menciona que; *“Los puentes representan la más alta inversión unitaria de todos los elementos del sistema de camino. Cualquier defecto en la estructura no únicamente representa una reducción en la inversión, sino lo más importante, presenta la mayor oportunidad de todas las posibles fallas del camino para alterar el bienestar de la comunidad y la pérdida de vidas.”*

Es por ello que la protección de la inversión en la estructura se facilita a través de reparaciones bien programadas, está subordinada únicamente seguridad del tránsito y a la de la estructura.”

México cuenta con una longitud aproximada de 300,000 km de autopistas, carreteras y caminos rurales, por los cuales se trasladan más de cien millones de personas y se transporta el 80% de la carga nacional, en la generación de diversas actividades sociales, culturales, comerciales y económicas, lo cual constituye un factor fundamental y detonante en el desarrollo del país.

Esta importante red de obras viales, requiere de diversas acciones para lograr mantenerla operando con adecuados niveles de servicio y brindar a los usuarios de estas vías un tránsito confortable y seguro.

La aplicación cotidiana y dinámica de las acciones para atender la conservación de autopistas, carreteras, caminos y puentes en nuestro país, ha generado una amplia experiencia nacional, con aportaciones técnicas novedosas y la adopción de innovaciones tecnológicas, que deben ser aprovechadas por los ingenieros y



técnicos que participan en el Sector del transporte, orientando a los interesados en los aspectos de gestión y operación de las obras viales; propiciando mejores prácticas de trabajo al utilizar adecuadamente los materiales y las técnicas de construcción; así como asegurando la calidad y la durabilidad de las obras en operación.

De la operación de las carreteras, caminos y puentes, pueden alcanzar ciertos factores que afectan su desempeño y lentamente disminuyen los niveles de servicio para los que fueron diseñados. Mencionando algunos factores principales como el tránsito diario de los vehículos, las dimensiones y cargas de los vehículos, van ocasionando deterioros y deformaciones, los fenómenos meteorológicos, como la precipitación pluvial, la radiación solar y el viento, que afectan gradualmente la resistencia y durabilidad de las estructuras; el tipo y la calidad de materiales utilizados en la construcción, que normalmente presentan el comportamiento previsto y una durabilidad limitada, conforme a lo proyectado.

Los deterioros y fallas que se presentan en una carretera, camino o puente se traducen en pérdidas de tiempo en los recorridos previstos del tráfico y pueden originar accidentes con pérdidas humanas y materiales.

La experiencia que la Dirección General de Conservación de Carreteras ha tenido en este aspecto, ha probado la necesidad de contar con un procedimiento sencillo y práctico que sirva de guía para determinar el tipo de acciones a realizar antes, durante y después de la aparición de las emergencias.

Es importante hacer énfasis en que actualmente la Secretaría de comunicaciones y transportes no cuenta ya con maquinaria y equipo propios que le permitan hacer frente por sí sola a este tipo de contingencias. Esta circunstancia la obliga a prever la participación, en primer término, de los contratistas responsables de los trabajos de conservación rutinaria o reparación de estructuras puentes, para restablecer el paso de vehículos y personas en los puntos fallados.



Fig. Puente Xochitepec, Autopista Cuernavaca-Acapulco, colapso de la estructura por el sismo presentado el día 19 de septiembre de 2017.



I. MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN DE PUENTES.

México cuenta con un sistema donde se está registrada una base de datos inventariando todos los puentes de la red carretera federal, con sus características geométricas y estructurales básicas, su estado físico y los datos de tránsito de los vehículos que soportan, los tipos de mantenimientos que han recibido. Así como las inspecciones periódicas que se han realizado a cada puente para detectar la evolución de sus daños o posibles fallas que presentaran un colapso.

Se deben priorizar y especializar los procesos de mantenimiento, conservación, reparación o sustitución de puentes que requieran de ciertas acciones para cumplir de manera correcta su servicio.

Nos referimos a manteniendo cuando realizamos las acciones periódicas necesarias y primordiales para continuar con el óptimo servicio y permanencia de la estructura, en esta caso el puente.

Del diccionario de la lengua española:

CONSERVACIÓN. Del lat. *conservatio*, -ōnis. Acción o efecto de conservar.

CONSERVAR. Del lat. *conservāre*. Mantener o cuidar de la permanencia o integridad de algo o de alguien.

1.1.1 Inspección visual.

La función principal del programa de mantenimiento de puentes es la de conservar los puentes en condiciones que proporcionen seguridad y un flujo de tránsito ininterrumpido. La protección de la inversión en la estructura se facilita a través de reparaciones bien programadas, está subordinada únicamente a la seguridad del tránsito y a la de la estructura misma. Para alcanzar los resultados deseados se requiere de vigilancia y procedimiento de inspección cuidadosos.



La primera inspección que se realiza es la visual. Es una inspección de las estructuras para determinar sus condiciones y evaluar la necesidad de atenderlas.

Esta inspección se realiza de manera anual, mediante la contratación de empresas dedicadas y con experiencia en la inspección visual. Consiste en verificar las condiciones estructurales del puente, se requiere de personal calificado, equipo de inspección mecánico y eléctrico. Apoyados de un formato de inspección proporcionados por la dependencia donde se anotaran todos las características y daños detectados en la estructura.

Los datos que se obtienen consideran la entidad federativa en que se ubica la estructura, la carretera, el kilometraje, el tramo, el año de construcción, el tipo de superestructura, los materiales de que está construida, el tránsito diario promedio anual, su clasificación, etcétera. También se asignan calificaciones a los elementos principales que constituyen el puente.

1.1.2 Inspección detallada.

A realizarse, por lo menos, una vez al año en aquellos puentes que hayan tenido daños considerables durante la inspección preliminar. Esta segunda inspección la realizará personal especializado en puentes, procedente de oficinas centrales o regionales, y tendrá por objetivo ratificar o rectificar la calificación preliminar. Para ello deberá contar con equipos que permitan el acceso a todas las partes del puente para observar detalladamente todos sus elementos, y que permita la medición cuantitativa de las respuestas de la estructura con precisión suficiente.

La inspección detallada del puente tiene como finalidad el reconocimiento y levantamiento general de todos los problemas, daños, deterioros, deficiencias o mal funcionamiento de cualesquiera de los elementos que componen a estas estructuras y sus elementos complementarios (accesos, cauce, sistemas de alumbrado, señalamiento, etc.), incluyendo una determinación lo más aproximada posible de los materiales más adecuados para repararlos, tales como: resina para inyección de



fisuras, morteros, juntas de calzada, apoyos, elementos o dispositivos de anclaje, etc.; así como la determinación de las principales características geométricas del puente, tanto de la superestructura como de la subestructura sus accesos y el cauce, empleando para ello equipo de medición, manual o electrónico y equipo de precisión.

En esta etapa se desarrolla el proyecto ejecutivo de reforzamiento y/o reparación del puente con base en la alternativa seleccionada y conforme a lo indicado en las especificaciones y normas correspondientes, deberá contener la volumetría y el procedimiento constructivo, las normas y especificaciones técnicas, aquí se debe incluir la reparación de los elementos que presenten daños debido al uso cotidiano de la estructura, así como el reforzamiento general de la estructura del puente, de sus componentes auxiliares y de sus obras exteriores, incluyendo de requerirse el cambio de apoyos y juntas de dilatación.

El procedimiento de inspección, se utiliza para establecer las prioridades de reparación, será cuidadoso de subrayar que deterioro se encuentra en los miembros principales, secundarios y miembros redundantes. Debido a la falla de un miembro principal generalmente resulta en un colapso inmediato de la estructura, esto se convierte en la prioridad mayor de una organización de mantenimiento.

1.1.3 Inspecciones especiales

Se realizará por personal altamente especializado en aquellos puentes que vayan a ser rehabilitados y tendrá por objeto el recabar los datos necesarios para la realización del proyecto ejecutivo. En las actividades a realizar, se incluyen, el levantamiento geométrico de la estructura, la determinación de la naturaleza y extensión de los daños y la realización de diversos estudios que permitan determinar la causa y mecanismo de propagación de los daños. Para esto, es necesario que se realicen con el apoyo de empresas especializadas en puentes.



Fig. Verificación de espesores de pintura anticorrosiva en estructuras metálicas

1.1.4 Mantenimiento menor.

Este tipo de mantenimiento se realiza constantemente y su objetivo es controlar la estructura en condiciones óptimas y visualmente para el usuario un puente seguro, en este tipo de mantenimiento podemos mencionar trabajos como pintura de puente, reparación de desconchamientos en superestructura o subestructura, calafateo de grietas, reparación de juntas, bacheo sobre el puente, deshierbe de taludes y aproches, limpieza general, aplicación de pintura en pintura en señalamiento horizontal y todo aquel defecto que no presente riesgo a la falla del puente. Estos trabajos son realizados por lo regular anualmente, tiempo en que comúnmente son requeridos.

1.1.5 Mantenimiento mayor.

Cuando ya se trata de un mantenimiento mayor (reparación), los trabajos se tendrán que proponer por medio de un proyecto de reparación, en donde se incluyen planos



con procedimientos constructivos y cuaderno de concurso (catálogo de conceptos, presupuesto base y especificaciones de construcción), indicando los pasos a seguir para realizar estas reparaciones.

1.1.6 Rehabilitación o reforzamiento de puentes.

Se llevan a cabo actividades como el reforzamiento de superestructura y/o subestructura, protecciones contra socavación, cimentaciones, sustituciones de superestructura, sustitución de dispositivos de apoyo y adecuación de puentes angostos a los anchos de calzada existentes o para mejorar su capacidad hidráulica; los cuales en cada tipo de trabajo a realizarse tienen un costo diferente por las características geométricas y de materiales propias de cada estructura y del sitio donde se encuentran, con la finalidad de mejorar su parámetro de calidad de no satisfactorio a bueno y adecuando su estado físico a las cargas y condiciones del entorno, de tal manera que garanticen la seguridad y comodidad de los usuarios.

Desde el punto de vista estructural se puede considerar que el refuerzo de un puente se debe, en general, a una o varias de las siguientes razones:

- Necesidad funcional de aumentar la capacidad resistente de un puente.
- Corregir fallos detectados que hacen suponer que ha disminuido la capacidad de carga prevista inicialmente.
- Saneamiento, reparación y refuerzo de puentes sometidos al deterioro natural del tiempo.

1.1.7 Atención a emergencias en puentes.

En caso de presentarse una falla o emergencia en algún camino o puente por cuestión de algún fenómeno natural o acción extraordinaria la secretaria de comunicación y transportes cuenta con una guía de atención a las emergencias.



Donde se aplican las siguientes acciones:

- Concentrado de información.
- Restablecer el servicio provisionalmente.
- Elaborar el reporte de daños.
- Dar respuesta inmediata con la capacidad instalada.
- Considerar en primer lugar para implementar los pasos provisionales, a las empresas responsables de los trabajos de conservación rutinaria de los tramos afectados.
- Implementar en el menor tiempo posible los pasos provisionales en las zonas dañadas, lo que implica que el trabajo debe realizarse en forma continua.
- Establecer una estrategia para determinar el procedimiento constructivo a seguir, para dar solución en cada lugar crítico donde se tengan daños. Es deseable que los técnicos a cargo de los trabajos tengan la experiencia necesaria en esas actividades y el conocimiento de la región para proponer soluciones prácticas que permitan un buen aprovechamiento de los recursos de maquinaria, equipo, materiales, recursos humanos, etc. con que se cuente, lo que permitirá dar paso en el menor tiempo posible.
- Definir las rutas alternas a utilizar, haciendo uso de los mapas de riesgos y rutas alternas que para el caso han sido elaboradas.
- Determinar alternativas probables de solución.
- Dar aviso a la Residencia General de Conservación de Carreteras.
- Traslado al lugar.
- Obtención de información. Ya en el sitio, medirán y cuantificarán los daños, anotarán las acciones implementadas y estimarán el tiempo necesario para restablecer la operación del tramo o puente.
- Transmisión de reportes
- Seguimiento de obras y reportes periódicos.
- Reconstrucción de obras dañadas (trabajos definitivos).



Fig. Demolición de puente Xochitepec, colapsado por sismo del 19 de Septiembre 2017.



Capítulo 2

ESTRUCTURA “PUENTE”

El puente es la estructura creada, diseñada y pensada para librar un obstáculo, llámese barrancas, ríos, caminos, acantilados, brechas, etc. Y que de otro modo, no podrían cruzarse.

Ciertos estudios se requieren para la construcción y diseño de un puente, por lo que se mencionan algunos:

- 1 Estudios topográficos.
 - 1.1 Planta General
 - 1.2 Perfil de construcción
 - 1.3 Secciones hidráulicas
 - 1.4 Secciones del camino.
 - 1.5 Geometría del puente
- 2 Estudios geotécnicos.
 - 2.1 Perfil estratigráfico
 - 2.2 Alternativas de cimentación de acuerdo a la capacidad de carga
 - 2.3 Recomendaciones de construcción
- 3 Estudios de tránsito.
 - 3.1 Sección del camino
 - 3.2 Cargas permisible.
 - 3.3 Transito diario promedio anual.
 - 3.4 Conexiones de flujo vehicular de los poblados a la autopista.
 - 3.5 Estudios de ampliación transversal de autopistas o caminos.

- 4 Estudios de construcción.
 - 4.1 Caminos de acceso.
 - 4.2 Localización de bancos.
 - 4.3 Fuentes de abastecimiento.
 - 4.4 Mano de obra.

Los estudios antes mencionados son a manera somera y no implica que sean definitivos o suficientes para la construcción de un puente. Es importante complementar con estudios más detallados de la zona de construcción puesto que las condiciones geográficas y del camino son diferentes en todos los sentidos al construir un puente.



Fig. Construcción de distribuidor vial.

2.1 ELEMENTOS DEL PUENTE.

Los elementos que forman el puente son gestados a partir de una evaluación de ciertas condiciones detectadas por los estudios previos y estos elementos son:

2.1.1 Infraestructura.

La infraestructura se encarga de repartir los esfuerzos del puente al terreno natural, la conocemos también como la cimentación. Pueden presentarse cimentaciones someras o superficiales, profundas caballetes o pilas sobre pilotes o caballetes y pilas sobre cilindros o pilas profundas.

Los pilotes y el cajón de cimentación dependen ya sea de fricción superficial con el material del cemento o del apoyo de punta, dependiendo del tipo de suelo y de pilote.

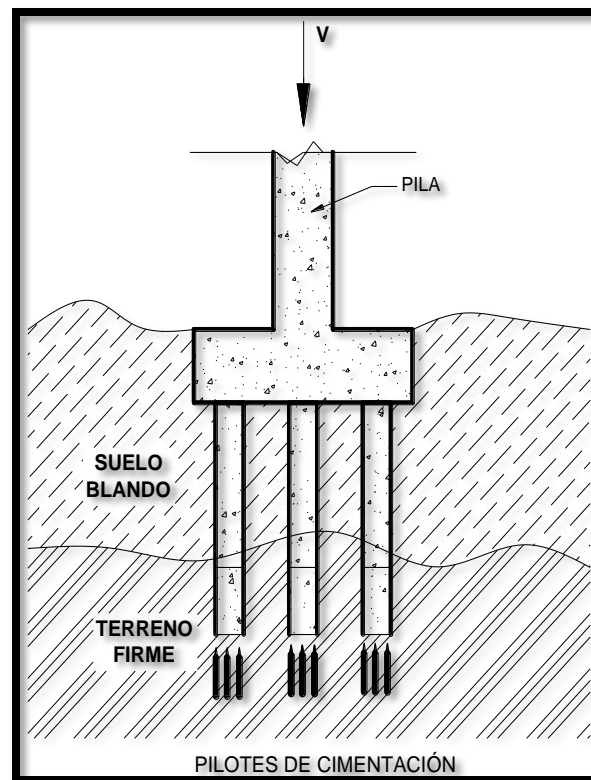


Fig. Pilotes de cimentación profunda.

2.1.2 Subestructura.

Es la encargada de transmitir los esfuerzos que recibe el puente a la infraestructura.

Funcionalmente, las subestructuras pueden ser clasificadas como estribos o pilas. Los cimientos, pilotes, columnas, tajamares o muros, pedestales o capiteles, cabezales, asientos del puente y los sistemas de apoyo, son componentes de los estribos y de las pilas.

Los estribos son elementos de la subestructura que soportan los extremos de un solo claro o los extremos exteriores de una estructura de claros múltiples, y, en general, retienen los terraplenes de acceso o relleno.

Las pilas son elementos de la superestructura que proporcionan apoyo interior a un puente de claros múltiples.



Fig. Pilas intermedias con coronas de concreto.

2.1.3 Dispositivos de apoyo.

Los apoyos generalmente se utilizan para transmitir y distribuir las cargas de la superestructura a la subestructura, al mismo tiempo que permita a la superestructura realizar los movimientos necesarios sin que se generen sobreesfuerzos perjudiciales.

Los apoyos son de dos tipos generales; fijos y de dilatación. La diferencia principal entre estos tipos de apoyo es que los fijos resisten la translación pero permiten la rotación de la superestructura debido a las deflexiones, mientras que los de dilatación permiten la rotación de la superestructura.

Los apoyos del puente son de vital importancia para el funcionamiento de la estructura. Si ellos no conservan una buena disposición de trabajo, puede inducirse esfuerzos a la estructura que pueden acortar la vida útil del puente.

Algunos dispositivos de apoyo son:

- **Placas de mampostería.** Las placas para mampostería son generalmente construidas de acero y son usualmente fijadas a la subestructura utilizando pernos de anclaje de acero.
- **Apoyos de Dilatación de Rodillos.** Dependiendo de la forma del apoyo, puede permitirse la rotación de la superestructura por la acción de rodamiento del rodillo(s) o por la rotación alrededor de un pasador de apoyo.

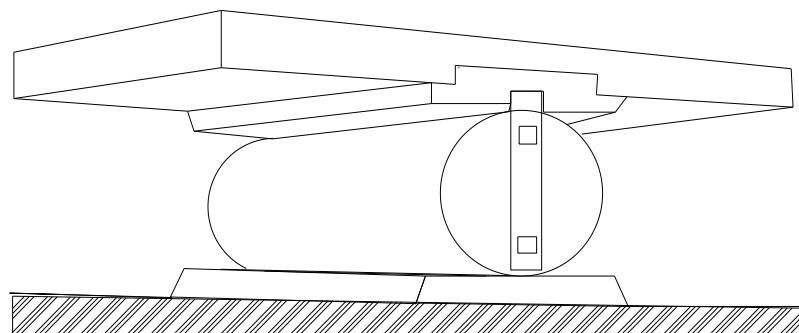


Fig. Apoyo de dilatación de rodillos.

- **Apoyos Fijos de Acero.** Los apoyos fijos de acero se utilizan para transferir cargas verticales a la subestructura y restringen a la superestructura de traslación longitudinal. Excepto en tramos de muy corta longitud. El apoyo fijo es generalmente proyectado para permitir la rotación de la superestructura.



Fig. Placas de acero y plomo.

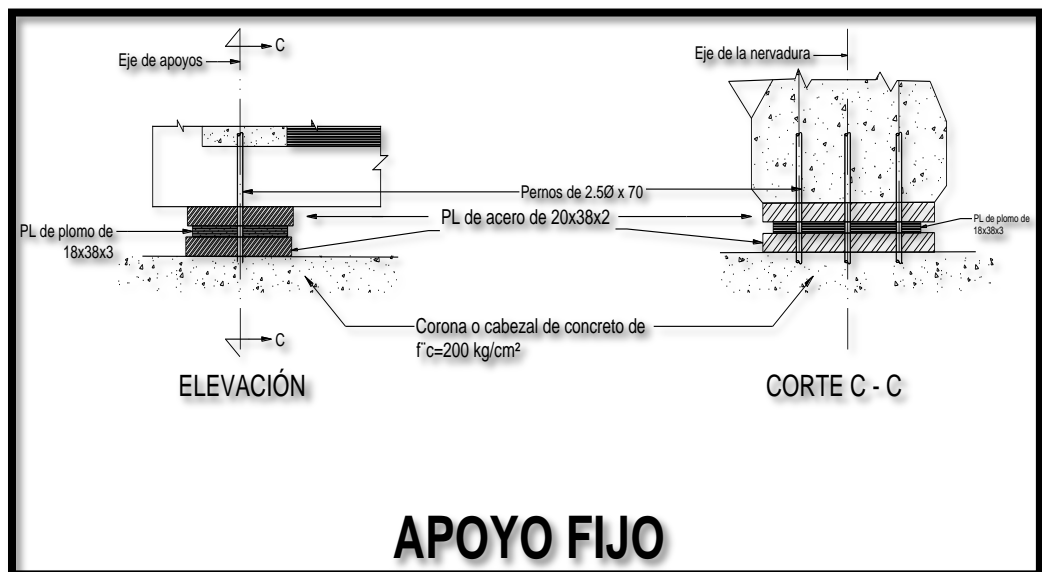


Fig. Proyecto tipo de apoyo fijo.

- **Apoyos de Dilatación de Mecedora.** Los apoyos de dilatación con mecedora se utilizan cuando se espera una carga vertical fuerte, una cantidad fuerte de traslación de la superestructura o una combinación de las dos. Esta condición generalmente ocurre en tramos de puente relativamente largos.

Los apoyos tipo mecedora, tienden a moverse en sentido longitudinal bajo acciones sísmicas. Por medio de una barra externa se restringe el desplazamiento en sentido transversal

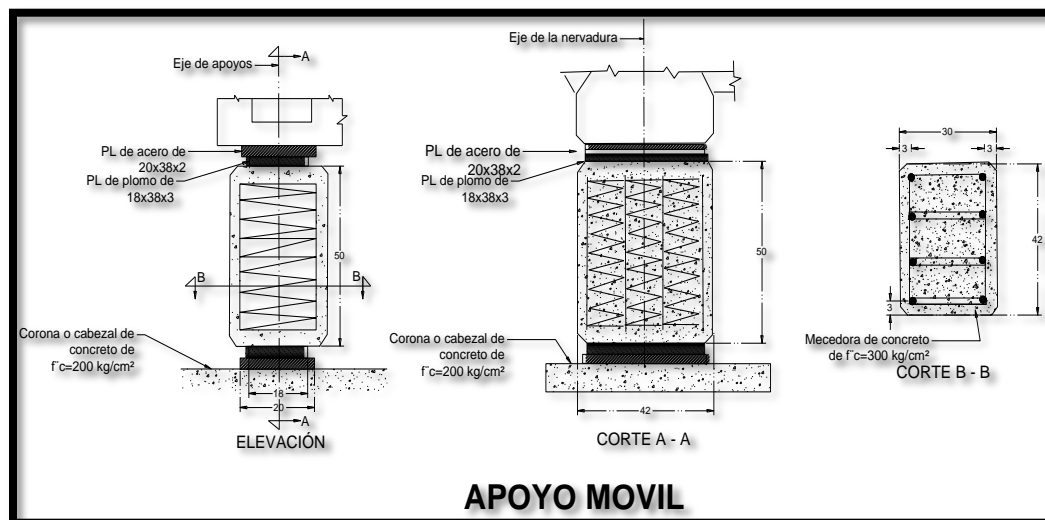


Fig. Proyecto tipo de apoyo móvil. Para losa con dos nervaduras de 18.00 m.



Fig. Apoyo mecedora de concreto.

- **Apoyos Elastoméricos.** Los apoyos elastoméricos son generalmente utilizados en concreto presforzado o traveses de acero curvas, de longitudes de claro cortas y moderados. Estos apoyos están contruidos de neopreno y acero al carbono moldeado en una masa sólida libre de vacíos. Los apoyos de dilatación elastoméricos son diseñados para adaptarse a los movimientos horizontal y vertical por deformación del mismo apoyo. El apoyo elastomérico fijo esta generalmente restringido contra el movimiento horizontal por el uso de barras de anclaje que se prolongan desde la superestructura a través del apoyo dentro de la subestructura.

Los apoyos elastoméricos pueden incluir el uso de placas de carga en las caras superior e inferior del apoyo para fijarlo en su posición y ayudarlo en la distribución de las cargas.

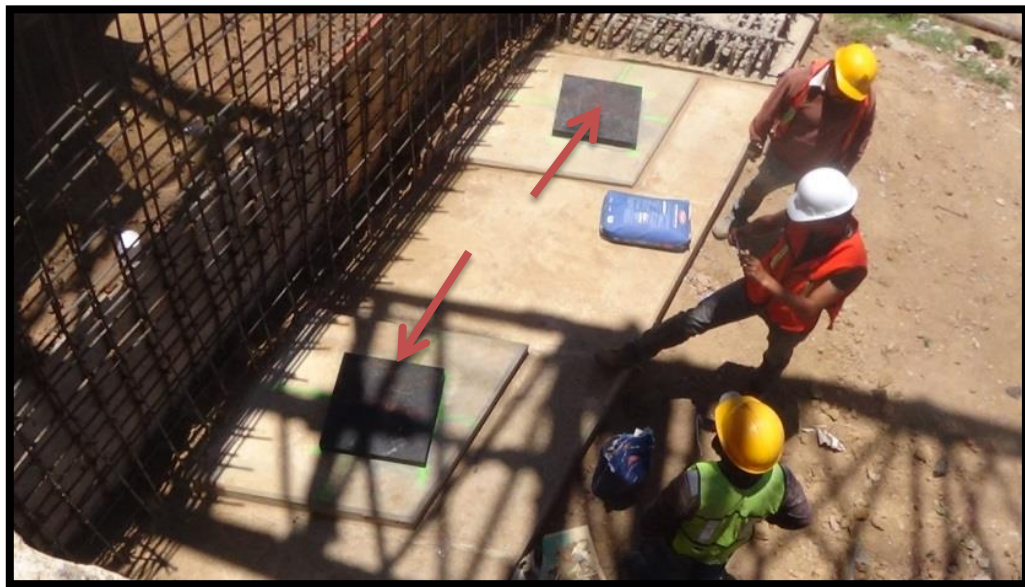


Fig. Apoyo de neopreno.

2.1.4 Superestructura.

La superestructura es la encargada de transmitir las cargas a los dispositivos de apoyo. Este elemento está formado por tableros, puede presentarse como:

- ✓ Losa simplemente apoyada
- ✓ Losa apoyada sobre elementos portantes, también conocidos como traveses o vigas.
- ✓ Armaduras.

Las superestructuras de puente en este país generalmente de metal, concreto o madera.

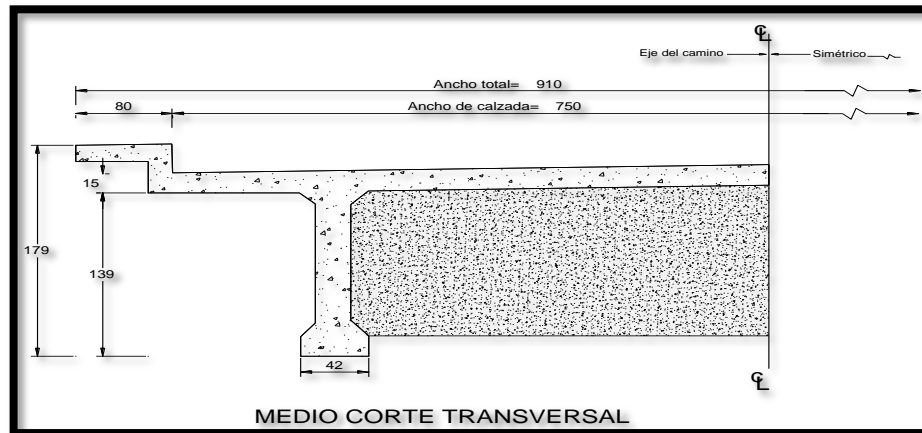


Fig. Proyecto tipo de losa con dos nervaduras de 18.00 m.



Fig. Losas con 2 nervaduras.

2.1.5 Superficie de rodamiento.

Es el área que permitirá el tránsito de los vehículos. Es la parte superior de puente. Los materiales empleados en esta área son el asfalto y el concreto hidráulico. Cuenta con algunos elementos de seguridad como, Parapetos, banquetas, señalamiento horizontal, etc.



Fig. Superficie de rodamiento. Ancho de calzada de 7.50 m.

2.1.6 Equipamiento

Dentro de los equipamientos se incluyen la calzada y aceras o banquetas, juntas de dilatación, guarniciones, sistemas de drenaje, parapeto, barandales, señalización, etc.

Las banquetas se colocan a las estructuras donde el tránsito de peatones justifique el uso. De otra manera, se recomiendan generalmente banquetas de seguridad.

Las guarniciones se prevén en conjunto con las banquetas o las banquetas de seguridad. Las guarniciones pueden construirse de concreto reforzado, granito prelabrado, madera o placas de acero.

Los parapetos se colocan a todo lo largo de los bordes extremos del sistema de piso y proporcionan protección para el tránsito y los peatones.



Fig. Mantenimiento de parapeto tipo.

2.1.7 Orientación puente.

Debemos de ser conscientes de las direcciones, que en un puente se emplean para localizar elementos o describir los daños que percibimos en la estructura.

Un sistema parecido a un plano cartesiano, donde este dependerá de lo que cruce el puente o su nivel de servicio. Nuestra referencia o punto neutro siempre será el centro del puente.

Al orientarnos en un puente que libra un río o arroyo torrencial, tendremos que enfocarnos en hacia donde tiene dirección la corriente. Y nos referiremos al lado aguas arriba al punto donde inicia la corriente, por lo contrario aguas abajo será el punto donde termina la corriente. Para los lados extremos del puente viendo al sentido de la dirección de la corriente nos referiremos con márgenes, margen derecha o margen izquierda.

Para el caso de que el puente se encuentre sobre la autopista y cruce un camino, la direcciones serán respecto al cadenamamiento, donde para referirnos a los lados del puente los llamaremos hombros ya sea izquierdo o derecho, como se considera en las coronas de las terracerías.

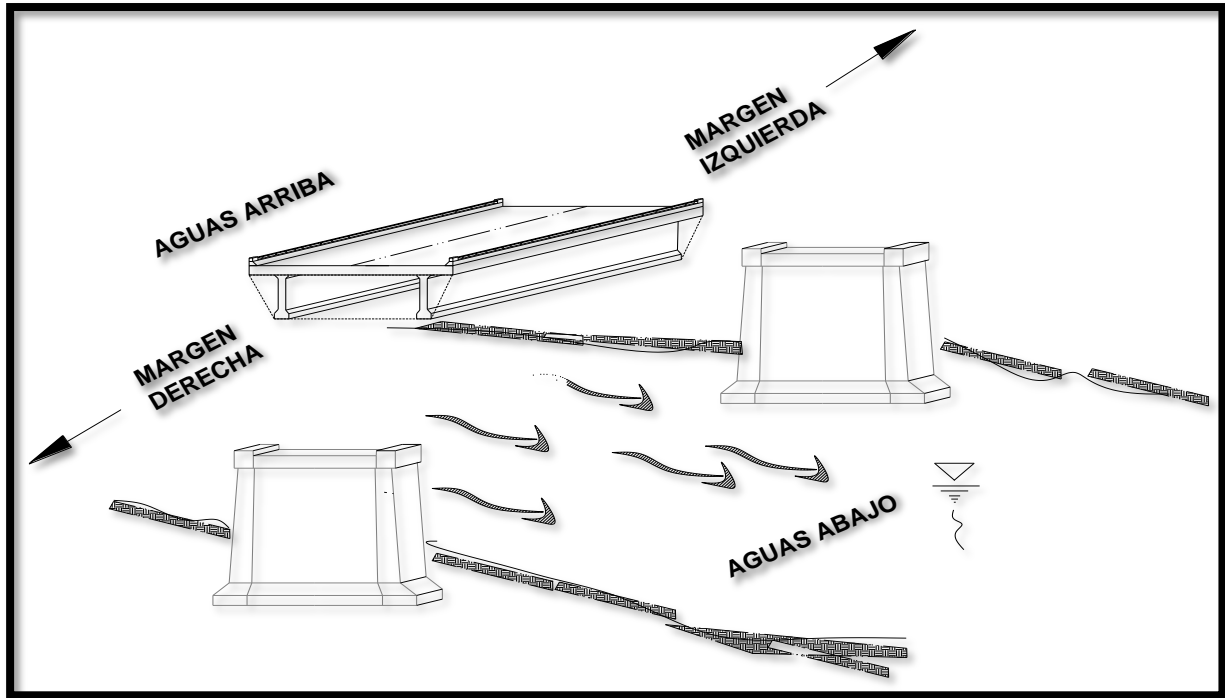


Fig. Sentidos respecto a un puente que cruza un río o arroyo torrencial.



2.2 CLASIFICACIÓN DE PUENTES.

Desde la antigüedad hasta la fecha se han utilizado diferentes materiales en la construcción de puentes. Estos materiales van desde: piedras, madera, cuerdas, concreto, acero, plástico, etc.

Principalmente los puentes se clasifican por el tipo de material o la utilidad que se le dará al elemento. Por lo que se procederá a mencionar algunos de los tipos principales de los puentes.

Dentro de la clasificación de los puentes se valoran las siguientes características y se opta por la más conveniente de acuerdo a las necesidades que se requieren en el camino a construir.

- Por el nivel de servicio del puente.
 - Puentes
 - Pasos superiores vehiculares (P.S.V.)
 - Pasos inferiores vehiculares (P.I.V.)
 - Paso inferior peatonal (P.I.P.)
 - Paso superior peatonal (P.S.P.)
 - Paso inferior de ganado (P.I.G.)
 - Paso superior de ganado (P.S.G.)
 - Paso inferior de ferrocarril (PIFFCC)
 - Paso superior de ferrocarril (PSFFCC)
 - Entronque
 - Túnel
 - Obras de drenaje y/o alcantarillasclaro mínimo de 2.50m.
- De acuerdo a su trazo vertical.
 - Tangente
 - Pendiente
 - Cresta
 - Columpio



- Por el material empleado para su construcción.
 - Concreto reforzado
 - Concreto presforzado
 - Acero
 - Mixto

- Por la movilidad o inmovilidad de la superestructura.
 - Fijos.
 - Móviles.
 - Basculante.
 - Levadizo.
 - Giratorio.

- Por su diseño estético.
 - Puente viga.
 - Puente ménsula.
 - Puente de arco.
 - Puente colgante.
 - Puente Atirantado.

2.2.1 Consideración de cargas.

Fue a partir de 1944 y hasta la actualidad, que se han adoptado modelos de cargas móviles de diseño para puentes. Dichas cargas fueron constituidas por camiones tipo, o cargas por carril equivalentes en las que los camiones no son reales, sino sólo vehículos imaginarios que se usan para el diseño. Según los modelos de carga en AASHTO, hay dos clases principales de camiones: los denominados con la letra H seguida de un número, y los designados con las letras HS, seguidas también de caracteres numéricos. Los camiones de tipo H tienen dos ejes; el número que sigue a la H en la denominación indica el peso total del camión cargado, en toneladas

norteamericanas de 2.000 libras. Así, el camión H20 pesa 20 ton norteamericanas, equivalentes a 18.14 ton métricas.

Los camiones HS son vehículos tipo tractor y semirremolque, con dos ejes en el primero y un eje en el segundo. El número que sigue a las letras HS es el peso del tractor en toneladas norteamericanas, el peso del semirremolque es el 80% del peso del tractor. Por ejemplo, en el camión HS20 el tractor pesa 20 ton norteamericanas, y el peso del semirremolque es de 16 ton norteamericanas, con lo que el peso total del camión es de 36 ton norteamericanas que equivalen a 32.66 tons métricas. En este caso la separación entre el eje posterior del tractor y el del semirremolque es variable dentro de ciertos límites con el fin de obtener el efecto más desfavorable para la estructura en diseño.

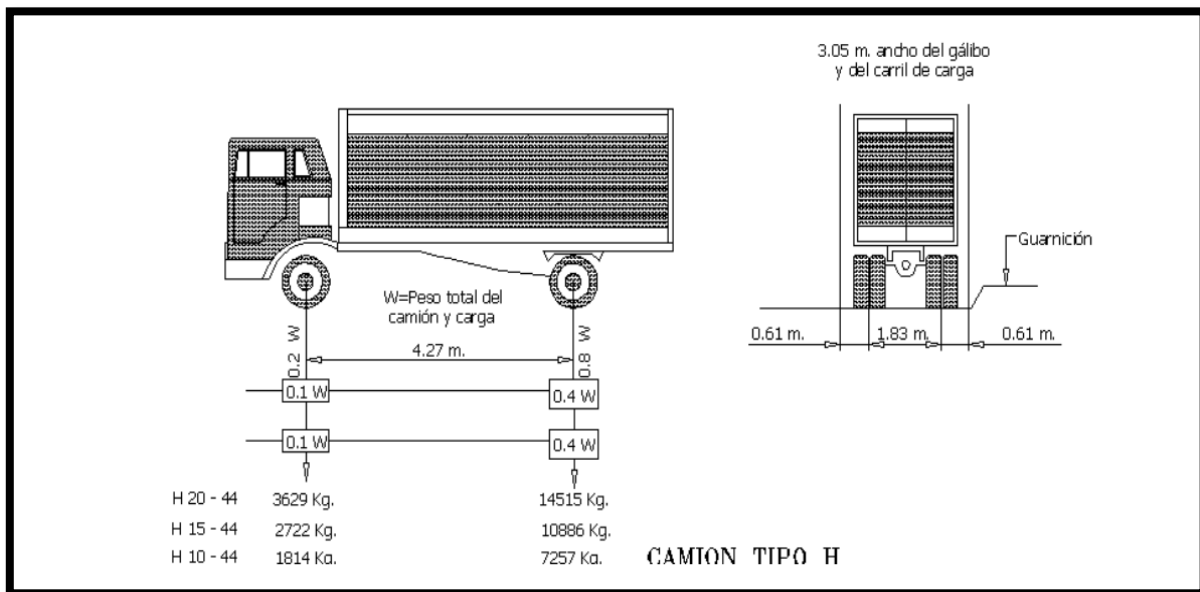


Fig. Modelos de carga AASHTO tipo H.

En México, no obstante que se utilizan las normas AASHTO para el proyecto de puentes, las cargas móviles de diseño que se usaron desde 1980 son las denominadas T3-S3 y T3-S2-R4, que trataron de identificar al tránsito que está permitido en las carreteras federales del país, según lo indica el Reglamento sobre el Peso, y Dimensiones de los Vehículos de Autotransporte que transitan en los Caminos y Puentes de Jurisdicción Federal. De acuerdo con el reglamento

mencionado, el camión tipo T3-S3 consta de un tractor con tres ejes y un semirremolque con tres ejes, cuyo peso bruto vehicular máximo autorizado es de 48.5 ton métricas. El camión tipo T3-S2-R4 consta de un tractor con tres ejes, un semirremolque con dos ejes, y un remolque con cuatro ejes, con peso bruto vehicular máximo autorizado de 66.5 ton. No obstante lo anterior, en diferentes organismos se desarrollaron términos de referencia donde se solicitó que en el análisis de los puentes se utilizarán estos dos últimos tipos de camión, pero variando el valor de las cargas por eje, existiendo un descontrol en los proyectistas por el tipo de modelo más representativo de las cargas nacionales. Por lo que se estableció la necesidad de contar en México con un modelo o sistema de cargas que representen adecuadamente los pesos de los vehículos que circular por las carreteras nacionales.

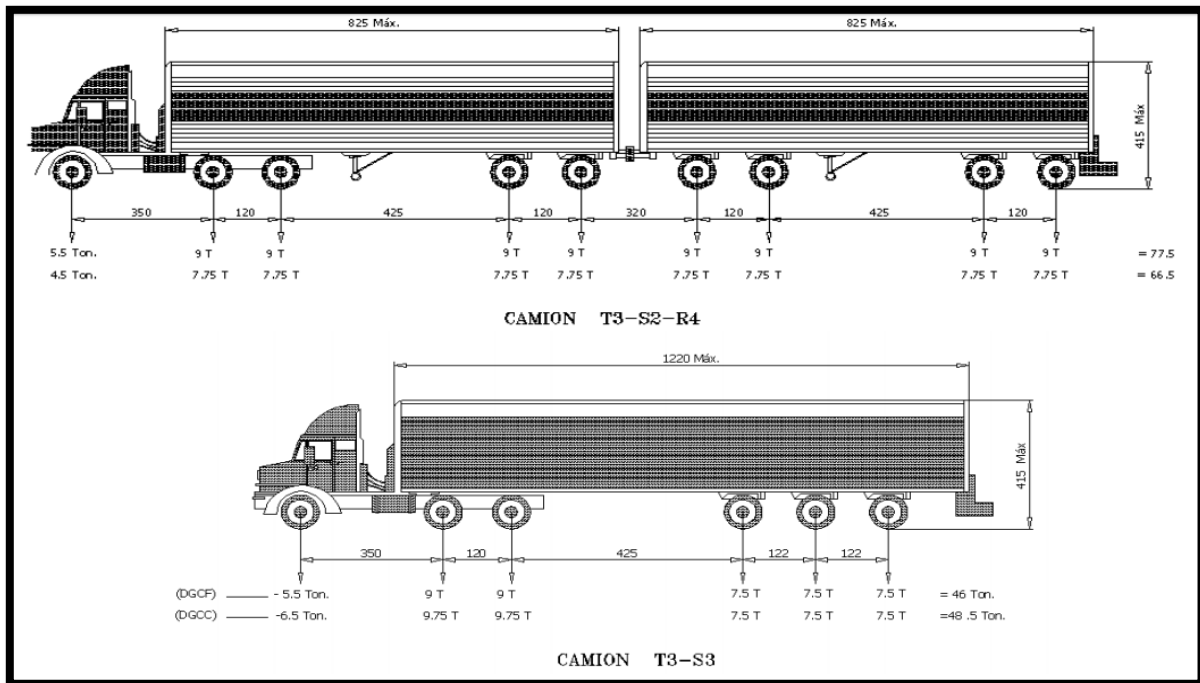


Fig. Modelos de carga utilizados en el proyecto de puentes.



Modelos de cargas vivas IMT

Para los análisis longitudinal y transversal o tridimensional de la superestructura, se consideran los modelos de cargas vivas debidas a los vehículos, que se indican a continuación:

- Modelos IMT 66.5 Aplicables a estructuras que se proyecten para carreteras de los tipos ET, A, B y C, según la clasificación establecida en el Reglamento sobre el Peso, Dimensiones y Capacidad de los Vehículos de Autotransporte que Transitan en los Caminos y Puentes de Jurisdicción Federal, así como para las autopistas, que son carreteras de los tipos ET y A, con accesos controlados.
- Modelos IMT 20.5 Aplicables a estructuras que se proyecten para carreteras de Tipo D, según la clasificación establecida en el Reglamento sobre el Peso, Dimensiones y Capacidad de los Vehículos de Autotransporte que Transitan en los Caminos y Puentes de Jurisdicción Federal, así como para caminos rurales. Estos modelos de cargas son virtuales, únicamente con fines de análisis estructural y no representan un vehículo real.

Análisis longitudinal.

Modelos de cargas vivas vehiculares para el análisis longitudinal.

- a) Modelo IMT 66.5 Este modelo de cargas vivas para el análisis longitudinal de claros iguales o mayores de treinta (30) metros, consiste en tres cargas concentradas (P1, P2, P3) y una carga uniformemente distribuida (w), con los valores que enseguida se indican y distribuidas como se muestra en la Figura.

Esas cargas deben multiplicarse por un factor de reducción de nueve décimos (0,9).

$$P1 = 49 \text{ kN (5,0 t)},$$

$$P2 = 235 \text{ kN (24,0 t)},$$

$$P3 = 368 \text{ kN (37,5 t)}.$$

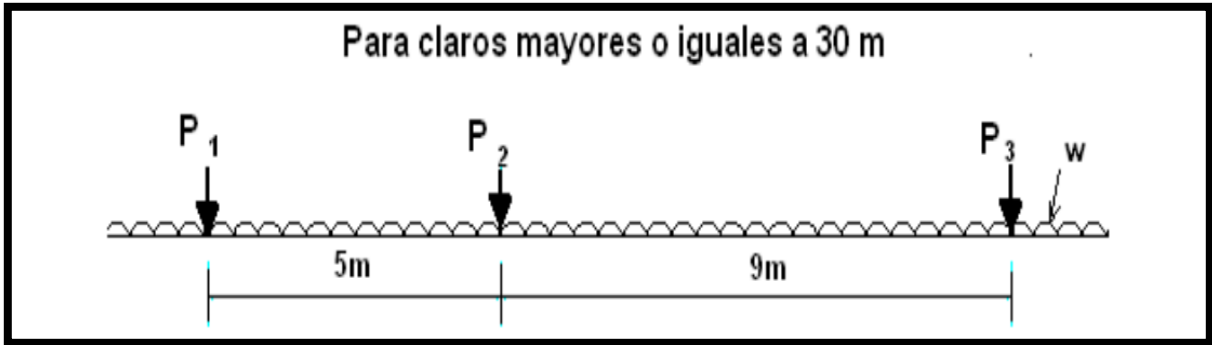


Fig. Modelo de cargas vivas vehiculares IMT 66.5, para el análisis longitudinal de puentes y estructuras similares, con claros iguales o mayores de 30m.

b) Modelo IMT 20.5. Este modelo de cargas vivas para el análisis longitudinal de claros iguales o mayores de quince (15) metros, consiste en dos cargas concentradas (P_4 , P_5), y una carga uniformemente distribuida (w'), con los valores que enseguida se indican, y distribuidas como se muestra en la Figura

$$P_4 = 25 \text{ kN (2,5 t)},$$

$$P_5 = 177 \text{ kN (18 t)},$$

$$w' = 8,8 \text{ kN/m (0,9 t/m)}.$$



Fig. Modelo de cargas vivas vehiculares IMT 20.5, para el análisis longitudinal de puentes y estructuras similares, con claros iguales o mayores de 15m.



Fig. Tránsito de un camión tipo T3-S2-R4 y un camión tipo T3-S3 sobre el puente Amalucan cuerpo “A”.



CAPITULO 3

INFORME EXTRAORDINARIO DE LA EMERGENCIA QUE SE PRESENTÓ EN EL PUENTE AMALUCAN, CUERPO B DEBIDO A LA FALLA DEL APOYO SOBRE LA PILA 3 MARGEN DERECHA AGUAS ARRIBA.

I. ANTECEDENTES.

Con fecha 07 de diciembre de 2016, se declara que el licitante ganador para ejecutar la obra pública denominada “SUSTITUCIÓN DEL PUENTE AMALUCAN UBICADO EN EL KM 131+683 DE LA AUTOPISTA PUEBLA – ACATZINGO”, con plazo de ejecución del 02 de enero de 2017 al 29 de agosto de 2017

Con fecha 15 de diciembre de 2016, se formaliza con la empresa de “Supervisión Externa”, el contrato de servicios relacionados con la obra, que tiene por objeto la “Supervisión y Control de Calidad de la Sustitución del Puente Amalucan, ubicado en el km 131+683 de la Autopista Puebla – Acatzingo, con plazo de ejecución del 02 de enero de 2017 al 13 de septiembre de 2017.

Durante la inspección visual del periodo 2015-2016 en el tramo de la autopista Puebla-Acatzingo, de la cual fui parte de los trabajos, se reportó como dañada la estructura “Puente Amalucan cuerpo B” por presentar el apoyo dañado y que se consideraba riesgoso, de no atenderse a tiempo presentaría el colapso de la estructura. Presentada la situación, la dependencia toma la decisión de realizar una inspección detallada y de generar un proyecto el cual consistió en la sustitución de la estructura en ambos cuerpos.

Algunos trabajos a realizar por parte de un servidor en la obra denominada “**SUSTITUCIÓN DEL PUENTE AMALUCAN UBICADO EN EL KM 131+683 DE LA AUTOPISTA PUEBLA – ACATZINGO**”, están dentro del personal de la Supervisión



Externa, conforme a nuestro programa de servicio de Supervisión, en el periodo de 02 al 17 de enero de 2017, la actividad que se realizó fue la de revisión de proyecto, por lo que se realizaron varias visitas a la obra en las cuales se observaron diferentes daños de la estructura y entre estos daños estaba el apoyo del tramo central, tipo mecedora de concreto, sobre la pila 3 margen derecha aguas arriba, el cual se observó con el concreto agrietado dejando expuesto el acero de la mecedora.

Debido a los daños que se observaron en la estructura se monitoreo para conocer la evolución de los daños detectados y en caso de que la estructura estuviera en situación de riesgo notificar a dependencia encargada, para que tomara las medidas necesarias para asegurar el puente, en tanto se realizaban los desvíos para iniciar su demolición.



II. DESCRIPCIÓN DEL PUENTE AMALUCAN.

El Puente Amalucan se encuentra ubicado en el km 131+683 de la Autopista Puebla – Acatzingo, libra la barranca que se encuentra entre los bosques de san Sebastián y bosques de Amalucan.

El puente es una de la principales estructuras en el tramo Puebla – Acatzingo, la importancia de esta estructura en el tramo es primordial, ya que se encuentra a la salida del estado de Puebla y de presentar un colapso en alguno de los cuerpos que lo conforman, presentaría una falla inminente en la comunicación del estado, generando así pérdidas de tiempo al usuario y en el peor de los casos pérdida de vidas humanas.

Datos Técnicos

Fecha de Construcción: 1963-1964

Localización.- Entidad: Puebla.

Población: Bosques de Amalucan y Bosques de San Sebastián.

Carretera: Puebla, Puebla.

Tramo: Puebla- Acatzingo.

Km: 131+683 Origen: Ciudad de México, Centro.

Número de cuerpos: Dos.

Longitud total cuerpo “A”: 50.30 m.

Longitud total cuerpo “B”:50.40 m.

Cuerpo “A”

Es una estructura formada por tres tramos cuya longitud total es de 50.30 m.

La superestructura está formada por tres tableros de losa sobre seis traveses ASSHTO tipo III y tres diafragmas de concreto transversales en cada tablero.

Por subestructura el puente está formado por un estribo en margen derecha, dos pilas intermedias de mampostería con corona de concreto y un estribo en margen izquierda.

Por dispositivos de apoyo presentan neoprenos.



Fig. Puente Amalucan cuerpo “A”

Cuerpo “B”

Es una estructura formada por tres tramos cuya longitud total es de 50.40 m.

La superestructura está formada por tres tableros de losa con dos nervaduras longitudinales y tres diafragmas de concreto transversales en cada tablero.

Por subestructura el puente está formado por un estribo en margen derecha, dos pilas intermedias de mampostería con corona de concreto y un estribo en margen izquierda.

En ambas pilas en sentido aguas arriba y aguas abajo la estructura presenta dispositivos de apoyo móviles conocidos como mecedoras de concreto.

Los apoyos tipo mecedora, tienden a moverse en sentido longitudinal bajo acciones sísmicas. Por medio de una barra externa se restringe el desplazamiento en sentido transversal.



Fig. Puente Amalucan cuerpo “B”.



III. HECHOS.

Durante los trabajos que su servidor realizaba como parte de la Supervisión Externa para la sustitución del puente Amalucan, implicaban constantemente que ejecutara recorridos a la estructura en ambos cuerpos, en estos lo que más notaba era la sensación vibración el claro central de puente Amalucan cuerpo “B”, por lo que le informe a mi coordinador de dicha situación, para que de manera oportuna se comunicara a la dependencia encargada del puente de dicho comportamiento.

Con fecha de 28 de julio de 2017 siendo aproximadamente las 19.30 horas, al transitar en el vehículo rumbo a la ciudad de Puebla sobre el cuerpo “B”, exactamente en el carril de baja velocidad, el claro central presentó un movimiento que definitivamente no era común en la estructura, se tenía conciencia de la vibración que presentaba el puente, sin embargo, la sensación era la de bajar un escalón, por lo que mi primera impresión fue que el apoyo tipo mecedora de concreto había fallado y de no atenderse pronto podría colapsar la estructura. Esto se lo mencione a mi coordinador y se tomó la decisión de inspeccionarlo al día siguiente, dado que no se contaba con las condiciones de iluminación y equipamiento necesarias en obra.

Con fecha 29 de julio de 2017, siendo aproximadamente la 10:00 horas, durante el recorrido de la obra observamos en la calzada del cuerpo “B”, un escalón de 10 cm., en la zona del carril de baja velocidad, entre el tramo central y el tramo lado Acatzingo, por lo que de inmediato esta Supervisión Externa procedió a inspeccionar la estructura para ver lo que ocasionaba el desnivel en la estructura.

Se observó en el cuerpo “B”, que el apoyo (mecedora de concreto) del tramo central ubicado sobre la pila 3 margen derecha aguas arriba, se encontraba fallado y la nervadura lado aguas arriba ya no tenía el apoyo en buenas condiciones por lo que ocasionó que bajara el nivel de la superestructura es esa zona, el tramo central estaba apoyado únicamente en tres puntos estables, esto aunado al impacto de los vehículos incrementado por el escalón existente de 10 cm, considerando en riesgo de colapso el Puente Amalucan cuerpo “B”.

De inmediato se dio aviso vía telefónica al Ingeniero Residente de la obra por parte de la dependencia, recomendando se procediera a cerrar el carril de baja velocidad y dejar en servicio solo el de alta, se solicitó que de manera oportuna se comenzara con la colocación del señalamiento preventivo y una brigada de señalamiento, he indicar bajar la velocidad de circulación de los vehículos sobre la estructura.

En coordinación con personal de la dependencia; de la empresa Contratista de obra; personal de la Policía Federal de Caminos; y esta Supervisión Externa, se procedió a colocar el señalamiento necesario, hacer de inmediato el cierre del carril de baja velocidad y a desviar el tráfico por rutas alternas haciendo que el volumen de vehículos disminuyera en gran medida.



Fig. Diferencia de 10 centímetros entre rasantes de tramo 2-3 y tramo 3-4 en el puente Amalucan cuerpo “B”.



IV. SOLUCIÓN.

Una vez cerrado el carril de baja y con la ayuda de una escalera telescópica se le solicitó a la contratista encargada de la sustitución del puente, procediera a calzar el puente con madera lo cual fue realizado de inmediato.

Ese mismo sábado 29 de julio de 2017, al no contar con los instrumentos necesarios se solicitó el apoyo de empresas que ejecutaban trabajos en localidades cercanas y que contaran con herramienta y todo lo necesario para realizar el trabajo de reparación.

Se definieron las acciones a tomar para asegurar la estructura y restaurar su capacidad de carga para así poner en servicio los dos carriles de circulación de la autopista.

- Calzar el puente para evitar daños en la superestructura
- Gatear la superestructura en la zona la trabe cerca del apoyo dañado y realizar la limpieza de la zona donde se encontraba.
- Calzar la estructura en zona cercana el apoyo ubicado en pila tres, lado aguas abajo.
- Gatear la estructura poco a poco hasta recuperar el nivel que se tenía (10 cm), eliminando el escalón entre losa en la calzada.
- Colocar un apoyo de placas de acero A-36 con un apoyo de neopreno.
- Abrir el segundo carril de circulación.

Aproximadamente a las 18:00 horas del día sábado 29 de julio de 2017 llegó el personal de la empresa encargada de la reparación y construcción de otros puentes en el tramo que contaba con equipo requerido para realizar los trabajos de atención, esta empresa apoyaría con 9 gatos hidráulicos y personal técnico para el izaje, cada gato hidráulico tiene una capacidad de 100 toneladas. En obra solo se tenía una escalera telescópica para el acceso a la zona de apoyos y dado que para poder maniobrar los equipos de izaje y realizar todas las actividades que se requerían era necesario una plataforma, se decidió dejar el puente calzado, con el carril de baja

velocidad cerrado y esperar a que llegaran los andamios para poner la plataforma de trabajo y mantener la seguridad en los trabajos.

El día domingo 30 de julio de 2017 aproximadamente a las 9:00 horas, se comenzaron los trabajos con apoyo de los andamios, bancos de acero A-36 y neoprenos y placas de acero A-36 de $\frac{1}{2}$ " de espesor.



Fig. Trabajos de emergencia a la falla del apoyo en pila de eje 3 del puente Amalucan cuerpo “B”.



V. PROCEDIMIENTO DE SOLUCIÓN.

Una vez colocada la plataforma de trabajo y teniendo la seguridad necesaria para realizar los trabajos se procedió a calzar el puente en el lado aguas arriba de la pila 3 y se inició el gateo del puente, esta acción se realizó por medio de gatos hidráulicos de 100 toneladas, colocándolos sobre la corona de la pila e izando por medio del diafragma transversal de la nervadura margen izquierda.

Al tener izada la estructura se procedió a la limpieza de la zona, retirando los escombros y trozos de concreto que se desprendieron de la mecedora de concreto.

Teniendo calzada la estructura y con el gato hidráulico asegurado se procedió a retirar la mecedora fallada.

Se niveló con cemento grout la zona donde se encontraba el apoyo fallado y se colocaron dos bancos de acero A-36 de $\frac{1}{2}$ " de espesor, debido a que el peralte de la mecedora era de 50 cm y el peralte de los bancos era 25 cm. aproximadamente, se requirieron también placas de neopreno y placas de acero A-36 de $\frac{1}{2}$ " de espesor para calzar el puente. Dichos bancos metálicos, neoprenos y placas de acero A-36 se consideran de manera provisional.

Las dimensiones de los bancos fueron de 0.30 m x 0.30 m x 0.25 m con placas de acero con $\frac{1}{2}$ " de espesor, dichos bancos de acero carecen de un análisis o diseño estructural, la autorización de estos se dio derivado a la emergencia que se presentaba y que debía ser solucionada de manera inmediata. Las dimensiones y espesores en los bancos metálicos fueron considerados en base a la experiencia con la que se cuenta por el grupo de ingenieros que estábamos presentes en la atención a la emergencia.

Se realizó el gateo de la nervadura en varias etapas cerrando el paso vehicular durante esta acción ya que se requería que la carga que soportara el gato hidráulica solo fuera la del tablero como tal.



Se fue realizando el monitoreo del izaje de la estructura debajo de la superestructura y sobre la superficie de rodamiento verificando las presiones ejercidas en el gato y los desplazamientos que se realizaban.

Después de calzar con los bancos de acero, el neopreno y las placas metálicas de 1/2” se logró nivelar la calzada del puente y así recuperar el nivel de la nervadura.

Para que no se presentara un deslizamiento entre bancos se optó por colocarle unos puntos de soldadura para sujetar las placas de acero.

Se procedió a retirar el equipo y la pasarela con la que se realizaron las actividades.

A las 16.45 horas Se decidió abrir al tráfico el carril de baja velocidad quedan en servicio los dos carriles de circulación del cuerpo “B” de la autopista sin presentar daños.



VI. RECOMENDACIONES.

Después de realizar y prevenir un posible colapso en el tramo central del Puente Amalucan, por parte de esta Supervisión Externa se hacen las siguientes recomendaciones:

1. Agilizar y priorizar la sustitución de la estructura del Puente Amalucan cuerpo “B”.
2. Monitorear e inspeccionar el comportamiento que presente la reparación del tramo central del Puente Amalucan cuerpo “B”, en tanto este cuerpo “B” esté en funcionamiento realizándose de manera constante y hasta la sustitución de la estructura.
3. Monitorear si existen desplazamientos en los apoyos móviles de los tramos centrales del Puente Amalucan cuerpo “B”.
4. Mantener el señalamiento de obra en todo momento, principalmente aquellos que señalen la reducción de velocidad.
5. Monitorear e inspeccionar la zona de la junta que existe entre tramos del puente, en especial la que se presenta entre el tramo 2 y 3 del Puente Amalucan cuerpo “B”.



VII. SUSTITUCIÓN DEL PUENTE AMALUCAN CUERPO “B”.

La sustitución del cuerpo “B” del puente Amalucan se deriva a los daños que se presentan en la estructura, principalmente esta estructura cuenta con dispositivos de apoyo tipo mecedoras de concreto. Dichos dispositivos están actualmente siendo sustituidos en los puentes derivados a sus fallas presentadas que han sido motivo de colapsado de otros puentes.

El cuerpo “B” del Puente Amalucan como tal está compuesto por tres tableros, por superestructura se componen de una losa con dos nervaduras longitudinales y tres diafragmas de concreto reforzado en cada tramo, apoyadas sobre estribos en margen derecho y margen izquierdo, dos pilas intermedias de mampostería y corona de concreto, sobre estas coronas en aguas arriba y aguas abajo se tienen los dispositivos de apoyo tipo mecedora de concreto.

Se está realizando la sustitución de ambos cuerpos para construir un cuerpo cuyas características son las siguientes

Nº DE TRAMOS	SUPERESTRUCTURA	DISPOSITIVOS DE APOYO	SUBESTRUCTURA	CIMENTACIÓN
1	Losa sobre 14 traveses tipo Nebraska (NU 240).	Apoyos integrales de neopreno (50x50x5.7)	Cabezales sobre pilas de cimentación.	Pilas de cimentación de 1.50 m de diámetro.

Dicho proyecto implica realizar la sustitución por etapas, demoliendo primero el cuerpo “B” el cual presenta un mayor riesgo al presentarse la falla en su apoyo y solo estar calzado aguas arriba en la pila eje 3. Por ello se pretende su demolición primero y canalizar el tráfico sobre el cuerpo “A” hasta haber construido la parte de lado “B” de nuevo puente.



VIII. Reporte Fotográfico.



Fig. Vista del Puente Amalucan al inicio en el mes de enero de 2017.



Fig. Vista del apoyo de tramo central sobre la pila 3 lado aguas arriba en enero de 2017.



Fig. Detalle del apoyo del tramo central sobre pila 3 lado aguas arriba en enero de 2017.



Fig. Detalle del apoyo del tramo central sobre pila 3 el 29 de julio de 2017 nótese escalón en el parapeto.



Fig. Detalle de escalón en zona de banqueta día 29 de julio de 2017.



Fig. Detalle de escalón en la calzada entre tramo 2 y 3 en julio de 2017.



Fig. Detalle de escalón en zona de banquetta. Julio 30 de julio de 2017.



Fig. Vista del apoyo del tramo central lado aguas arriba sobre la pila.



Fig. Inicio de los trabajos de aseguramiento del puente.



Fig. Inicio de los trabajos de aseguramiento del puente.



Fig. Bancos metálicos para el gateo de la estructura, elaborados con placas de acero A-36 de $\frac{1}{2}$ " de espesor.



Fig. Bancos metálicos para gateo de la estructura y gato hidráulico con capacidad de 100 ton.



Fig. Estado de apoyo de tramo central lado aguas arriba sobre pila 3 el 30 de julio de 2017.



Fig. Vista transversal del apoyo de tramo central lado aguas arriba sobre pila 3 el 30 de julio de 2017.



Fig. Inicio de gateo de la estructura, gato colocado sobre banco metálico y con calzas de placa de acero de $\frac{1}{2}$ " bajo trabe lado aguas arriba día 30 de julio de 2017



Fig. Zona de apoyo limpia y se coloca un banco de metálico día 30 de julio de 2017.



Fig. Mecedora de concreto retirada.



Fig. Detalle del apoyo, bancos metálicos, calzas de placa de acero de $\frac{1}{2}$ " y apoyo de neopreno.



Fig. Registro de presión ejercida al gato para el izaje de la estructura.



Fig. Fijación de bancos metálicos mediante puntos de soldadura.



Fig. Detalle de la calza en zona cercana al apoyo de tramo central lado aguas abajo sobre pila 3.



Fig. Puesta en servicio los dos carriles de circulación del cuerpo “B”.



CONCLUSIONES.

“Los puentes representan la más alta inversión unitaria de todos los elementos del sistema de camino. Cualquier defecto en la estructura no únicamente representa una reducción en la inversión, sino lo más importante, presenta la mayor oportunidad de todas las posibles fallas del camino para alterar el bienestar de la comunidad y la pérdida de vidas.”

Tener una vigilancia total sobre las estructuras que se construyen en una red carretera es de suma importancia ya que estas estructuras son la parte de principal inversión en un sistema carretero, al colapsar o presentar una falla la estructura, se ponen en riesgo las comunicaciones entre comunidades, la infraestructura carretera y lo más importante la vidas humanas de los usuarios que por los puentes transitan.

La implementación de inspecciones rutinarias, como lo son las inspecciones visuales y detalladas, nos dan un panorama a prevenir y corregir los posibles daños que se presenten en el puente y por medio de mantenimientos o rehabilitaciones se mantiene en servicio cualquier puente del sistema carretero.

El control de calidad de la obra, el evitar los llamados vicios ocultos, la oportuna respuesta a fallas estructurales en puentes así como las verificaciones periódicas, brindaran al puente continuar con su óptimo nivel de servicio y satisfacer de manera general al usuario, brindando seguridad y confort al ser utilizados.

Ante las cuestiones de emergencia derivadas por una falla de la estructura o algún evento natural la forma en que se resuelven se obtiene en base a la oportuna respuesta y experiencia que se presenta ante las situaciones presentadas.

El que se me presentara la oportunidad de realizar trabajos de inspecciones visuales y supervisiones en puentes, me brindo la noción de la posible falla que se



presentaba en el puente Amalucan cuerpo “B”, el mantener la comunicación con la gente encargada de la sustitución del puente fue base para evitar un posible colapso en la estructura.

Señalar que dicha reparación solo es de manera provisional y es de manera primordial realizar los trabajos para la sustitución del puente Amalucan cuerpo “B”.

Para realizar el procedimiento de reparación en el puente se realizó en base apoyo de guías, manuales de reparación y atención que existen en sectores como la secretaria de comunicaciones y transportes y que son de común uso para la empresa en la cual laboro actualmente.

Podemos dar fe que la reparación que se ejecutó en la estructura puente Amalucan cuerpo “B”, se realizó de manera correcta y oportuna, ya que ha permanecido en excelentes condiciones. A tal grado de que en los presentes temblores suscitados en las ciudades de Puebla y Morelos durante el mes de septiembre de 2017, no representaron daño alguno a la estructura y se mantiene dando el correcto servicio y con la seguridad que este requiere, por lo que se continúa con los trabajos para el proceso de su sustitución.



ANEXOS.



BIBLIOGRAFÍA.

- GUÍA DE PROCEDIMIENTOS Y TÉCNICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS EN MÉXICO 2014, Dirección General de Servicios Técnicos, Primera Edición.
- MANUAL DE PROCEDIMIENTOS, Dirección general de conservación de carreteras. Agosto 2010.
- GUIA PARA LA ATENCIÓN DE EMERGENCIAS EN CARRETERAS Y PUENTES, México D.F Enero De 2014, Subsecretaria De Infraestructura Dirección General De Conservación De Carreteras.
- ANEXOS DE LA GUÍA PARA LA ATENCIÓN DE EMERGENCIAS EN CARRETERAS Y PUENTES, México D.F Enero De 2014, Subsecretaria De Infraestructura Dirección General De Conservación De Carreteras.
- MANUAL PARA INSPECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE PUENTES. Dirección General De Servicios Técnicos De La Secretaria De Comunicaciones Y Transportes.
- INSPECCIÓN DETALLADA Y PROYECTO DE REPARACIÓN DEL PUENTE ALVARADO UBICADO EN ALVARADO VERACRUZ, Tesina, Ing. Pedro Eduardo Aguilar Cervantes, Abril 2014 Universidad Nacional Autónoma De México
- PROPUESTA DE ACTUALIZACIÓN DEL MANUAL DE INSPECCIÓN DE PUENTES, Tesis, Dora Mendoza Sáenz, MÉXICO 2011. Universidad Nacional Autónoma De México.
- PUENTES PARA CAMINOS PROYECTOS TIPO DE SUS ELEMENTOS, dirección general de proyectos y laboratorios, departamento de puentes México, D.F. diciembre de 1966.
- NORMATIVA NACIONAL DE CARGAS VIVAS EN PUENTES, Ignacio Enrique Hernández Quinto, XVII Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, León, Guanajuato 2010.