SCT

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES
Y TRANSPORTES

MANUAL PARA CONSERVACIÓN DE PUENTES Y ESTRUCTURAS SIMILARES

2018

SCT

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

Manual para Conservación de Puentes y Estructuras Similares

Dirección General de Servicios Técnicos

México, Ciudad de México 2018

SCT
SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

Lic. Gerardo Ruiz Esparza
Secretario

Mtro. Óscar Raúl Callejo Silva
Subsecretario de Infraestructura

Ing. Jesús Felipe Verdugo López
Director General de Servicios Técnicos

Secretaría de Comunicaciones y Trasportes

Subsecretaría de Infraestructura

Dirección General de Servicios Técnicos

Av. Coyoacán No. 1895
Col. Acacias
Alcaldía Benito Juárez
03240, Ciudad de México

Derechos Reservados
Prohibida su reproducción total o parcial

Primera Edición

Manual para Conservación de Puentes y Estructuras Similares

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN 3
1.1 Presentación 3
1.2 Objetivos 4
1.2.1 Objetivo General 4
1.2.2 Objetivo Específico 4
1.3 Alcance 4

2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL EN LOS PROCEDIMIENTOS Y METODOLOGÍAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PUENTES EN MÉXICO . 7
2.1 Breve historia de los puentes en México 7
2.2 Definición de conservación 8
2.2.1 Clasificación de la conservación 8
2.2.2 Conservación Rutinaria 9
2.2.3 Conservación Periódica 9
2.2.4 Reconstrucción 9
2.3 Antecedentes de conservación de puentes 9
2.3.1 Problemas que se presentan en los puentes y sus posibles causas 15
2.3.2 Problemática general de la conservación 19
2.3.3 Falta de cultura de la conservación 19
2.3.4 Impopularidad de la conservación 20
2.4 Responsables de la Conservación de Puentes 20
2.4.1 Puentes Federales. 20
2.4.2 Puentes Estatales. 21
2.4.3 Puentes Municipales. 21
2.4.4 Puentes Concesionados. 21

2.4.5 Proyectos de Prestación de Servicios (PPS). 23

3. TERMINOLOGÍA Y CONCEPTOS DE LA CONSERVACIÓN DE PUENTES 29

3.1 Glosario de Términos de Conservación 29

3.2 Patología de los materiales utilizados en puentes 34

3.2.1 Mampostería 34

3.2.2 Mortero 34

3.2.3 Concreto 35

3.2.4 Concreto asfáltico 36

3.2.5 Acero 36

3.2.6 Ductos de polietileno de alta densidad 39

3.2.7 Resinas 40

3.2.8 Placas de neopreno 40

3.2.9 Placas de teflón 41

3.3 Catálogo de Deterioros 41

3.3.1 Cimentación 42

3.3.2 Subestructura 49

3.3.3 Dispositivos de apoyo 61

3.3.4 Superestructura 70

3.3.5 Superficie de rodamiento 86

3.3.6 Drenaje 107

3.3.7 Accesos 112

3.3.8 Equipamiento 116

4. RECOMENDACIONES PARA SELECCIONAR EL TIPO DE CONSERVACIÓN 123

4.1 Orientación para la selección de la Intervención 123

4.2 Diagnóstico de la gravedad de los daños. 127

4.2.1 Diagnóstico estructural de un puente para su reparación 127

4.3 Propuesta de Acciones de Conservación. 130

4.3.1 Acciones urgentes 130

4.3.2 Acciones de conservación sobre los puentes basados en un programa 131

5. PROCEDIMIENTOS GENERALES PARA CONSERVACIÓN RUTINARIA . 147
5.1 Superficie de rodadura 148
5.1.1 Limpieza de la superficie de rodadura y acotamientos 148
5.1.2 Limpieza de juntas de dilatación 148
5.1.3 Limpieza de drenes 149
5.1.4 Reposición de drenes y/o extensión de drenes 149
5.1.5 Sellado de drenes 149
5.1.6 Sellado de grietas aisladas en carpeta asfáltica 149
5.1.7 Bacheo superficial aislado 149
5.1.8 Sellado de grietas y juntas en losa de concreto hidráulico 150
5.2 Superestructura 150
5.2.1 Limpieza de parapetos, banquetas y camellones 150
5.2.2 Pintura de parapetos, banquetas y camellones 151
5.2.3 Desazolve de tuberías y canalones 151
5.2.4 Limpieza de trabes, diafragmas y losa 151
5.2.5 Pintura en superestructura 152
5.3 Subestructura 152
5.3.1 Limpieza de estribos, pilas, juntas de muros. 152
5.3.2 Pintura en subestructura 153
5.4 Cimentación 153
5.4.1 Limpieza en zapatas y cilindros de cimentación 153
5.5 Dispositivos de apoyo 153
5.5.1 Pintura anticorrosiva en dispositivos de apoyo 153
5.5.2 Protección contra intemperismo a base de espuma de poliuretano en dispositivos de apoyo 154
5.6 Accesos 154
5.6.1 Limpieza de cunetas 154
5.6.2 Limpieza de lavaderos 154
5.6.3 Limpieza de registros 155
5.6.4 Limpieza de obras especiales de control y protección 155

5.6.5 Limpieza en losas de protección, taludes de aproches, márgenes de ríos y/o conos de derrame 155
5.6.6 Pintura en losas de protección y/o conos de derrame 155
5.6.7 Retiro de vegetación en acotamientos 156
5.6.8 Pintura en bordillos y/o guarniciones 156
5.6.9 Sellado de juntas en losas de protección y conos de derrame 156
5.7 Señalamiento 156
5.7.1 Reposición de marcas en el pavimento 156
5.7.2 Reposición de marcas en guarniciones 156
5.7.3 Reposición de marcas en estructuras y objetos adyacentes a la superficie de rodadura 157
5.7.4 Limpieza de vialetas y botones 157
5.7.5 Limpieza de señales verticales 157
5.7.6 Limpieza de defensa metálica y barreras centrales 157
5.7.7 Reposición de vialetas para defensas y barreras centrales 157
5.7.8 Instalación de señalamiento y dispositivos para protección en obras de conservación 158

6. PROCEDIMIENTOS GENERALES PARA CONSERVACIÓN PERIÓDICA (REPARACIÓN) 161
6.1 Superficie de rodamiento 162
6.1.1 Colocación o reposición del sello en juntas de dilatación 162
6.1.2 Bacheo superficial 162
6.1.3 Reparación de desconchaduras en losas de concreto hidráulico 163
6.1.4 Fresado y reconstrucción de superficie de rodadura de carpeta asfáltica 163
6.1.5 Reposición total o parcial de losas de concreto 164
6.2 Superestructura 164
6.2.1 Reparación de parapetos, guarniciones y banquetas 164
6.2.2 Calafateo de fisuras 165
6.2.3 Reparación de grietas 165
6.2.4 Reparación y resanes de elementos de concreto 165

6.2.5 Reparación y/o sustitución y pintura de elementos metálicos ... 166
6.3 Subestructura ... 166
6.3.1 Protección contra erosión (en cono de derrame) ... 166
6.3.2 Calafateo de fisuras ... 167
6.3.3 Reparaciones en el concreto y el acero de refuerzo ... 167
6.3.4 Reparación de grietas en mampostería ... 167
6.4 Cimentación ... 169
6.4.1 Calafateo de fisuras ... 169
6.4.2 Reparaciones en el concreto y el acero de refuerzo ... 169
6.4.3 Reparación de grietas en cimentaciones de mampostería ... 169
6.5 Elementos complementarios y de operación de la estructura ... 169
6.5.1 Accesos ... 169
6.5.2 Señalamiento ... 170
6.5.3 Limitaciones al tránsito ... 172

7. PROCEDIMIENTOS GENERALES PARA RECONSTRUCCIÓN O REFORZAMIENTO ... 175
7.1 Superficie de rodamiento ... 176
7.1.1 Sustitución de juntas de calzada ... 176
7.1.2 Reacondicionamiento de la superficie de rodamiento ... 177
7.2 Superestructura ... 177
7.2.1 Reforzamiento de superestructura ... 177
7.2.2 Reparación de elementos principales de acero ... 183
7.2.3 Sustitución de elementos en puentes ... 183
7.2.4 Alineamiento vertical y horizontal de tableros de la superestructura ... 184
7.3 Subestructura ... 185
7.3.1 Reparación de fractura en estribos de concreto ... 185
7.3.2 Encamisado de Pilas ... 185
7.3.3 Reforzamiento de corona y cabezales ... 186
7.3.4 Adición de una estructura ... 187
7.4 Cimentación ... 187

7.4.1 Aumento de sección en pilotes o zapatas 187
7.4.2 Adición de pilotes 188
7.4.3 Refuerzo mediante micropilotes 189
7.4.4 Protección con tablestacas 189
7.4.5 Construcción de Dentellones Perimetrales en Cimentaciones Superficiales 190
7.4.6 Enrocamiento 191
7.5 Dispositivos de apoyo 191
7.5.1 Sustitución de dispositivos de apoyo 191
7.6 Elementos complementarios y de operación de la estructura 192
7.6.1 Accesos 192
7.6.2 Gálibos 194
7.6.3 Márgenes de río y cauce 194

8. FUENTES DE CONSULTA 201

Manual para Conservación de Puentes y Estructuras Similares

CAPÍTULO 1 - Introducción.

Sección	Página
1.1. Presentación.	3
1.2. Objetivos.	4
1.3. Alcance.	4

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Presentación

Una infraestructura vial adecuada es fundamental para el desarrollo socio económico del país.

En un contexto geográfico como el de la República Mexicana, con una parte de su población ubicada en áreas rurales, las carreteras toman importancia para la integración e interconexión del país. Por esta razón, entre otras, es primordial que el sistema nacional de carreteras y puentes permanezca en buenas condiciones de transitabilidad, a fin de que el transporte se efectúe en forma eficiente y seguro.

En muchos casos, los puentes son el componente más vulnerable de una carretera y representan la más alta inversión unitaria de todos los elementos del sistema del camino. Aplicando una metáfora, una cadena no está más fuerte que su eslabón más débil; los puentes frecuentemente son los elementos que influyen en que la continuidad del servicio de transporte se efectúe en forma permanente y segura, favoreciendo en general un apropiado funcionamiento de la Red Federal de Carreteras del país.

La condición de los puentes de la Red Federal de Carreteras varía considerablemente. Muchas estructuras con más de cincuenta años de uso, generalmente sufren daños por falta de un mantenimiento adecuado, más que por su antigüedad. Algunas de las estructuras presentan un estado crítico con respecto a su estabilidad estructural y capacidad de carga y, en esas condiciones, la seguridad del tránsito asume altos niveles de incertidumbre asociados a riesgos crecientes.

Los puentes, además se ven afectados, entre otros aspectos, por las sobre cargas, influencia del ambiente, fenómenos naturales como terremotos e inundaciones, lo que origina su deterioro.

Fenómenos naturales como huracanes son factores de la naturaleza que afectan la condición de la Red Federal de Carreteras, causando fuertes precipitaciones e inundaciones que, frecuentemente, ocasionan grandes pérdidas económicas y sociales, que se reflejan en daños en la infraestructura, en la producción y en la actividad económica general del país.

Derivado de la necesidad de conservar y mejorar la condición del estado físico que guardan los puentes y estructuras similares de la red federal de carreteras la **DIRECCIÓN GENERAL DE SERVICIOS TÉCNICOS** de la **SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES** ha promovido la generación del presente **MANUAL PARA CONSERVACIÓN DE PUENTES Y ESTRUCTURAS SIMILARES.**

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes tiene plena conciencia de los problemas aquí indicados, y ha considerado necesario, tomar medidas para mejorar la condición de los niveles de seguridad y de servicio de la Red Federal de Carreteras, incluyendo los puentes.

De allí la importancia que reviste la necesidad de contar con un instrumento que nos oriente y que nos sirva como referencia para la unificación de criterios en materia de conservación, permitiéndonos conocer el estado actual de dichas estructuras, las necesidades de conservación y las posibles acciones que las estructuras requieren.

La finalidad de establecer un marco de referencia para conservación de puentes es que los administradores responsables de la infraestructura, tengan una herramienta que les permita tomar acciones orientadas a mantener la infraestructura de puentes y garantizar la continuidad de la transitabilidad de la infraestructura carretera en forma eficiente y segura.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

El objetivo principal de este Manual es proporcionar criterios para realizar la conservación y mantenimiento apropiados de los componentes de los puentes de la Red Federal de Carreteras a través de procedimientos técnicos estandarizados.

1.2.2 Objetivo Específico

Proporcionar elementos que guíen a los administradores responsables de los puentes en la toma de decisiones, referentes a las acciones de conservación más adecuadas de las que será objeto la estructura, se determinen los programas de conservación más adecuados y que la aplicación de los recursos destinados para la conservación de los puentes y estructuras similares se optimice.

1.3 Alcance

Este Manual señalará los tipos de problemas comúnmente experimentados en cada uno de los diversos elementos del puente, mencionará algunos métodos apropiados para su corrección. Considerando que la mayor parte de los problemas pueden prevenirse o minimizarse con un mantenimiento preventivo oportuno.
No existe intención de proporcionar una identificación completa de todos los métodos posibles de reparación, tampoco de señalar el mejor método. Se pretende guiar a los especialistas que realicen la evaluación de la estructura a identificar un método factible de ser utilizado y que solucione la condición encontrada. Siempre que sea posible se usaran términos genéricos; sin embargo, la mención de un determinado tipo de producto no presenta la exclusión de algún otro diseñado para lograr el mismo propósito.

Manual para Conservación de Puentes y Estructuras Similares

CAPÍTULO 2 - Análisis de la situación actual en los procedimientos y metodologías para la conservación de puentes en México

Sección	Página
2.1. Breve historia de los puentes en México	7
2.2. Definición de conservación	8
2.3. Antecedentes de conservación de puentes	9
2.4. Responsables de la conservación de puentes	20

2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL EN LOS PROCEDIMIENTOS Y METODOLOGÍAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PUENTES EN MÉXICO

2.1 Breve historia de los puentes en México

Comúnmente se piensa que los puentes pueden durar eternamente con poco o ningún mantenimiento. Se sustenta esta idea en el hecho de que persistan puentes romanos de más de dos mil años de antigüedad; pero se olvida que tan sólo perdura una pequeña fracción del total de esos puentes, ya que la extensa mayoría han desaparecido, principalmente por efecto de la socavación.

Se olvida también que los puentes romanos eran bóvedas formadas por dovelas de piedra unidas a compresión sin mortero entre sus juntas, por lo que sus materiales constitutivos por ser naturales sufrían efectos mínimos de deterioro ambiental, hasta los tiempos modernos en los que la contaminación de la atmósfera por los desechos industriales está produciendo la degradación de los puentes que subsisten.

Con el advenimiento de la revolución industrial surge el acero, material formado por hierro con una pequeña adición de carbono, que por sus características de resistencia y ductilidad permitió el desarrollo de la locomotora de vapor, del ferrocarril y de los grandes puentes requeridos por el nuevo medio de transporte.

Posteriormente, surge el concreto reforzado en el que se combinan ventajosamente el concreto y el acero para dar lugar a un nuevo tipo de sistemas de construcción. El acero y el concreto son materiales artificiales que quedan sujetos desde su origen a un proceso degradante por el cual la naturaleza trata de revertir el procedimiento de su elaboración para transformarlos nuevamente en los componentes naturales utilizados para su formación.

El acero, por efecto de la oxidación, se transforma en óxido de hierro que es un compuesto más estable.

El concreto (piedra artificial) formada por agregados pétreos unidos con cemento y agua, por efecto de los cambios de temperatura, de la acción química de los agentes agresivos del entorno, de la erosión y de otros mecanismos, se agrieta, se desconcha y tiende en el largo plazo a convertirse otra vez en arena, grava y cemento separados.

El deterioro de las estructuras puede presentarse de una manera paulatina, según los mecanismos que se han mencionado anteriormente, pero también puede ocurrir de manera súbita por acciones eventuales como el sismo, viento, etc.

Lo descrito hasta ahora es aplicable a todas las obras de ingeniería civil, pero los puentes se caracterizan además porque en ellos las cargas de servicio tienen un efecto más importante que en otros tipos de construcciones. El transporte es uno de los factores más importantes de desarrollo de las naciones por lo que la dinámica del crecimiento económico motiva, continuamente la aparición de vehículos cada vez más pesados, más veloces y más numerosos.

La larga duración de los puentes romanos se explica también porque desde la domesticación del caballo hasta la aparición de los primeros ferrocarriles a principios del siglo XIX, transcurrieron muchos siglos en los que el cambio en los medios de transporte fue mínimo y por lo tanto afectó muy poco a las obras de infraestructura.

En cambio, los puentes modernos se ven sujetos a daños crecientes por el incremento en peso, dimensiones y en frecuencia de las cargas rodantes.

En México, una gran parte de los puentes de la red carretera fueron diseñados para camiones con un peso total aproximado de 15 toneladas, en tanto que actualmente los pesos máximos autorizados tienen un límite legal del orden de 66.5 toneladas. Esto explica la aparición de daños estructurales por el aumento de solicitaciones mecánicas al aumentar la magnitud de las cargas rodantes; pero además esos daños se agravan por efecto de la fatiga estructural inducida por el aumento en la frecuencia de paso de las cargas pesadas.

La fatiga estructural, es la disminución de la resistencia última de un elemento sujeto a cargas cíclicas; a mayor número de ciclos de carga generalmente es mayor la reducción. Los daños por este efecto se pueden comprender si se toma en cuenta que en los últimos 45 años en México el número de habitantes se ha duplicado, la longitud de la red carretera se ha cuadruplicado y el número de vehículos se ha multiplicado por 6. Los vehículos tienen ahora mayor movilidad, por lo que en algunos tramos los volúmenes de tránsito diario han aumentado hasta en diez veces. Como las acciones agresivas de los agentes ambientales son inevitables y la demanda del transporte también lo es, se concluye que para mantener los niveles adecuados de servicio de las estructuras viales es indispensable que las entidades responsables de su administración incluyan a la conservación de puentes como una parte obligada de su quehacer.

2.2 Definición de conservación

Se puede definir el término conservación de estructuras como: “El conjunto de operaciones y trabajos necesarios para que una obra se mantenga con las características funcionales, resistentes e incluso estéticas con las que fue proyectada y construida”. Se puede dividir este conjunto de operaciones y trabajos en tres fases: Inspección, Evaluación y Mantenimiento.

2.2.1 Clasificación de la conservación

Según la importancia del deterioro observado, y de acuerdo a la normativa vigente, las acciones para el mantenimiento de un puente se clasifican en tres grupos:

- Conservación Rutinaria.
- Conservación Periódica.
- Reconstrucción.

2.2.2 Conservación Rutinaria

Los trabajos se realizan cada año, ya que es el periodo mínimo que requieren para su conservación. Principalmente incluye limpieza de: superficie de rodadura, juntas de dilatación, drenes, coronas de las subestructura, estribos, pilas, columnas y aleros; así como reparación y pintura de parapetos, resanes y reparaciones menores en las superestructura y subestructura para atenuar el deterioro de los puentes.

2.2.3 Conservación Periódica

Se denomina conservación periódica a todas las obras de rehabilitación que en forma periódica o eventual son necesarias para que un puente ofrezca las condiciones adecuadas de servicio. No tienen un periodo de tiempo plenamente definido, son de carácter preventivo. Las actividades principales que constituyen la conservación periódica son: recuperación de pavimentos en superficie de rodadura, calafateo de fisuras, reparación de grietas y resanes en elementos de concreto, reparación en parapetos y banquetas, renivelación de accesos, tratamientos superficiales, reconstrucción de terraplenes de acceso, restitución de señalamiento tanto horizontal como vertical y obras de protección vial como defensas metálicas y barreras de contención.

2.2.4 Reconstrucción

Son actividades que normalmente se derivan de inspecciones detalladas y son el resultado de proyectos que se realizan a estructuras con daños relevantes o condiciones de operación insuficientes, entre las acciones más comunes se encuentran: el reforzamiento de superestructura y/o subestructura, protecciones contra socavación, recimentaciones, reposición de juntas de dilatación, sustituciones de superestructura y modernización de puentes aumentado carriles de circulación 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.

2.3 Antecedentes de conservación de puentes

La conservación de los puentes se enmarca dentro de un problema más amplio, que es el de la conservación de la infraestructura en general, el cual constituye uno de los retos más importantes que deben afrontar actualmente las dependencias gubernamentales encargadas de administrarla.

Al término de la segunda guerra mundial, la necesidad de transformar la economía de guerra en una economía de paz en las naciones beligerantes, llevó a un auge en la construcción de todo tipo de infraestructuras. Ese auge se extiende con altibajos

hasta la crisis del petróleo de 1973, a partir del cual se abaten las tasas de crecimiento. En los 45 años transcurridos desde entonces ha ocurrido un envejecimiento de la infraestructura y actualmente existe la urgente necesidad de rehabilitar las obras para restituir las pérdidas de capacidad producidas por su deterioro y para adecuarlas a las nuevas circunstancias. Por esta razón en las últimas décadas, se observa un cambio en la orientación de las investigaciones que sustentan la ingeniería civil.

En sus orígenes, cuando se construyeron los primeros grandes puentes modernos, la preocupación principal se orientaba hacia problemas de comportamiento estructural y resistencia. Aun cuando subsisten muchos problemas en este campo que deben seguirse investigando, la necesidad de canalizar cuantiosas inversiones para la rehabilitación de estructuras ha hecho que actualmente cobre cada vez mayor importancia el estudio de problemas de durabilidad de materiales de construcción y de estructuras.

Sistemas de administración de la conservación

El problema de la conservación de puentes se presenta en todos los países del mundo y es más agudo en los países con mayor desarrollo económico porque e en ellos las redes viales son más extensas y más antiguas. A manera de ejemplo se puede mencionar que en la red de carreteras federales de los Estados Unidos existen aproximadamente 600,000 puentes de los cuales la tercera parte han requerido ser reemplazados o reforzados por razones de obsolescencia funcional o insuficiencia estructural, con un costo de 50,000 millones de dólares invertidos en un plazo de 20 años; y en Francia, en los últimos 20 años se ha requerido la inversión de 40 millones de dólares anuales, de los cuales un tercio se destina a acciones preventivas de mantenimiento de puentes y dos tercios a la rehabilitación o reemplazo del 25% del total de obras en la red principal de carreteras. Cifras similares podrían mencionarse para otros países desarrollados; en países de menor desarrollo los números son obviamente de menor magnitud, pero los recursos para atender los problemas son también menores.

La conservación de los puentes de una red es una tarea compleja por la magnitud de las inversiones que deben administrarse y por los innumerables problemas técnicos que involucra. Para cada puente se deben tomar decisiones sobre el tratamiento que conviene dar para la rehabilitación con base en el tipo y gravedad de los daños, la importancia de la estructura, las técnicas accesibles de rehabilitación, la vida esperada de la estructura y los recursos disponibles. Por las razones apuntadas para la atención eficiente de los puentes de una red vial se requiere de la implantación de un sistema de administración.

En una publicación del Banco Mundial destinada a servir como guía para el desarrollo e implantación de un **sistema de administración de la conservación de puentes**, se define a éste como "un conjunto de elementos administrativos y organizacionales, normas y procedimientos comunes implantados por una institución para planear, ejecutar y supervisar todas las actividades de atención a los puentes desde el momento en que se ponen en servicio".

Los objetivos generales de ese sistema son los siguientes:

- Garantizar la seguridad de los usuarios.
- Proteger la inversión patrimonial.
- Presupuestar los recursos necesarios para la atención de las obras.
- Garantizar la continuidad y la calidad del servicio.
- Optimizar la aplicación de los recursos disponibles.

El sistema consta de las siguientes fases:

- Elaboración de un inventario.
- Realización de inspecciones y auscultación.
- Evaluación de la extensión, naturaleza y gravedad de los daños.
- Análisis de prioridades de atención.
- Definición de acciones por ejecutar.
- Elaboración de proyectos de rehabilitación.
- Ejecución de proyectos.
- Retroalimentación del comportamiento observado.

El proceso anterior puede resumirse en tres etapas:

- Inspección.
- Evaluación.
- Mantenimiento.

Al implantarse el sistema es necesario que la administración responsable identifique las obras que están a su cargo para lo cual se necesita levantar un inventario, Por lo que se utiliza para cada puente una ficha técnica en la que se recogen los datos generales más importantes que lo caracterizan. El objeto del inventario es facilitar la adopción de decisiones de carácter básico y no el de aportar datos para detallar acciones constructivas.

Actualmente existen muchos sistemas de administración de puentes que se han desarrollado en numerosos países del mundo y para la atención de diferentes tipos de redes (nacionales, regionales, municipales, urbanas, etc.).

Es evidente que los sistemas deben adecuarse al tamaño del conjunto de puentes por administrar, así como a las condiciones particulares de cada conjunto y a los

recursos materiales, económicos y humanos disponibles. Todos los sistemas existentes siguen en términos generales la metodología que se ha descrito, con criterios muy similares, pues todos han sido elaborados por ingenieros de puentes, las diferencias estriban fundamentalmente en las herramientas de cómputo que difieren de un sistema a otro, es importante recalcar que un sistema de administración de puentes no es un sistema de cómputo, es una organización orientada a mantener en buen estado de funcionamiento los puentes que administra y a aplicar de manera óptima los recursos disponibles para el beneficio de los usuarios. El sistema de cómputo es un componente del sistema de administración que permite el manejo ágil y eficiente de la información.

A continuación, se describen en forma resumida las actividades que se han desarrollado en las diferentes redes viales de México en relación con la conservación de puentes:

Red Federal Libre

La red federal de carreteras troncales exentas de cuota tiene una longitud aproximada superior a los 40,000 km y en ella existen alrededor de 9,000 puentes, definidos como aquellas estructuras que tienen un claro superior a 6 m. Esta red está a cargo de la Dirección General de Conservación de Carreteras de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Esta Dirección General actúa como normativa y coordinadora de las acciones de conservación que son ejecutadas por los Centros SCT en cada Estado a través de las Residencias Generales de Conservación.

A pesar de que esta red federal empezó a formarse y consolidarse en 1925, al crearse la Dirección Nacional de Caminos, es importante destacar que no se instauró un sistema para la conservación de puentes sino hasta finales del siglo pasado.

En un principio los esfuerzos de conservación iban enfocados casi exclusivamente a las estructuras térreas y los pavimentos. Generalmente en los puentes únicamente se realizaban acciones de emergencia para reparar o sustituir estructuras dañadas por socavación.

A partir de 1982, con la autorización de cargas rodantes de gran peso en el Reglamento de Explotación de Caminos de la Ley de Vías Generales de Comunicación, empezaron a registrarse daños crecientes en los pavimentos y los puentes.

Pocos años después la ocurrencia de algunas fallas importantes por efecto de la carga viva, puso de relieve la necesidad de afrontar el problema de una manera sistemática. El primer inventario de los puentes de la red federal de carreteras se levantó con un enfoque sistémico en 1983 y en 1994 se implantó el Sistema SIPUMEX, para la atención de los puentes de la red; fue necesario crear una Residencia de Puentes en cada Estado y llevar a cabo acciones de capacitación para que el personal de esas Residencias pudiera realizar las acciones previstas por SIPUMEX. Generalmente las inspecciones preliminares y principales han sido

realizadas por personal de la Secretaría, en tanto que las inspecciones especiales y los proyectos de rehabilitación están a cargo de empresas de consultoría contratadas para el efecto. Las acciones ejecutoras son realizadas también por empresas constructoras contratadas. SIPUMEX califica a los puentes en 6 categorías, desde 0 hasta 5, correspondiendo la calificación 0 a estructuras en perfecto estado que no requieren atención alguna y la calificación 5 a estructuras en estado crítico que requieren atención inmediata.

Las acciones se han orientado a dar prioridad a los puentes en situación crítica atendiendo en primer término a los que se encuentran en calificación 5, posteriormente los de 4 y así sucesivamente.

Teniendo en cuenta que la longitud total de los puentes de la red federal es del orden de 212 km y considerando un valor unitario promedio de 10 millones de dólares por km, se obtiene un valor patrimonial para el conjunto de puentes de aproximadamente 2,000 millones de dólares; por lo que la inversión mínima recomendada para su conservación debería ser de 40 millones de dólares (720 millones de pesos), más del doble de lo que se está invirtiendo actualmente. Sin embargo, con los escasos recursos disponibles se ha podido avanzar en forma importante en la evaluación y rehabilitación de estructuras, sobre todo en lo que se refiere a reforzamiento de superestructuras para considerar los efectos de las nuevas cargas rodantes, así como rehabilitación de estructuras dañadas por corrosión del acero, ya sea estructural o de refuerzo en el seno del concreto.

Para la evaluación de estructuras se han aplicado técnicas de vanguardia, tanto por parte del personal de la Secretaría como de algunas empresas de consultoría; entre esas técnicas destaca la medición de la resistencia del concreto por procedimientos no destructivos, la determinación del contenido de cloruros y del nivel de carbonatación del concreto por medio de reactivos químicos; la cuantificación del avance de la corrosión por la medición de potenciales con una semipila galvánica y la auscultación de fallas por la técnica del impacto-eco y por la aplicación de impulsos ultrasónicos.

Red de Autopistas de cuota

De 1990 a 1994 México llevó a cabo un extenso programa de construcción de autopistas bajo el régimen de concesión. Actualmente existen 9,818 km de estas carreteras en las que se tienen 8,695 estructuras de claro superior a 6 m. Con el objeto de verificar que los concesionarios cumplan con el compromiso adquirido en el título de concesión relativo a mantener los niveles de calidad del servicio que esperan los usuarios y con el propósito de dar seguimiento a otros aspectos del Programa Nacional de Autopistas, en 1994 se creó un Grupo de Seguimiento de Autopistas de Cuota que posteriormente dio lugar en 1996 a la creación de la Unidad de Autopistas de Cuota. Actualmente denominada Dirección General de Desarrollo Carretero.

Posteriormente, el Instituto Mexicano del Transporte desarrolló un sistema nacional denominado "SIAP" (Sistema de Administración de Puentes) que se ha aplicado en

algunas autopistas concesionadas de cuota y también en la red a cargo del Organismo descentralizado Caminos y Puentes e Federales de Ingresos y Servicios Conexos (CAPUFE).

Estas entidades han sido responsables de vigilar que los concesionarios implanten en la red a su cargo, un sistema de administración de la conservación, el cual incluye un sistema de puentes. No se ha exigido a los concesionarios que implanten un sistema en particular, sino que desarrollen sus propios sistemas cumpliendo con los propósitos generales ya descritos en este trabajo. Algunos concesionarios han implantado el sistema SIAP desarrollado por el Instituto Mexicano del Transporte en 1994 y otros han hecho adaptaciones propias de acuerdo con las características de los puentes que administran. En virtud de que esta red es relativamente nueva, las actividades que hasta ahora se han realizado han consistido principalmente en el levantamiento del inventario y en la recopilación de información para integrar el banco de datos. Asimismo, se han hecho evaluaciones del comportamiento de estructuras especiales entre las que destacan puentes de estructura metálica espacial y puentes atirantados. En los primeros se han realizado pruebas dinámicas de carga, y en los segundos pruebas para medir la tensión actuante en los tirantes. Es importante señalar que los puentes de la red de autopistas de cuota por su modernidad son generalmente de mayores dimensiones y de estructuras más complejas que los correspondientes de la red libre; por lo que es de esperarse que en el futuro planteen problemas más graves; de ahí la importancia de implantar desde ahora un adecuado sistema de seguimiento.

El Organismo Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos tiene a su cargo un universo de más de 6,000 estructuras de puentes, de los cuales más de 300 son puentes especiales de cuota y los restantes son puentes o pasos a desnivel ubicados en las carreteras o autopistas de cuota operadas por dicho Organismo.

Desde 1989 el Organismo actualizó el inventario de las estructuras a su cargo y mediante inspecciones y evaluaciones realizadas por las delegaciones de CAPUFE en el interior del país, determinó acciones de reparación y reforzamiento, con una metodología propia que sigue pasos similares a los descritos anteriormente en este trabajo. En el año 2000 el Organismo programó la consolidación de sus acciones de conservación mediante la implantación de un sistema de información digital para autopistas y puentes (SIDIAP) que se basa en una "mapoteca" digital de CAPUFE mediante la cual con apoyo en un sistema de información geográfica (SIG) se obtiene una visualización de tramos de carretera con algunos de sus atributos: topografía, cortes, terraplenes, taludes, alcantarillas, puentes, señales, etc. y al cual pueden incorporarse diferentes bases de datos como accidentes de tránsito, volúmenes de tránsito, información económica. etc. El Sistema de Administración de Puentes puede desarrollarse en forma compatible con la "mapoteca". CAPUFE, consideraba la implementación del Sistema SIAP desarrollado por el IMT, únicamente procurando actualizar la herramienta computacional. Para operación del sistema se contempló el siguiente esquema anual de trabajo: Este sistema consideraba que de enero a marzo los Superintendentes de puentes realizan las

inspecciones preliminares y de marzo a junio mediante empresas especializadas se efectuaran las inspecciones principales y especiales; de julio a septiembre se llevarían a cabo los proyectos de rehabilitación, de octubre a diciembre se realizan los concursos de obra, para iniciar en enero los trabajos de rehabilitación. Este ambicioso programa de inspecciones y atención a las estructuras no prospero debido al cambio de administración que sufrió el Organismo y que cambio su dimensión reduciendo el personal a cargo de las estructuras.

Se estima que en la red alimentadora de carreteras estatales pavimentadas existen aproximadamente 6,000 puentes y que en la red de caminos rurales existen del orden de 4,000 puentes. En estas redes no se cuenta con ningún sistema de seguimiento de las estructuras, no se tiene ni siquiera un inventario, por lo que se desconoce el número de puentes, la ubicación, las características y el estado de cada uno de ellos. Esta situación es preocupante porque recientemente han ocurrido colapsos de puentes rurales bajo la acción de camiones de peso moderado. Además, dentro de estas redes se ubican puentes construidos por los municipios o por particulares, con poca o ninguna ingeniería y que por lo tanto adolecen de graves deficiencias. Corresponde a las autoridades federales tomar la iniciativa para promover la corrección de esta situación. Finalmente, cabe mencionar que en la Ciudad de México existe un número significativo de estructuras viales, la mayor parte de reciente construcción y muchas de ellas de gran importancia por sus dimensiones y características especiales de su estructuración. La administración de este patrimonio es responsabilidad directa de las Autoridades de la Ciudad de México. Aunque se han realizado reparaciones en algunos puentes para corregir problemas de construcción, por ejemplo, realineamientos de la rasante, inyección de grietas producidas por un curado inadecuado del concreto, rigidización de estructuras demasiado flexibles, etc., se desconoce si el Gobierno de la Ciudad de México cuenta con un sistema para la conservación de los puentes a su cargo.

El sistema carretero nacional cuenta con un sistema de administración de conservación y mantenimiento de la infraestructura de puentes, el cual permite conocer, de manera genérica, el estado actual de conservación que guarda cada puente, para programar reparaciones de acuerdo con el nivel de daño cuantificado y calificado.

2.3.1 Problemas que se presentan en los puentes y sus posibles causas

La falta de mantenimiento adecuado en los puentes da lugar a problemas de funcionalidad y seguridad que pueden ser graves: limitación de cargas, restricciones de paso, riesgo de accidentes, riesgo de interrupciones de la red, y a un importante problema económico por el acortamiento de la vida útil de las obras.

Las causas y razones más comunes por las que es necesario el mantenimiento de un puente son:

- Errores en el proyecto, errores durante la construcción, vigilancia, mantenimiento o reparaciones inexistentes o inadecuadas.

- Materiales inadecuados o deterioro y degradación de los mismos.
- Variación con el tiempo de las condiciones de tráfico (cargas y velocidades).
- Acciones naturales de tipo físico, mecánico o químico (intemperismo).
- Acciones accidentales, terremotos, avalanchas, inundaciones, explosiones, impacto de vehículos con elementos estructurales del puente.

El deterioro causado por los agentes naturales es común a todas las obras de la ingeniería y es el resultado de un proceso mediante el cual la naturaleza trata de revertir el procedimiento artificial de elaboración de los materiales de construcción y llevarlos nuevamente a su estado original. De esta manera, el concreto (roca artificial) formada por agregados pétreos unidos con cemento y agua, sufren de agrietamiento y desconches, tendiendo otra vez a convertirse en arena, agua y cemento separados, esto debido al efecto de los cambios de temperatura, el intemperismo y otros agentes. Asimismo, el acero, formado por hierro con un pequeño agregado de carbono, es un material artificial inexistente en la naturaleza y debido a los efectos antes mencionados también sufre daños por oxidación y deterioro.

Por lo que se refiere a las cargas rodantes, el desarrollo tecnológico ha propiciado la aparición de vehículos cada vez más pesados en respuesta a la demanda de los transportistas que encuentran más lucrativa la operación de vehículos de mayor peso, por otra parte, el desarrollo económico se ha reflejado en un notable incremento del parque vehicular. Esta situación explica los daños en las estructuras de pavimentos y puentes, causados por el aumento de las solicitaciones mecánicas al aumentar el peso de las cargas rodantes y por la disminución de resistencia por efecto de la fatiga estructural ocasionada por la frecuencia en la aplicación de esas cargas.

Son muchos los problemas que se presentan durante la vida útil de un puente, a continuación, trataremos de sintetizar esos problemas y las soluciones que se presentan con más frecuencia.

La presencia de agua por una inadecuada evacuación de la misma da lugar a problemas muy diversos que pueden afectar tanto a los estribos como a las pilas, cabezales, arcos, bóvedas, tableros, vigas, apoyos, terraplenes de acceso, etc., ya sea por la propia acción directa del agua ocasionado erosiones, socavaciones y humedad; por su acción como vehículo de otros agentes agresivos como: corrosión por sales, ataque por sulfatos, disolución de cementantes en mortero, o por jugar un papel predominante en otros fenómenos: reacción árido-álcali.

En las estructuras metálicas resulta evidente la importancia de evitar la presencia permanente en determinadas zonas de humedad, que acabaran siendo origen de fuertes problemas de corrosión.

Los desperfectos originados en las zonas de apoyo y juntas, por la humedad que permanentemente se presentan en tales zonas, por lo que el mantenimiento de los desagües del tablero es importante.

Los fenómenos como lluvias torrenciales, deslizamientos de tierra, sismos, así como también las colisiones o impactos provocados, producen sin duda situaciones de emergencia, como asentamientos, erosiones, socavaciones, etc., que deben evaluarse inmediatamente.

Los defectos que ocurren con más frecuencia en puentes se clasifican según dos aspectos básicos: funcionales y estructurales, tipificados de la siguiente manera:

2.3.1.1 Defectos funcionales

Son aquellos que comprometen la actividad operativa de la obra, que es la de permitir el paso del caudal del curso de agua y proporcionar un paso seguro a los usuarios.

Como ejemplos podemos mencionar los siguientes tipos de problemas:

(i) Materiales depositados en el cauce del río que afectan el funcionamiento hidráulico del puente.

(ii) Desniveles ubicados en los accesos al puente.

(iii) Parapetos y guarniciones dañados que ponen en riesgo la seguridad del usuario.

(iv) Superficies de rodamiento con deformaciones.

(v) Galibo escaso.

(vi) Mal estado del señalamiento, tanto vertical como horizontal.

(vii) Falta de capacidad para el tráfico que circula sobre la estructura.

(viii) Obstrucción de los elementos del drenaje superficial del tablero.

Los equipos de mantenimiento pueden identificar fácilmente la mayoría de tales defectos y rápidamente repararlos para evitar mayores daños a la estructura del puente, restableciendo las condiciones de seguridad tanto de la obra como para el usuario.

2.3.1.2 Defectos estructurales

Son aquellos que comprometen la seguridad de la estructura propiamente dicha del puente, por ejemplo:

En relación con los puentes constituidos por estructuras de concreto, existen defectos clasificados como

(i) Fisuras, grietas o fracturas en piezas estructurales importantes como pilas y trabes.

(ii) Acero de refuerzo expuesto.

(iii) Daños en los elementos de apoyo.

(iv) Deformaciones de elementos estructurales.

Las fisuras de flexión son las que se sitúan generalmente en la zona central del claro, incluyendo las zonas llamadas de "momentos nulos". Nacen en la fibra inferior, cortan el cordón inferior de la viga, suben por el alma, al principio verticalmente, y luego se inclinan bajo la influencia del esfuerzo cortante cuando se aproximan a los apoyos.

Solo pueden existir fisuras inclinadas en el alma, en la cercanía de los apoyos, son fisuras producidas por el esfuerzo cortante.

Estas fisuras son activas, es decir, su abertura varía bajo el efecto diario del gradiente térmico (insolación del tablero) y bajo el de la circulación (vehículos pesados).

La razón esencial de esta fisuración es un pretensado insuficiente ante las solicitaciones de flexión de la estructura.

En estructuras próximas al mar, las altas temperaturas del verano y los vientos dominantes, el puente está sometido a un ambiente altamente agresivo, lo que unido a una deficiente calidad de los materiales y la alta porosidad del concreto puede producir la alta carbonatación del mismo, acelerando la corrosión del acero de refuerzo y el desconchamiento del concreto en muchas zonas.

A causa de los materiales: concreto fabricado con agregados pétreos con elevado contenido de feldespatos (granitos, esquistos, pizarras, etc.), si después tiene un aporte considerable de agua, en este caso este tipo de agregados pétreos puede reaccionar con el hidróxido cálcico de la pasta de cemento, produciendo unos nuevos compuestos químicos: zeolitas, productos que son expansivos y que en un plazo más o menos largo producen la destrucción del concreto.

En los puentes constituidos por estructuras de acero, existen defectos clasificados como

(v) Deformación de los perfiles que conforman la estructura.

(vi) Acero de refuerzo expuesto.

(vii) Daños en los elementos de apoyo.

(viii) Agrietamiento en soldaduras.

(ix) Las piezas agrietadas o con altos niveles de corrosión.

La corrosión en mayor o menor grado del acero de refuerzo puede ser extremadamente grave, pues es sabido que la corrosión bajo tensión es un fenómeno que produce su rotura sin previo aviso, poniendo en peligro la estabilidad del puente. Esta corrosión por lo general puede ser debida a dos causas: recubrimientos defectuosos o insuficientes, o fallos en la inyección de las vainas.

Desafortunadamente, existe un considerable rezago en la conservación de los puentes que se traduce en un deterioro creciente de su estado físico. Las razones que explican, pero no justifican este rezago, se indican en las siguientes Fracciones.

2.3.2 Problemática general de la conservación

2.3.2.1 Escasez de recursos

La crisis económica en la que se ve inmerso nuestro país, motiva a un considerable descenso del gasto público y una minimización de recursos disponibles para llevar a cabo la conservación de la infraestructura.

Por el contrario, la crisis debe ser motivo para conservar con mayor esmero la infraestructura existente ya que, de destruirse, sería imposible restituirla por la escasez de recursos.

2.3.2.2 Preferencia a la estructura de pavimentos y terracerías

Los limitados recursos asignados a la conservación de la red se han canalizado en el pasado fundamentalmente a la atención de las estructuras de terracerías y pavimentos, debido a que los materiales que la conforman son más vulnerables que los predominantes en los puentes, lo que motiva daños más extensos y más frecuentes. Los materiales de los puentes son ciertamente más durables, pero no son eternos y su falta de conservación puede destruirlos, ocasionando pérdidas económicas cuantiosas e interrupciones más prolongadas del tránsito, que con los pavimentos.

2.3.3 Falta de cultura de la conservación

En una sociedad subdesarrollada existe poca conciencia sobre la necesidad de conservar las obras, tanto públicas como privadas. Puede decirse que un índice del desarrollo de una nación podría obtenerse en función de la proporción de recursos asignados a la conservación respecto al gasto total en construcción.

Aun cuando por su longitud, los puentes representan una porción pequeña de la red, constituyen eslabones vitales que garantizan la continuidad del funcionamiento de toda la red. Su colapso ocasiona, frecuentemente, pérdidas de vidas y cuantiosas pérdidas económicas, tanto por la obra destruida como

por la interrupción o demora de la operación. Por estas razones, conservarlos es una necesidad esencial.

Como ya se ha señalado más del 50% de los puentes teóricamente son considerados fuera de vida útil, sin embargo, resulta complicado pensar en la sustitución y en la inversión que para ello se requiere, por lo que parece más sencillo y practico continuar con un programa permanente de mantenimiento, reparación y refuerzo de puentes.

El mantenimiento rutinario es una labor sustantiva que debe ampliarse para evitar que crezca el número de puentes con daños.

Con los trabajos de reparación y reforzamiento, se pretende que los puentes recuperen un nivel de servicio similar al de su condición original. Sin embargo, por la evolución del tránsito, a veces no es posible obtener este resultado y se requieren trabajos de modernización de la estructura.

2.3.4 Impopularidad de la conservación

El crecimiento demográfico, el acceso de grupos cada vez mayores a mejores niveles de vida y la urbanización creciente generan una gran demanda de diversas obras nuevas de infraestructura, ante las cuales la conservación de las obras ya existentes resulta una tarea poco atrayente para la sociedad y sus dirigentes y queda, por tanto, en desventaja en la asignación de recursos.

2.4 Responsables de la Conservación de Puentes

La red carretera nacional, que se ha desarrollado de manera gradual a lo largo de varias décadas, comunica a casi todas las regiones y comunidades del país a través de más de 333 mil kilómetros de caminos de todos tipos.

Si bien la red carretera posee una importancia de primer orden para nuestro país, que se destaca en el mundo por su vocación caminera, tanto la vastedad del territorio nacional como las crónicas limitaciones presupuestales que ha padecido y otros factores inciden en una u otra medida en el hecho de que México posea una densidad carretera (es decir, la longitud de carreteras por kilómetro cuadrado de territorio) relativamente baja.

Por su importancia y características, la red carretera mexicana se clasifica en: red federal, redes estatales, caminos rurales y brechas mejoradas.

2.4.1 Puentes Federales.

La red federal de carreteras es atendida en su totalidad por el gobierno federal. Registra la mayor parte de los desplazamientos de pasajeros y carga entre ciudades y canaliza los recorridos de largo itinerario, los relacionados con el comercio exterior y los producidos por los sectores más dinámicos de la economía nacional.

La atención de esta Red está a cargo de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, en lo referente a construcción, es la Dirección General de Carreteras (antes Dirección General de Carreteras Federales) la encargada de gestionar los proyectos y las obras nuevas de carreteras y puentes libres de peaje.

Una vez concluidas las obras, se hace una entrega oficial de la infraestructura de las carreteras incluyendo sus puentes, a la Dirección General de Conservación de Carreteras que será la encargada de incorporarlos a su inventario y programar la inspección y mantenimiento de los puentes y de la carretera en general.

2.4.2 Puentes Estatales.

Las redes estatales cumplen una función de gran relevancia para la comunicación regional, para enlazar las zonas de producción agrícola y ganadera y para asegurar la integración de extensas áreas en diversas regiones del país.

Estas redes están a cargo de los gobiernos de los estados y desafortunadamente, en su mayoría no se cuenta con un plan estratégico de inspección y mantenimiento de puentes.
El principal interés normalmente está centrado en la atención de los pavimentos; a los puentes se les da comúnmente atención secundaria.

2.4.3 Puentes Municipales.

Generalmente los gobiernos municipales se encargan de los caminos rurales y las brechas mejoradas, las cuales son vías modestas y en general no pavimentadas; su valor es más social que económico, pues proporcionan acceso a comunidades pequeñas que de otra manera estarían aisladas. Sin embargo, su efecto en las actividades y la calidad de vida de esas mismas comunidades es de gran trascendencia.

En este nivel, la atención que se brinda a la infraestructura de puentes es escasa llegando en los mejores casos a la atención de emergencias y problemas que hayan provocado el cierre de los caminos.

2.4.4 Puentes Concesionados.

De acuerdo con la SCT y Banobras (2003) una concesión carretera es “un acto mediante el cual el Estado otorga a un particular el derecho a prestar un servicio público y a explotar bienes del dominio público, durante un tiempo determinado, sujeto a diversas condiciones que pretenden preservar el interés público”; asimismo, con la evolución de diversos esquemas financieros para la concesión de servicios públicos, actualmente se cuenta con una legislación especializada, la **Ley de Asociaciones Público Privadas (APP),** publicada por el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 16 de enero de 2012, que tiene por objeto regular los

esquemas para el desarrollo de proyectos de asociaciones público-privadas, matizando la distribución de beneficios y riesgos entre los agentes participantes a través de un contrato de largo plazo para la concesión de un servicio público específico.

De acuerdo con la Ley APP y con la Dirección General de Desarrollo Carretero, las APP en el sector carretero comprenden tres principales tipos de contratos de largo plazo que incluyen las concesiones carreteras “tradicionales” (única opción hasta antes del año 2012), además de Proyectos de Prestación de Servicios (PPS) y el Aprovechamiento de Activos.

México ha evolucionado muy positivamente en los últimos años y es actualmente uno de los países con más activos, tanto en concesiones como en otros modos de introducir la iniciativa privada en la provisión de infraestructura.

Las primeras autopistas de cuota que se construyeron en México, datan de mediados del siglo pasado. Desde entonces a la fecha, se han construido más de 6,000 kilómetros de autopistas incluidos los libramientos.

Históricamente, se reconoce que la primera autopista de cuota se construyó en 1952 (Autopista México-Cuernavaca), mientras que fue hasta 1989 con el Programa Nacional de Concesiones de Autopistas 1989-1994, cuando se “impulsó la financiación de las concesiones con una aportación del ‘Banco Nacional de Obras (BANOBRAS)’ del 50% de los costos de la construcción, a la vez que el Gobierno aportaba un 25%. De este modo y tan sólo el 25% restante debía ser aportado por las empresas privadas”.

Las primeras autopistas de cuota se construyeron como obra pública, con recursos fiscales y para operarlas, en el año de 1963, el Gobierno Federal creó el organismo público descentralizado **“Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos” (CAPUFE por sus siglas),** cuyo principal objetivo es el de brindar los servicios de operación conservación, mantenimiento, y explotación a la red de autopistas, puentes y servicios conexos construidos bajo ese esquema, la red carretera, tenía una longitud aproximada de 1,000 km hacia principios de la década de los años ochentas y conectaba a la capital del país con las principales ciudades aledañas.

Las tarifas de esta red eran relativamente bajas, y su objetivo era cubrir los gastos de operación y conservación y no la amortización de la inversión, debido a que ésta tarifa se establecía a fondo perdido, además que no diferenciaba por tramo global, es decir, que no importaba que se construyeran obras complementarias como puentes, túneles, etc.

A mediados de la década de los 80‟s, el gobierno federal enfrentó un importante dilema. El excesivo endeudamiento del estado y los compromisos de pago de la deuda externa e interna, impedían destinar recursos financieros para poder eliminar los rezagos acumulados en materia de infraestructura carretera. Los

recursos fiscales que obtenía la federación se destinaban al pago de deuda y a programas prioritarios en materia de educación, alimentación y salud. A pesar de las enormes necesidades de invertir en infraestructura, no contaba el gobierno federal con los recursos necesarios para hacer frente a la creciente demanda.

De acuerdo con el anuario estadístico 2015 (SCT, 2016), en México existían cerca de 157 mil km de carreteras pavimentadas y de ellas 9,664 km eran autopistas de cuota, de estas CAPUFE tenía a cargo 4,111 km, incluyendo la longitud de las concesiones carreteras en México.

Mientras que las autopistas administradas por algún esquema de concesión con participación privada o esquema APP, de acuerdo con el portal de la DGDC, son 57 proyectos entre puentes, libramientos y carreteras libres y de cuota, con una longitud de cerca de 4,548 km; en dicho portal también se puede consultar los títulos de concesión de infraestructura carretera otorgada a Banobras-Fonadin, Capufe y a diversos gobiernos de las Entidades Federativas de México,

El principal concesionario de autopistas y puentes es el Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN)

El Gobierno Federal por conducto de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) otorgó al Fideicomiso 1936 denominado Fondo Nacional de Infraestructura (Fonadin) una concesión para construir, operar, explotar, conservar y mantener 45 caminos y 3 puentes (autopistas), mismos que tienen una longitud total de 4,224.518 kilómetros. De los cuales actualmente 3,935 están en operación y 289.5 en construcción.

2.4.5 Proyectos de Prestación de Servicios (PPS).

La asociación pública-privada (APP) es un término genérico para involucrar a las compañías privadas, en la provisión de servicios públicos y obras. La iniciativa de financiamiento privado es el tipo más común de APP, aunque los gobiernos han desarrollado otro tipo de esquemas, en función de las características de cada país y del sector en donde se desarrollarían los proyectos.

En México, el esquema se denominó Proyectos para Prestación de Servicios (PPS), esta modalidad de asociación pública-privada, permite que el sector privado brinde servicios de apoyo al gobierno para que éste, a su vez, preste un servicio público. En este arreglo contractual, los recursos, riesgos y recompensas para el sector público y privado se combinan para generar una mayor eficiencia, mejor acceso al capital y garantizar el cumplimiento de un rango de regulaciones gubernamentales, en relación al medio ambiente y al lugar de trabajo. El interés público se atiende a través de cláusulas en los contratos que establecen una supervisión constante y revisión de la operación del servicio o desarrollo o instalación.

Objetivos

Los esquemas PPS persiguen los siguientes objetivos:

1. Elevar la cobertura y la calidad de los bienes y servicios que proporciona el sector público, manteniendo la infraestructura en condiciones óptimas de operación.

2. Impulsar el desarrollo de infraestructura, a través de esquemas que permitan complementar y utilizar eficientemente los recursos públicos.

3. Emplear racionalmente los escasos recursos públicos, tratando de obtener los mayores beneficios sociales.

4. Financiar las necesidades de infraestructura pública, sin presionar el gasto público.

La finalidad esencial de los PPS es elevar la cobertura y calidad de los servicios públicos que otorgan las dependencias y entidades gubernamentales, por medio de la contratación de servicios de apoyo proporcionados por un inversionista proveedor. Los servicios que se contraten a través de un PPS deberán servir de apoyo al gobierno

Variantes del PPS

PPS: el inversionista proveedor es propietario del terreno y los activos.

Construcción en terrenos federales: El terreno se concesiona durante la construcción, pudiéndose venderlo posteriormente.

Fideicomiso: Se aporta el terreno al fideicomiso y posteriormente el Gobierno Federal se queda como propietario.

Concesión SCT/Contrato de Servicios: se otorga la concesión para la construcción y mantenimiento y se adjudica un PPS por la operación.

Un PPS se desarrolla con base en un contrato de servicios de largo plazo, mínimo 15 años, a través del cual un inversionista proveedor proporciona un conjunto de servicios al sector público, perfectamente definidos, estableciendo los niveles de calidad requeridos durante la vida del contrato, así como la distribución de riesgos entre los inversionistas privados y el gobierno.

En el caso más completo, el inversionista proveedor se hace cargo del diseño, financiamiento, construcción, operación y mantenimiento de los activos y servicios relacionados con esta provisión.

Características principales de los PPS

Para ser considerado un PPS, el proyecto debe cumplir las siguientes características:

- Su realización implica la celebración de un contrato de servicios de largo plazo entre una dependencia o entidad y un inversionista proveedor.
- Los servicios provistos bajo el contrato, deben permitir a las dependencias o entidades contratantes el mejor cumplimiento de sus funciones y servicios encomendados, y a los objetivos descritos en el Plan Nacional de Desarrollo y los programas sectoriales.
- La prestación de los servicios se lleva a cabo con los activos que construya o provea el inversionista proveedor, incluyendo activos concesionados por el sector público, en función de lo requerido por el contratante. La propiedad de los activos puede ser del inversionista privado o del gobierno.
- Los pagos se realizan en función de la disponibilidad y calidad de los servicios que se presten. Una vez cumplidos estos criterios, el gobierno tiene la obligación de cubrir los pagos correspondientes, los cuáles se registran como gasto corriente.
- Se debe demostrar, a través de un análisis costo y beneficio, el valor de realizar un PPS.
- Los riesgos asociados al proyecto se distribuyen entre los dos sectores.
- Aunque el sector privado participa en un PPS, la responsabilidad final de la provisión de los servicios públicos ante los usuarios recae exclusivamente en el sector público.

De manera general, el sector público puede proponer, bajo el esquema PPS, todos aquellos proyectos en los cuales se puedan definir servicios, niveles de calidad y riesgos de largo plazo; sin embargo, para desarrollar un proyecto como PPS, se debe demostrar, a través de análisis costo y beneficio, que su valor social neto será positivo comparándolo con un proyecto de referencia de inversión pública tradicional.

Métodos de financiamiento

El propósito de la implementación de los PPS es suplementar las prácticas convencionales de financiamiento al combinar diferentes fuentes de recursos, reduciendo las presiones sobre el presupuesto público. Esto depende del desarrollo de los instrumentos en el sistema financiero local y el acceso a mercados extranjeros.

Algunas de las fuentes que podrían emplearse para soportar los PPS son:

- Participación accionaria;
- Bonos anticipatorios de rendimientos esperados;

- Bonos de infraestructura;
- Créditos bancarios para infraestructura estatal;
- Emisión de bonos, garantizados por los cargos directos esperados, por el uso o provisión del servicio (cuotas, peajes);
- Otras fuentes de recursos tradicionalmente destinadas a las agencias públicas, que pueden ponerse a disposición de los inversionistas proveedores: arrendamientos, ingresos por el empleo de otras instalaciones, peajes sombra.

El financiamiento de los PPS, con frecuencia requiere la mezcla de diferentes herramientas de patrocinio público y deuda comercial privada.

Manual para Conservación de Puentes y Estructuras Similares

CAPÍTULO 3 Terminología y conceptos de la conservación de puentes

Sección	Página
3.1. Glosario de términos de conservación	29
3.2. Patología de los materiales utilizados en puentes	34
3.3. Catálogo de deterioros	41
3.3.1 Cimentación	42
3.3.2 Subestructura	49
3.3.3 Dispositivos de apoyo	61
3.3.4 Superestructura	70
3.3.5Superficie de rodamiento	86
3.3.6 Drenaje	107
3.3.7 Accesos	112
3.3.8 Equipamiento	116

3. TERMINOLOGÍA Y CONCEPTOS DE LA CONSERVACIÓN DE PUENTES

Se entiende por Conservación de Puentes, el conjunto de acciones de mantenimiento, preservación y cuidado, que deben llevarse a cabo para garantizar por lo menos durante los años que se estima como vida útil del puente o estructura similar, un buen funcionamiento y seguridad, de todos los elementos geométricos y estructurales que lo integran.

La conservación de un puente o estructura similar, se debe realizar fundamentalmente para preservar la capacidad de sus elementos estructurales de acuerdo con el proyecto con el que se construyó, o también, para adecuar su resistencia y/o geometría, a las necesidades que surjan cuando se requiere modificar las características geométricas o de cargas, de la vialidad en la que se encuentra integrada la estructura.

Las acciones de conservación de un puente tienen como antecedentes dos etapas: En primer lugar, la realización de una inspección de la estructura, que permite la detección y ubicación de los daños, que comprometen la salud del puente o ponen en peligro su estabilidad.

En segundo lugar, la elaboración de un Programa de Mantenimiento o un Proyecto de Reparación que tomen en cuenta, la reparación de todos los daños observados en la etapa de inspección. En esta etapa también se contempla, no sólo la reparación de los daños, si no también si fuese el caso, los reforzamientos que se requieran en caso de una modificación en cuanto a las cargas o la geometría de la estructura.

3.1 Glosario de Términos de Conservación

Accesos: es la obra o el conjunto de obras que se hacen dentro del derecho de vía de un camino, para permitir de forma provisional o permanente la entrada y salida a una estructura, la forma de los accesos puede variar según si se encuentran en terraplén, corte, balcón o tierra mecánicamente estabilizada.

Acotamiento: faja contigua a la calzada comprendida entre su orilla y la línea de hombros de la carretera o, en su caso, de la guarnición de la banqueta o de la faja separadora.

Apanalamiento de concreto: es la falta de concreto en secciones de elementos de concreto hidráulico, por deficiencia constructiva en el momento de la colocación del concreto.

Apoyos: se le denomina apoyos o dispositivos de apoyo a los elementos que tienen por función servir de soporte a la superestructura y transmitir las cargas a la subestructura.

Banquetas: elementos de concreto construidos en las orillas de la calzada, cuyo objetivo es permitir, en condiciones de seguridad, el paso de peatones.

Bordillos: elemento que se construye sobre los acotamientos, junto a los hombros de los terraplenes, para evitar que el agua erosione el talud del terraplén.

Caballetes: estructura tipo marco rígido usado como apoyo extremo que proveen soporte a la superestructura, establecen la conexión entre la superestructura y el terraplén, son diseñados para soportar la carga que soporta la superestructura y parcialmente las presiones del suelo ya que permite el derrame de los terraplenes.

Cajones de cimentación: son cimentaciones formadas por las losas de cimentación, retícula de contratrabes y tapa para transmitir las cargas al suelo.

Calzada: parte de la corona del camino destinada al tránsito de vehículos, se compone por carriles, y en algunos casos por acotamientos.

Carga viva: es la debida al peso de las cargas móviles aplicadas, que corresponden a camiones, autobuses, automóviles, equipos para construcción y trabajos agrícolas, ciclistas, peatones, ganado y en pasos inferiores de ferrocarril (PIF), al tren, que transitan sobre los elementos o la estructura en cuestión.

Carpeta asfáltica: las carpetas asfálticas son aquellas que se construyen mediante el tendido y compactación de una mezcla de materiales pétreos de granulometría densa y cemento asfáltico, modificado o no, para proporcionar al usuario una superficie de rodadura uniforme, bien drenada, resistente al derrapamiento, cómoda y segura.

Carpeta de concreto hidráulico: las carpetas de concreto hidráulico son las que se construyen mediante la colocación de una mezcla de agregados pétreos, cemento Pórtland y agua, para proporcionar al usuario una superficie de rodadura uniforme, bien drenada, resistente al derrapamiento, cómoda y segura.

Cilindros de cimentación: son elementos cilíndricos huecos de grandes dimensiones, cuya capacidad de carga es mucho mayor que la de las pilas. Se utilizan generalmente para la cimentación de los apoyos de grandes puentes.

Claros: es la distancia, en proyección horizontal entre ejes de apoyos, medido paralelamente al eje del camino para puentes.

Cunetas: canal que se ubica en los cortes, en uno o en ambos lados de la corona, para drenar el agua que escurre por la corona y el talud.

Defensa: dispositivos que se instalan longitudinalmente en uno ó ambos lados del camino, con el objeto de impedir por medio de la contención y redireccionamiento, que algún vehículo fuera de control salga del camino, por fallas en la conducción, condiciones meteorológicas ó por fallas mecánicas.

Desconche: es la pérdida de revestimiento o sección de un elemento estructural de concreto hidráulico por impacto, corrosión del refuerzo o degradación del concreto por carbonatación o por reacción álcali-sílice.

Deterioro: es el proceso y resultado de deteriorarse, es un nombre de acción que se ha hecho derivar del verbo deteriorar, que significa empeorar o degenerar y también estropear algo, muchas veces por desgaste o uso continuo.

Erosión del suelo: es la remoción del material superficial por acción del viento o del agua, el proceso se presenta gracias a la presencia del agua en las formas: pluvial(lluvia) o de escorrentía (escurrimiento), que, en contacto con el suelo, vence la resistencia de las partículas de éste generándose el proceso de erosión.

Estribo: estructura usada como apoyo extremo que provee soporte a la superestructura, establece la conexión entre la superestructura y el terraplén, es diseñado para soportar la carga que transmite la superestructura y las presiones del suelo.

Esviaje: se dice que una estructura tiene esviaje o que está construido en esviaje, cuando la forma en planta del tablero no es rectangular. Esto quiere decir que la horizontal de los apoyos del tablero forman un ángulo distinto a 90 grados, con el eje longitudinal del tablero.

Fatiga: es el deterioro progresivo de los metales que termina produciendo su rotura. Por la aplicación de un esfuerzo repetitivo al metal. La deformación de un material o un objeto como resultado del esfuerzo se denomina fluencia.

Fisuras: abertura alargada y con una separación inferior a 0.3 milímetros de anchura entre sus bordes.

Gálibo horizontal o espacio libre horizontal: se define como la distancia entre los paramentos de los estribos, entre los paramentos de un estribo y una pila, entre los paramentos de dos pilas o columnas contiguas, entre los ceros de los conos de derrame o entre los ceros de un cono de derrame y el paramento de una pila, medida normalmente al eje longitudinal del cuerpo de agua, la carretera o vía férrea que se cruce.

Gálibo vertical: será la distancia mínima vertical entre el intradós o cara inferior de la superestructura y cualquier punto de la superficie de la calzada y de sus acotamientos o la parte superior del riel más alto.

Guarnición: elemento de concreto parcialmente enterrado, colocado en las orillas de la calzada de la estructura, con el propósito de encauzar el tránsito vehicular y servir de base a un parapeto o a una barrera.

Grieta: abertura alargada y con una separación mayor a 0.3 milímetros de anchura entre sus bordes.
Juntas de dilatación o expansión: es la separación que existe para permitir la expansión o la contracción de las estructuras por efecto de los cambios de temperatura, se colocan juntas (holguras) en sus extremos y en otras secciones intermedias en que se requieran.

Lavadero: obra complementaria de drenaje que se construye para desalojar el agua de la superficie de rodadura y evitar la erosión de los terraplenes.

Faja separadora central: elementos de concreto o acero que se colocan sobre la calzada de la estructura cuando la carretera es de tres o más carriles y cuenta con barreras centrales, para separar los sentidos de circulación e incrementar la seguridad de los usuarios.

Parapetos: sistemas de postes verticales y elementos longitudinales que se colocan sobre las guarniciones o las banquetas, a lo largo de los extremos longitudinales de la estructura, principalmente para la protección de los usuarios. Los elementos longitudinales pueden ser uno o varios y estar constituidos por vigas de concreto, tubos y perfiles metálicos, o barreras metálicas de acero.

Pilas: Son elementos de apoyo intermedios los cuales conducen los esfuerzos de la superestructura hacia el suelo.

Pilotes: elemento constructivo de cimentación profunda de tipo puntual utilizado en obras, que permite transmitir las cargas de la superestructura y subestructura a través de estratos suaves e inconsistentes, hasta estratos más profundos con la capacidad de carga suficiente para soportarlas; o bien, para repartir estas en un suelo relativamente blando de tal manera que atraviesen lo suficiente para que permita soportar la estructura con seguridad.

Oxidación o corrosión: es la reacción química en la que el acero pierde electrones en presencia de oxígeno y dando como resultado oxido de fierro. Que en términos constructivos significa: mala apariencia, pérdida de sección y sobre todo la disminución parcial o total en la resistencia del acero en elementos estructurales.

Socavación: remoción de materiales del lecho de un cauce debido a la acción erosiva del flujo del agua alrededor de una estructura hidráulica.

Subestructura: son los componentes estructurales de un puente que soportan el tramo horizontal, conformada por las Pilas (apoyos centrales) y por los Estribos o Caballetes (apoyos extremos) que soportan directamente la superestructura; y cimientos, encargados en transmitir al terreno los esfuerzos.

Superestructura: se denomina superestructura al sistema estructural formado por el Tablero y los Elementos Portantes. El Tablero está constituido por los elementos estructurales (generalmente una losa) que soportan en primera instancia, las cargas

de los vehículos para luego transmitir sus efectos a los Elementos Portantes (generalmente trabes ó armaduras). Los Elementos Portantes soportan el tablero y salva el claro entre apoyos, transmitiendo las cargas a la subestructura.

Superficie de rodadura: es la superficie que está expuesta de manera directa a la acción de los neumáticos de los vehículos y posibilita su circulación

Zapatas: son cimientos someros de forma cuadrada o rectangular, construidos usualmente de concreto reforzado. Por lo general se utilizan en suelos poco compresibles de mediana y alta capacidad de carga, o para estructuras capaces de soportar asentamientos diferenciales sin daños.

3.2 Patología de los materiales utilizados en puentes

La Patología de los Materiales, es el estudio de las causas, síntomas y evolución de los daños, que por diferentes razones se presentan en la vida de los materiales de construcción de los puentes. A continuación, se presenta una relación de los principales materiales empleados en la construcción, reparación y conservación de puentes.

3.2.1 Mampostería

Se le llama mampostería al material compuesto mediante fragmentos de roca acomodados, junteados o no con mortero, para obtener una forma requerida. La mampostería es usualmente empleada en la construcción de elementos de subestructura de puentes, como son pilas intermedias y estribos con y sin aleros desplantados por superficie.

Los problemas que generalmente se presentan en este tipo de material, son el aflojamiento de las piedras y la disgregación del mortero, esto es causado por una mala ejecución en su construcción, un posible golpe de los arrastres de la corriente o debido a acciones de tensión que, por su baja capacidad provoca que se separen las piedras. Un ejemplo común de este último es cuando se presentan asentamientos diferenciales.

De no atenderse los problemas antes mencionados, se convertirá en un mal mayor que puede producir incluso la falla del elemento, aunque en general son pocas las ocasiones en que las mamposterías se destruyen. Cabe mencionar que, con la llegada del concreto, actualmente el uso de la mampostería ha venido disminuyendo.

Figura 1. Mampostería dañada por pérdida de mortero.

3.2.2 Mortero

Un mortero es un compuesto de conglomerantes inorgánicos, agregados finos, agua y posibles aditivos. El mortero de cemento es la combinación de agua, cemento hidráulico y arena, en una proporción adecuada, para dar una

resistencia determinada. Se emplean comúnmente para la integración de una mampostería, o en el resane de grietas de algún elemento de mampostería. Los problemas que comúnmente acompañan a este material son debidos a una mala dosificación de sus componentes, dando como resultado que no cumpla con su finalidad de aglutinante (baja capacidad de adherencia entre elementos) o para rellenar grietas (muy fluido o muy poco fluido).

Otro tipo de mortero es el mortero epóxico que se emplea para reparar fisuramientos o agrietamientos en estructuras de concreto reforzado o presforzado. Este material está provisto de resinas epóxicas que aumentan su resistencia. En general, no presenta problemas, a menos que su preparación esté fuera del límite de caducidad.

3.2.3 Concreto

La norma **N·CMT·2·02·005** de la Normativa para la Infraestructura del Transporte (Normativa SCT), podemos define al concreto hidráulico como la mezcla de cemento Portland, agua y agregados pétreos; y en ocasiones aditivos, para formar una mezcla moldeable que al fraguar forma un elemento rígido y resistente.

Los problemas que comúnmente se manifiestan en el concreto son: disgregación de los agregados, oquedades, apanalamientos, fisuras, grietas y desconches. Si el concreto se encuentra reforzado con armadura de acero que le permitirá absorber esfuerzos de tensión, sumado a los problemas anteriores, también se puede presentar corrosión en el refuerzo metálico.

Algunas de las causas que pueden hacer que se presenten alguno de los problemas anteriormente mencionados son: uso de cemento de mala calidad; uso de agua contaminada; que los agregados estén sucios o no cumplan con la granulometría especificada; que el cemento no tenga la consistencia adecuada o simplemente mala ejecución en el colado de los elementos. Para el caso del concreto reforzado también se puede mencionar como causas que se tenga un recubrimiento insuficiente del acero de refuerzo o un mal cálculo en la cuantía de acero.

Figura 2. Disgregación del concreto y grietas.

3.2.4 Concreto asfáltico

El concreto asfáltico es una mezcla de agregados pétreos de una determinada granulometría, aglutinados con un cemento asfáltico. El cemento asfáltico se mantiene flexible y provee integridad estructural cubriendo los agregados y dándole a la mezcla propiedades cohesivas.

Los materiales asfálticos pueden ser modificados para mejorar sus propiedades físicas y reológicas, disminuir su susceptibilidad a la temperatura y la humedad, así como a la oxidación. Los asfaltos modificados son el producto de la disolución o incorporación al asfalto de un polímero o inclusive de hule de neumáticos molido.

Los problemas más comunes en el concreto asfáltico se presentan en forma de deformaciones tales como roderas, fisuras longitudinales, transversales o agrietamiento tipo piel de cocodrilo, entre otros. De no atenderse estos daños, evolucionarán en problemas más severos, como pueden ser baches con desprendimiento de carpeta, grietas y/o deformaciones excesivas, que de seguir evolucionando pudieran incluso dañar la losa de la estructura.

Figura 3. Agrietamientoen en el concreto asfáltico.

3.2.5 Acero

3.2.5.1 Acero estructural

El acero estructural de acuerdo a la norma **N·CMT·2·03·003** de la Normativa para la Infraestructura del Transporte (Normativa SCT), es el producto de la aleación de hierro, carbono y pequeñas cantidades de otros elementos tales como silicio, fósforo, azufre y oxígeno, que le aportan características específicas. El acero laminado en caliente, fabricado con fines estructurales, se denomina como acero estructural al carbono, y su resistencia a la fluencia debe de ser igual o mayor a los 250 megapascales (2549.29 kg/cm^2 o 36259.43 psi). Comercialmente y de acuerdo a su equivalencia en unidades inglesas se le conoce a este tipo de acero estructural como A-36. Este tipo de acero junto con

los aceros de alta resistencia de baja aleación A-572 grado 50 y A-588, de f_y= 50,000 psi, son los más usuales en la construcción de puentes.

El acero estructural se emplea principalmente en superestructuras de puentes (trabes, diafragmas, largueros, sistemas de piso, dispositivos de apoyo, armaduras de paso inferior o superior, etc.), aunque también se pueden encontrar en subestructuras e incluso en cimentaciones cuando se hace el uso de pilotes de acero.

El principal problema en cuanto a este material es indudablemente la corrosión. Este problema se presenta en diferentes grados, desde una corrosión de tipo superficial, donde el material se va gastando gradualmente extendiéndose en forma homogénea sobre toda la superficie metálica y una penetración media igual en todos los puntos, hasta una corrosión grave en donde se presenta pérdida de sección y/o picaduras en los elementos, lo que repercute directamente en la capacidad de carga del elemento.

Por esta razón cuando se trata de elementos constituidos por acero estructural, la protección anticorrosiva a base de recubrimientos, es la principal acción de conservación. Los fabricantes de estas protecciones generalmente dan una vida útil de sus productos, lo que sirve para planear y programar las acciones de conservación.

Otro tipo de daño que suele presentarse en las estructuras conformadas por elementos metálicos es el daño por fatiga, ya sea en las conexiones o en alguno de los elementos, estos daños se presentan por la repetición múltiple de las cargas, y aunque se presentan paulatinamente es importante detectarlos y corregirlos a tiempo.

Figura 4. Problemas de corrosión en acero estructural.

3.2.5.2 Acero de refuerzo

Haciendo referencia a la norma **N·CMT·2·03·001** de la Normativa para la Infraestructura del Transporte (Normativa SCT), acero de refuerzo para concreto hidráulico es el conjunto de varillas de acero que se utilizan para tomar los

esfuerzos internos de tensión que se generan por la aplicación de cargas, contracción por fraguado y cambios de temperatura, en una estructura de concreto hidráulico. Generalmente este tipo de acero tiene un límite de fluencia de 412 MPa (4201.23 kg/cm^2).

En el apartado 3.2.3 relativo al concreto, se describió el caso en donde un acero de refuerzo puede llegar a presentar daños, debido al deterioro del concreto en el cual está colocado. Estos deterioros al igual que el acero estructural son principalmente debidos a la corrosión y de no ser atendidos pueden presentar corrosión severa que provoque pérdida de sección y por ende disminución de la capacidad de carga. En algunas ocasiones, es posible proporcionar un acero de refuerzo adicional al acero dañado, que permita a la estructura recuperar su capacidad. Cuando esto no es posible y tratándose de trabes, se puede analizar la posibilidad de recuperar la capacidad con adición de presfuerzo exterior.

Figura 5. Problema de corrosión en acero de refuerzo

3.2.5.3 Acero de presfuerzo

El acero de presfuerzo de acuerdo a la norma **N·CMT·2·03·002** de la Normativa para la Infraestructura del Transporte (Normativa SCT), es un cable denominado **torón,** compuesto de seis alambres dispuestos en forma helicoidal sobre uno central, con un paso uniforme no menor de doce ni mayor de dieciséis veces el diámetro nominal del torón. Los torones se clasifican en dos grados según su resistencia ultima mínima, el denominado grado 176 (1,725 MPa o 17,590 kg/cm^2) y el grado 190 (1860 MPa o 18,967 kg/cm^2).

En las estructuras de puentes existen dos tipos de presfuerzo, a saber: presfuerzo pretensado y presfuerzo postensado. El primero se refiere a trabes coladas en planta con el acero de presfuerzo ya tensado mediante bancos de anclaje; el acero transfiere el presfuerzo por adherencia a la trabe cuando el concreto alcanza una determinada resistencia. El segundo se refiere a trabes que se cuelan primero, dejando ductos para la colocación del acero de presfuerzo, el cual se tensa cuando el concreto tiene la resistencia adecuada.

Desde el punto de vista patológico, está más expuesto el sistema de postensado que el de pretensado; por esta razón una estructura con presfuerzo postensado debe ser más cuidadosamente inspeccionada, pues una defectuosa inyección de los ductos de presfuerzo puede dar lugar a un ataque de corrosión en el acero. También se pueden presentar problemas similares a los mencionados en el párrafo referente al concreto reforzado en donde por mala ejecución del concreto resulte filtraciones y deterioro de los cables de presfuerzo.

Figura 6. Problemas de corrosión en acero de presfuerzo.

3.2.6 Ductos de polietileno de alta densidad

Estos ductos son donde se aloja el acero de presfuerzo de las trabes postensadas y presforzadas externamente. Son de un material plástico llamado polietileno de alta densidad, el cual es un ducto completamente seguro mientras no sufra una rotura y esté bien inyectado con lechadas o resinas después del tensado. El problema recurrente que puede iniciar un deterioro, es que el ducto no quede bien inyectado y penetre agua por el anclaje del cable, lo cual llevaría el agua hasta el acero, iniciando el proceso de corrosión, que en la mayoría de los casos se detecta cuando el acero ya está corroído y que da como resultado la ruptura de uno o varios torones deformando el ducto.

Figura 7. Problemas de filtraciones en ductos y deformación en los mismo.

3.2.7 Resinas

Las resinas en general sirven para prevenir deterioros en los materiales sobre todo de corrosión, pues se emplean para sellar y dar continuidad a la estructura que presenta fisuras o grietas en el concreto. Dependiendo del espesor de la fisura o grieta depende el tratamiento que se dé. Cuando son hasta de 0.3 mm, se resanan con morteros epóxicos; cuando son de 0.3 mm o mayores, se inyectan con resinas epóxicas. Una fisura o grieta resanada o inyectada, evitará la penetración de la humedad que llega hasta el acero de refuerzo o presfuerzo, evitando el inicio de un probable proceso corrosivo.

3.2.8 Placas de neopreno

El tipo de problemática que más se observa en las placas de neopreno, aun estando bien diseñadas es que, durante la construcción del puente, la superficie del banco de apoyo es totalmente horizontal, pero la superficie del paño inferior de la trabe no lo es, lo que ocasiona que la placa sufra una concentración de esfuerzos en una orilla, superiores a los de diseño, lo cual va produciendo la falla de la placa de apoyo.

Otro efecto que se produce es que la diferencia de esfuerzos en la placa produce una tendencia a expulsar la placa de su posición, que puede solucionarse, colocando en el extremo inferior de la trabe, un pequeño zoclo que garantice que su apoyo sobre la placa, va a ser en un plano horizontal.

Figura 8. Problemas de expulsión y agrietamiento de placas de neopreno.

3.2.9 Placas de teflón

Las placas de teflón, son un elemento que se emplea en los apoyos móviles de tipo cazoleta o multidireccionales de tramos relativamente grandes, que permite que el extremo de la trabe que apoya, pueda deslizar horizontalmente debido al bajo coeficiente de fricción del teflón. Sin embargo, tienen un inconveniente, pues el giro permitido en ese tipo de apoyos es relativamente pequeño, del orden de 1°; de tal manera que cuando ese giro se excede, se inicia un proceso de raspado en las placas de teflón del apoyo lo cual lo va deteriorando, hasta que en un caso crítico el apoyo empieza a fallar. Por este motivo es importante la inspección periódica de estos elementos de apoyo, ya que se requiere una atención especial para evitar daños relevantes.

Figura 9. Problemas de expulsión de teflón en apoyos tipo cazoleta.

3.3 Catálogo de Deterioros

Los deterioros, son la acción y efecto tanto en calidad como en valor, de los daños que se van presentando en el funcionamiento de las estructuras de los puentes durante la vida de los mismos. De ahí que periódicamente es conveniente que el puente sea inspeccionado, para detectar los deterioros o daños en todos sus elementos.

Cuando un puente ha sido construido en base a un proyecto defectuoso, los deterioros o daños empiezan a aparecer inmediatamente al entrar el puente en funcionamiento.

El Catálogo de Deterioros que se propone a continuación, pretende proporcionar una ayuda práctica para los ingenieros de campo y de proyecto del sector Comunicaciones y Transportes, Gobiernos Estatales y empresas descentralizadas afines, al describir los deterioros o fallas comunes, observados en las inspecciones, en los puentes o estructuras similares de las carreteras de la red nacional mexicana. Se incluye de una manera ordenada y concisa, fotografías descriptivas del deterioro, su definición y las posibles causas que originan o causan la falla.

3.3.1 Cimentación

3.3.1.1 Asentamientos en cimentaciones

Se define al asentamiento como la deformación vertical en la superficie de un terreno proveniente de la aplicación de cargas o debido al peso propio del mismo. Cabe señalar que todas las estructuras tienden a asentarse, pero el problema se presenta cuando este asentamiento es mayor de los parámetros permisibles o cuando es de tipo diferencial, siendo este último el que resulta de mayor importancia ya que induce en la estructura elementos mecánicos internos que pueden provocar la falla de los elementos que la conforman.

Causas probables:

1) Nivel de desplante inadecuado.
2) Omisión o error en el estudio de la capacidad de carga del suelo.
3) Omisión o error en el diseño de la cimentación (área de contacto insuficiente).
4) Paso de cargas superiores a las de diseño.

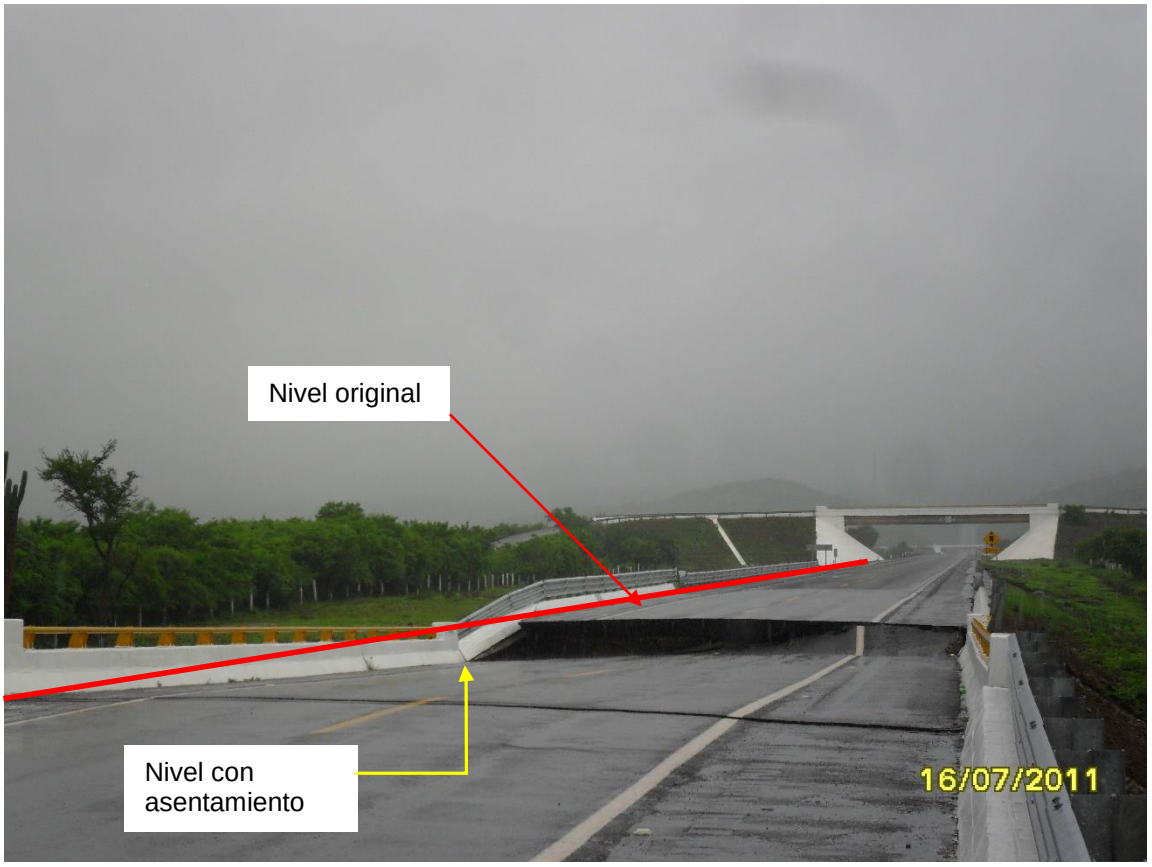

Figura 10. Asentamiento en el estribo 1 del puente "El Tejón", km 13+170, autopista Salina Cruz-La Ventosa

3.3.1.2 Deterioro de las cabezas de pilotes hincados o colados en el lugar con perforación previa.

Este deterioro se presenta en el plano de la interfase del pilote con la zapata de una pila o caballete o en la zona de interfase de una columna de una pila o caballete con el cabezal. Se presenta en forma de disgregación y desmoronamiento del concreto de la cabeza del pilote lo que deja expuesto el acero de refuerzo pudiéndose iniciar un proceso de corrosión. Este deterioro del pilote o pila de cimentación, se repara retirando el concreto malo, limpiando el acero de refuerzo y colando nuevamente el tramo afectado con concreto o mortero epóxico de buena calidad. Esta operación se hace pilote por pilote.

Causas probables:

1) Uso de concreto de calidad inferior a la de proyecto.
2) Contaminación del concreto.
3) Falta de descabezado del pilote.

Figura 11. Deterioro de cabeza de pilote y corrosión en acero de refuerzo

3.3.1.3 Deterioro de pilotes colados con moldes metálicos en zonas de aguas permanentes con tirantes altos (zonas marítimas).

En las zonas de aguas permanentes, generalmente zonas marítimas es común observar, en aquellas estructuras conformadas por pilotes con moldes metálicos, que las partes más próximas al cabezal de las pilas quedan sujetas a variación de tirante producto de la marea. Esta situación ocasiona que, en el molde metálico se presente un proceso corrosivo intenso. Ese deterioro es importante corregirlo con recubrimientos adecuados, para proteger esa zona metálica importante de los pilotes.

Causas probables:

1) Falta de recubrimiento de protección en el pilote.
2) El contacto con el agua y el oxígeno repetidamente, producto de la variación del tirante.
3) Falta de protección catódica.

Figura 12. Corrosión en molde metálico de pilote

3.3.1.4 Discontinuidades de cilindros de cimentación

El posible deterioro o deterioros en el cuerpo de los cilindros, se podrá verificar realizando una limpieza por medios mecánicos o manuales del cuerpo de los cilindros. Una vez limpia la superficie del cilindro, podrá verificarse la presencia o no, de fisuras o cualquier deterioro que se pueda apreciar.

También es posible detectar discontinuidades en los cuerpos de los cilindros, aplicando un sistema microsísmico (geofísica), que permitiría localizar posibles fisuramientos. Otro procedimiento es por medio de una inspección subacuática en los cilindros que se encuentran en agua y con ella determinar si existe algún deterioro en el elemento tales como: grietas, desconches o deformaciones importantes entre otros.

Causas probables:

1) Deficiencias de diseño.
2) Asentamientos diferenciales.
3) Choque de elementos arrastrados por la corriente.

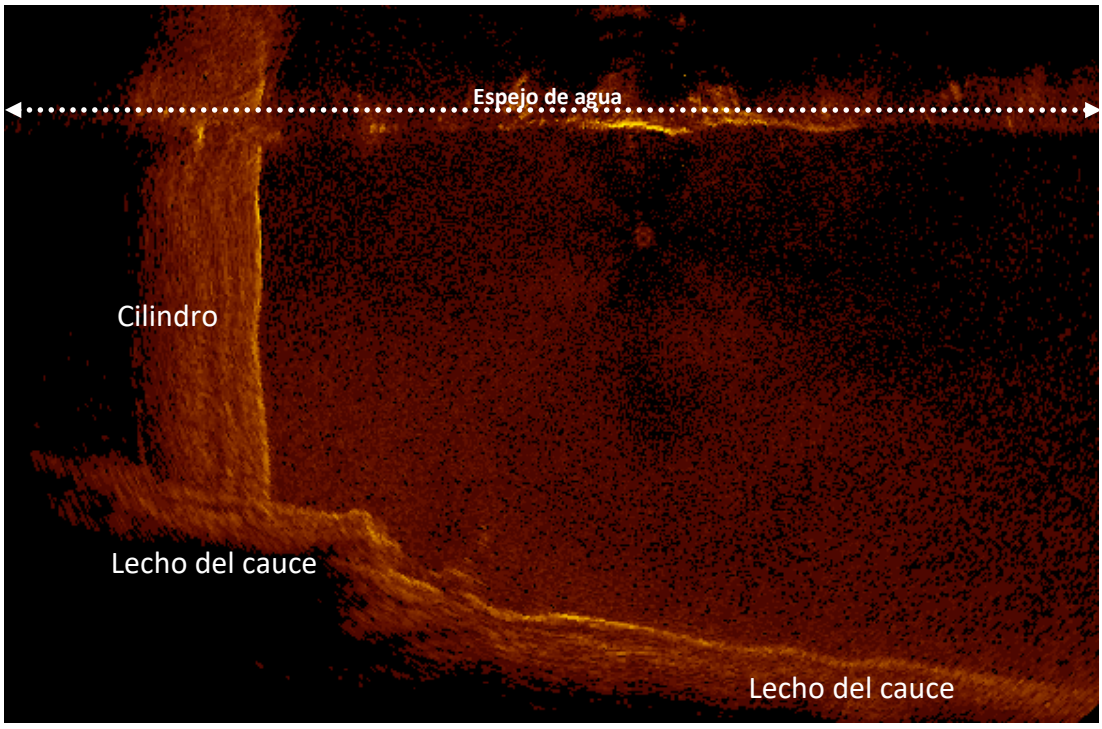

Figura 13. Inspección subacuatica para detectar irregularidades en cimentaciones profundas

3.3.1.5 Grietas y/o fisuras en cimentaciones

Aun cuando estos tipos de daños son difíciles de observar, por encontrarse la cimentación cubierta por el terreno. En aquellos casos en donde es posible inspeccionar la cimentación, se puede llegar a observar algún tipo de grieta y/o fisura, las cuales nos indicarán que existe un problema en el elemento y que es necesario repararlo o reforzarlo.

Causas probables:

1) Omisión o error en el diseño de la cimentación.
2) Nivel de desplante inadecuado.
3) Asentamientos diferenciales.
4) Paso de cargas superiores a las de diseño.

Figura 14. Zapata con problemas de grietas

3.3.1.6 Desconches en cimentaciones

Se define como desconche a la perdida de revestimiento o sección de un elemento estructural de concreto. Es común que en los elementos de concreto se presenten desconches, lo cuales pueden ser desde superficiales hasta severos donde se presenta acero de refuerzo expuesto y dimensiones grandes. De no atenderse estos problemas puede presentarse la corrosión del acero de refuerzo y ocasionar una pérdida en la capacidad de carga del elemento.

Causas probables:

1) Impacto producido por arrastres de la corriente o vehículos.
2) Degradación del concreto por carbonatación.
3) Corrosión del acero de refuerzo.
4) Concreto de mala calidad.

Figura 15. Desconche con acero expuesto en cimentación

3.3.1.7 Socavación en cimentaciones

La socavación es el fenómeno natural que consiste en la remoción de materiales del lecho o la orilla de un cauce debido a la acción del flujo del agua. Es común que se produzca en los bordes de las pilas de un puente situadas en la corriente, como consecuencia de la distorsión de las trayectorias de flujo, causadas por la propia pila. También suele ser producido por la invasión al cauce de los terraplenes de acceso de la estructura de cruce, produciendo una reducción del área hidráulica, con el correspondiente aumento de velocidad y el poder erosivo del agua.

Si este fenómeno progresa lo suficiente, hasta alcanzar profundidades abajo del nivel de desplante de la pila, caballete o estribo, ocurrirá el colapso total del apoyo. Aunque es más grave este tipo de problemas en cimentaciones superficiales, también es necesario evaluar el efecto en cimentaciones profundas ya que puede afectar la relación de esbeltez de los pilotes.

Causas probables:

1) Omisión o error en el estudio de socavación.
2) Omisión o error en el diseño hidráulico del puente.
3) Nivel de desplante inadecuado.
4) Avenida máxima.
5) Mala orientación de los apoyos y/o la estructura.

Figura 16. Problema de socavación en estribo

3.3.2 Subestructura

3.3.2.1 Desconches en pilas, estribos o caballetes

Se define como desconche a la pérdida de revestimiento o sección de un elemento estructural de concreto. Es común que en los elementos de concreto se presenten desconches, lo cuales pueden ser desde superficiales hasta severos donde se presenta acero de refuerzo expuesto y dimensiones grandes. De no atenderse estos problemas puede presentarse la corrosión del acero de refuerzo y ocasionar una pérdida en la capacidad de carga del elemento.

Causas probables:

1) Impacto producido por arrastres de la corriente o vehículos.
2) Degradación del concreto por carbonatación.
3) Corrosión del acero de refuerzo.
4) Concreto de mala calidad.

Figura 17. Desconche en cuerpo de pila

3.3.2.2 Grietas y/o fisuras en pilas, estribos o caballetes

Durante las inspecciones es frecuente encontrar grietas o fisuras en los elementos que conforman la subestructura como pueden ser cuerpos de pilas o estribos, cabezales de pilas o caballetes. Es importante que el ingeniero sepa diferenciar si las grietas o fisuras son provocadas por presencia de elementos mecánicos superiores a los resistentes en el elemento (flexión, torsión o cortante), o si son provocadas por otra causa (cambios de temperatura, vicios constructivos, etc.). De encontrarse el primer tipo de grietas será necesario evaluar si las grietas se encuentran activas o no por medio de testigos, así como realizar posteriormente una evaluación de la capacidad de carga del apoyo para determinar si es necesario un reforzamiento o sólo una reparación.

Causas probables:

1) Omisión o error en el diseño del elemento.
2) Paso de cargas superiores a las de diseño.
3) Vicios constructivos (mal curado, mal vibrado, concreto de mala calidad, etc.).
4) Problemas en cimentación.
5) Temperaturas extremas.
6) Daños por raíces de vegetación.

Figura 18. Grietas por cortante en cabezal de pila

3.3.2.3 Acero expuesto

Un deterioro común en la subestructura de los puentes o estructuras similares, es el acero expuesto, este daño al igual que en los desconches provoca que el acero de refuerzo este en contacto con el agua y el oxígeno dando como resultado corrosión. De no atenderse este problema puede intensificarse el problema de corrosión lo que reduce la capacidad del acero de refuerzo, lo que a su vez disminuirá la capacidad de carga del elemento en cuestión.

Causas probables:

1) Falta de recubrimiento.
2) Desconches.
3) Degradación del concreto por carbonatación.
4) Concreto de mala calidad.
5) Concreto apanalado.

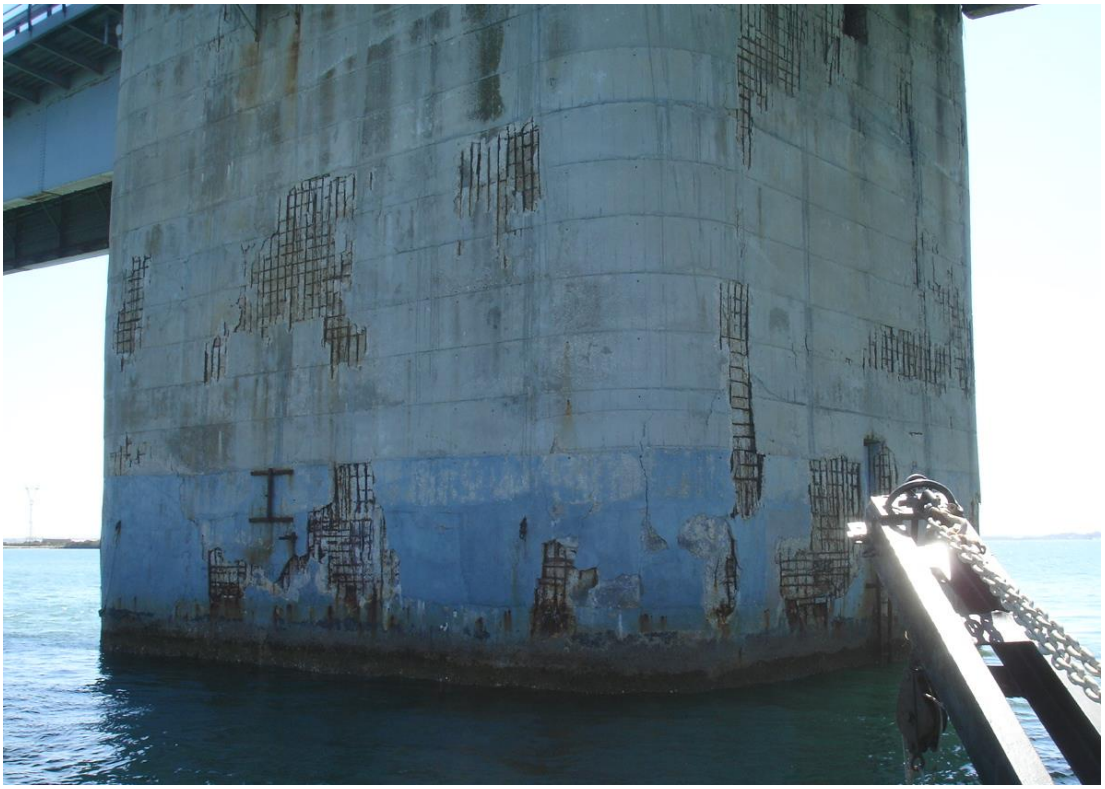

Figura 19.Acero expuesto en pilas

3.3.2.4 Disgregación del concreto en cuerpos de pilas o caballetes

La palabra disgregación proviene etimológicamente del latín “disgregatĭonis”, y alude a la acción de separar las partes que antes eran las constituyentes de una totalidad. Aplicando este concepto en el material, podemos decir que la disgregación del concreto es la separación de los componentes en el interior del concreto. Este problema puede presentarse desde ligeras disgregaciones, hasta abarcar gran parte del volumen del material y debido a que produce una pérdida de sección del mismo es indispensable reparar este deterioro para garantizar el funcionamiento estructural adecuado del elemento dañado.

Se observa comúnmente que los puentes se ven afectados por este proceso, cuando se encuentran bajo la influencia del ambiente cercano a cuerpos de agua, ya que contiene sales disueltas que son agresivas para el acero y el concreto, tales como: Cloruros de sodio, magnesio y potasio; y sulfatos de magnesio, calcio y potasio.

Causas probables:

1) Ataque químico al acero y/o concreto.
2) Mala calidad del concreto.
3) Falta de recubrimiento de protección.

Figura 20. Disgregación de concreto en cuerpo de pila

3.3.2.5 Fisuras o fracturas en topes laterales (topes sísmicos) en subestructuras

Generalmente los topes laterales son pequeños bloques simétricos anclados a cabezal o la corona, que tienen la misión de contener a las trabes de la superestructura, en movimientos horizontales producto de sismos, de ahí que también se les conoce como topes sísmicos.

Este tipo de elementos en ocasiones presenta fisuramientos o fracturas y generalmente son debidas a un movimiento de la superestructura, lo que quiere decir que realizo su función de manera adecuada. Existen otras veces en que se presentan daños en estos topes, pero debido a otros problemas como concretos mala calidad entre otros. Al presentarse este tipo de problemas en los topes es necesario repararlos o sustituirlo, ya que de lo contrario no trabajarán adecuadamente si existiera otro movimiento de la superestructura.

Causas probables:

1) Movimiento de la superestructura producto de un sismo.
2) Mala calidad del concreto.

Figura 21. Fractura en tope lateral

3.3.2.6 Omisión de placas de neopreno amortiguadoras entre el patín de trabes y los topes laterales en subestructuras

Hay una mala práctica de omitir las placas laterales o bien sustituirlas por tablas de madera que no son elásticas como el neopreno, restringiendo los movimientos longitudinales de la superestructura, por temperatura. Otro defecto consiste en que la madera se remoja, se afloja y se sale de su lugar dejando un espacio vacío, que propicia un golpe de la trabe contra el tope cuando llega a presentarse un sismo, causando un deterioro del concreto.

La reparación sería colocar placas de neopreno del tamaño requerido entre el tope y las trabes.

Causas probables:

1) Omisión o error en el proyecto (no se contemplan).
2) Vicios constructivos.

Figura 22. Falta de placa lateral de neopreno entre viga y tope sísmico

3.3.2.7 Bancos de apoyos agrietados

Es común encontrar bancos de apoyo agrietados en las coronas o cabezales, de la subestructura de los puentes. En estos casos normalmente se resuelve escarificando las caras de los bancos, colocando acero adicional del tipo de estribos horizontales, barras verticales y colando con morteros epóxicos.

Causas probables:

1) Omisión o error en el cálculo de los bancos de apoyo.
2) El tamaño de los bancos resultó escaso respecto al tamaño de las placas de apoyo.
3) Mala calidad del concreto.
4) Paso de cargas superiores a las de diseño.

Figura 23. Banco de apoyo agrietado

3.3.2.8 Acumulación de tierra, escombros y/o vegetación en coronas o cabezales

En varias ocasiones suele presentarse en las coronas o cabezales de la subestructura, acumulación de tierra, escombros e incluso vegetación. Esta condición produce humedad en el concreto que puede dar origen a ataques por corrosión en el acero de refuerzo, también puede producir que el dispositivo de apoyo no trabaje adecuadamente, lo que induciría esfuerzo en las vigas

Causas probables:

1) Falta de limpieza por parte de los contratistas cuando se realizan trabajos de sustitución de juntas.
2) Falta de estanqueidad en las juntas de dilatación.
3) Trabajos en los cabezales o coronas de la subestructura.

Figura 24. Acumulación de escombro en cabezal

3.3.2.9 Desplome de cuerpos de pilas, caballetes o estribos

Se le conoce como desplome a la pérdida de verticalidad en un elemento, esta situación puede resultar una de las más críticas en una estructura ya que compromete la capacidad de carga y puede llegar a producir un colapso en la estructura de no atenderse. Cuando los desplomes no son excesivos, pudiera resolverse con trabajos de recimentación de la zapata y renivelación de las coronas de las pilas, caballetes o estribos, mediante bancos de apoyo de peralte variable, para nivelar la superestructura. Aunque las alternativas anteriormente mencionadas son viables en algunos casos, siempre se deberá realizar una evaluación detallada de la situación por parte de ingenieros especialistas.

Causas probables:

1) Omisión o error en el estudio de capacidad de carga del suelo.
2) Omisión o error en el diseño de la cimentación.
3) Socavación en la cimentación.
4) Impacto.
5) Problemas en la construcción del elemento.

Figura 25. Desplome en pila

3.3.2.10 Manchas de escurrimiento

Es frecuente observar manchas en los cabezales, coronas o cuerpos de pilas y estribos de las subestructuras. Estas manchas como tal no son un problema, pero nos dan indicios de que existe alguna deficiencia y que de no corregirse puede deteriorar los elementos produciendo desconches o corrosión en acero de refuerzo. El color de la mancha nos puede dar indicios de otros problemas que se están presentando en el elemento como puede ser manchas cafés producto de óxido en el acero de refuerzo o manchas blancas que nos indican carbonatación y manchas negras de humedad.

Causas probables:

1) Falta de estanqueidad en las juntas de calzada.
2) Falta de extensión de drenes en la superestructura.
3) Infiltración de agua.
4) Mal encauzamiento de escurrimientos en la calzada.

Figura 26. Manchas de escurrimientos en pila

3.3.2.11 Corrosión en subestructuras de acero estructural

Como se mencionó en el apartado 3.2.5 referente a las patologías en el acero, el principal problema en elementos metálicos es la corrosión. Aunque las subestructuras de concreto o mampostería resultan más comunes, también se presentan puentes con elementos metálicos como apoyos. Es importante que aquellas estructuras con subestructura de acero tengan un buen programa de mantenimiento para evitar la corrosión en sus elementos, ya que de presentarse este problema se verá mermada la capacidad de carga del elemento.

Causas probables:

1) Falta de recubrimiento de protección.
2) Acción del agua y oxígeno haciendo contacto con el elemento.
3) Escurrimientos provenientes de la calzada.

Figura 27. Subestructura metálica con problemas de corrosión

3.3.2.12 Acumulación de ramazones y/o basura bajo la estructura

En general es común que en aquellas estructuras que cruzan cuerpos de agua principalmente ríos, se acumulen ramazones, basura o algún elemento proveniente de los arrastres de la corriente. Este problema puede llegar a afectar la capacidad hidráulica del puente y provocar socavación en los apoyos del puente, en estructuras pequeñas puede llegar a ser un problema más grave ya que incluso puede generarse un tapón en la estructura.

Causas probables:

1) Arrastres de la corriente.
2) Vertido de desechos desde la calzada.
3) Escasa longitud entre apoyos.

Figura 28. Acumulación de troncos y ramazones en pilas

3.3.3 Dispositivos de apoyo

Los apoyos son los elementos estructurales que permiten que las cargas de la superestructura se transmitan a la subestructura y éstas a su vez a la cimentación, que finalmente las hace llegar al suelo. Además de esto, dependiendo del tipo de apoyo que se trate, permitirá o restringirá ciertos movimientos de la subestructura. En la medida en que la superestructura es más grande las reacciones son mayores y requieren apoyos más apropiados.

3.3.3.1 Grietas y/o deformaciones en dispositivos de apoyo de neopreno

Los apoyos de placas de neopreno se encuentran anclados por adherencia del neopreno al concreto de los cabezales o coronas y la trabe. Uno de los principales daños que presentan es el agrietamiento y/o las deformaciones, estas pueden llegar a ser desde leves hasta muy severas en donde se expongan las placas de acero del refuerzo.

Causas probables:

1) Exceso de cargas.
2) Recibir esfuerzos no uniformes debido a no trabajar entre planos paralelos de corona - trabe.
3) Envejecimiento del apoyo.
4) Movimientos producidos por fuerzas sísmicas.

Figura 29. Grietas en dispositivo de apoyo de neopreno

3.3.3.2 Deslizamiento en dispositivos de apoyo de neopreno

Otro efecto que se produce en los apoyos de neopreno, es una tendencia a expulsar la placa de neopreno de su posición original, este tipo de problemas puede llegar a ser grave si no se detecta y atiente. Puede solucionarse, colocando en el extremo inferior de la trabe, un pequeño zoclo que garantice que su apoyo sobre la placa, va a ser en un plano horizontal.

Causas probables:

1) Diferencia de esfuerzos en la placa.
2) Falla en el diseño del apoyo.
3) Movimientos producidos por fuerzas sísmicas.

Figura 30. Problema de expulsión de placa de neopreno

3.3.3.3 Corrosión en dispositivos de apoyo metálicos

Los apoyos conformados por elementos metálicos, al igual que todos los elementos de su clase, sufren el problema de la corrosión. Los problemas que puede traer consigo esta situación es, la pérdida de anclaje del apoyo con la corona, cabezal o la trabe, situación que se da principalmente en apoyos de tipo fijo. En apoyos móviles se puede presentar que las placas, rodillos o articulaciones, se queden pegadas por la corrosión y pierdan su funcionalidad. Los apoyos tipo cazoleta también sufren de este problema de corrosión por lo que se les debe dar una protección anticorrosiva cada determinado tiempo.

Causas probables:

1) Falta de recubrimiento de protección.
2) Acción del agua y oxígeno haciendo contacto con el elemento.
3) Escurrimientos provenientes de la calzada.

Figura 31. Apoyo de acero con problema de corrosión

3.3.3.4 Fractura en dispositivos de apoyo metálicos

Otro deterioro que puede surgir en los apoyos metálicos es la fractura de una o varias placas que conforman al elemento. Dependiendo de la cantidad de apoyos que tenga la estructura, así como el tamaño y posición de la fractura, puede presentar una falla importante, ya que puede sufrir deslizamientos o movimientos indeseables que pueden dañar otros elementos de la estructura.

Causas probables:

1) Paso de cargas superiores a las de diseño.
2) Movimientos producidos por fuerzas sísmicas.
3) Corrosión en los elementos.
4) Movimientos de la superestructura no considerados.

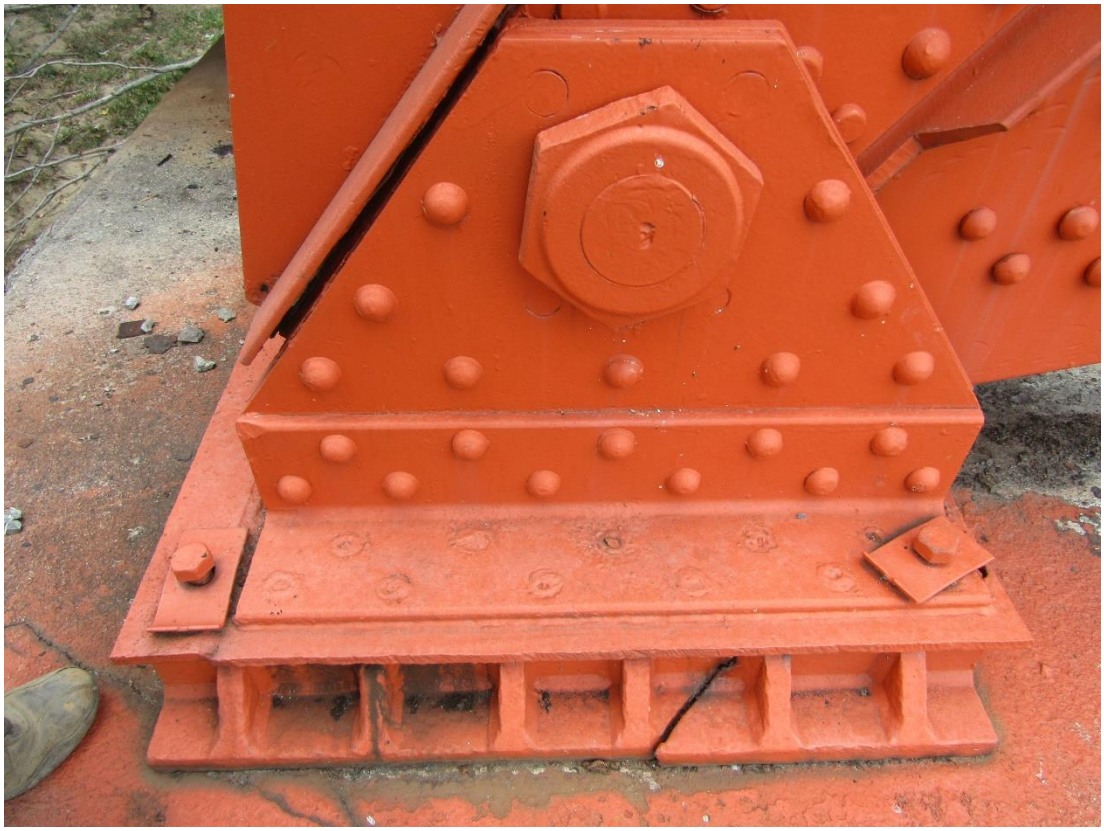

Figura 32. Fractura en apoyo de acero

3.3.3.5 Ruptura o deformación de pernos de anclaje en apoyos

El perno de anclaje es una pieza de metal comúnmente enroscado y ubicado con una tuerca y una arandela en un extremo. Se utiliza para asegurar en posición fija el apoyo del puente sobre la estructura. Estos a menudo pueden sufrir deformaciones e incluso rupturas debido a algún movimiento de la superestructura o subestructura.

Causas probables:

1) Omisión o error en el diseño o selección de los pernos o dispositivo de apoyo.
2) Asentamientos de la subestructura.
3) Movimientos de la superestructura.
4) Movimientos producidos por fuerzas sísmicas.

Figura 33. Deformación del perno de anclaje

3.3.3.6 Deformación de dispositivos de apoyo metálicos

Al igual que los pernos en ocasiones los dispositivos de apoyo metálicos pueden sufrir deformaciones debido a algún movimiento de la superestructura o subestructura, se debe valorar el grado de deformación del apoyo ya que este puede variar de una ligera deformación a un apoyo considerablemente deformado y que se deberá remplazar.

Causas probables:

1) Omisión o error en el diseño o selección del dispositivo de apoyo.
2) Asentamientos de la subestructura.
3) Movimientos de la superestructura.
4) Movimientos producidos por fuerzas sísmicas.

Figura 34. Deformación severa de apoyo tipo mecedora

3.3.3.7 Expulsión o deterioro en teflón en apoyos tipo cazoleta

Los apoyos tipo cazoleta móviles, se sujetan por medio de anclas mecánicas a la corona y trabe. Este apoyo se forma de tres placas, las dos primeras semejantes a las del fijo y una tercera superior que va fijada a la trabe con anclas mecánicas. En la cara superior de la placa intermedia se pega con resina una placa de teflón. En la cara inferior de la placa superior se suelda una lámina de acero inoxidable, en cuya cara va a deslizar la de teflón. Este apoyo se considera que falla cuando el giro relativo entre la cara inferior y la intermedia rebasa un giro superior a 1°, lo que ocasiona que el teflón se deteriora porque la placa intermedia empieza a rayarlo y/o a expulsarlo, lo que tendrá como consecuencia que el apoyo deje de funcionar adecuadamente, debido a que perderá parte de su capacidad de deslizamiento.

Causas probables:

1) Selección inadecuada del tipo de apoyo.
2) Giros superiores a 1° en la superestructura.
3) Vicios constructivos.

Figura 35. Problema de expulsión de teflón en apoyo tipo cazoleta

3.3.3.8 Obstrucción de los dispositivos de apoyo

Una situación común que se presenta en los dispositivos de apoyo, es la obstrucción de estos, por objetos como madera, escombros o concreto. Aunque este no es un daño relevante, es conveniente corregirlo para que la estructura trabaje adecuadamente, ya que estas obstrucciones pueden restringir los movimientos de la estructura.

Causas probables:

1) Vicios constructivos.
2) Falta de supervisión.
3) Trabajos de reparación en la superestructura.

Figura 36. Obstrucción con madera en apoyos de neopreno

3.3.3.9 Vicios de construcción en la colocación de dispositivos de apoyo

Una mala práctica muy común de las empresas constructoras en los puentes o estructuras similares, es la omisión o sustitución de los dispositivos de apoyo por bloques de madera. Este problema es importante corregirlo debido a que la madera no posee las propiedades mecánicas del neopreno y provoca que la estructura trabaje de manera deficiente, produciendo inclusive, un desplazamiento de la superestructura.

Causas probables:

1) Vicios de construcción.
2) Falta de supervisión.

Figura 37. Bloques de madera sustituyendo los apoyos de neopreno

3.3.4 Superestructura

3.3.4.1 Desconches en superestructura

Como se mencionó en el apartado referente a la subestructura, se le conoce como desconche a la pérdida de revestimiento o sección de un elemento estructural de concreto. Algunos de los daños más frecuentes en las trabes son los desconches, estos pueden ser de dimensiones y profundidades pequeñas los cuales, se pueden solucionar con un simple resane, hasta desconches severos en donde se encuentra acero o presfuerzo expuesto y donde se deberá que analizar una propuesta de solución más elaborada considerando la capacidad de carga del elemento. De no atenderse estos problemas puede presentarse la corrosión del acero de refuerzo y ocasionar una pérdida en la capacidad de carga del elemento.

Causas probables:

1) Impacto producido por arrastres de la corriente o vehículos.
2) Degradación del concreto por carbonatación.
3) Corrosión del acero de refuerzo.
4) Concreto de mala calidad.

Figura 38. Desconche con acero expuesto

3.3.4.2 Grietas y/o fisuras en trabes o vigas de concreto

Como se mencionó en el apartado 3.2.3 referente a las patologías en el concreto, un problema frecuente es la presencia de grietas y/o fisuras. Las trabes o vigas no son la excepción, ya que es común observar estos problemas. Es importante que se determine el patrón que siguen las grietas o fisuras, ya que de esta forma se podrá determinar si se debe poner atención especial o no. Grietas o fisuras diagonales ubicadas en los extremos de la viga nos indicarán un problema de cortante, si estas se encuentran de forma vertical en el centro de claro, se puede suponer que son producidas por la flexión. En cambio, si las grietas o fisuras no tienen un patrón definido se podrá suponer que son producidas por cambios de temperatura, húmedas u otra causa.

De encontrarse los dos primeros tipos de grietas será necesario evaluar si las grietas se encuentran activas o no por medio de testigos, así como realizar posteriormente una evaluación de la capacidad de carga del elemento para determinar si es necesario un reforzamiento o sólo una reparación.

Causas probables:

1) Omisión o error en el diseño del elemento.
2) Paso de cargas superiores a las de diseño.
3) Vicios constructivos (mal curado, mal vibrado, concreto de mala calidad, etc.).
4) Temperaturas extremas.
5) Daños por raíces de vegetación.

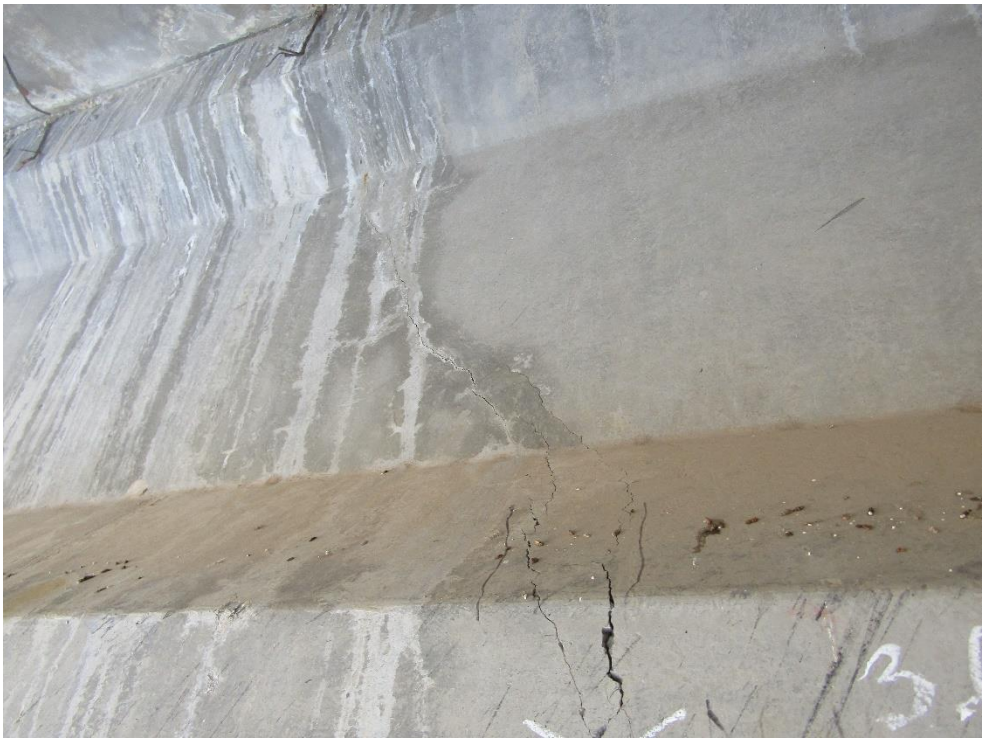

Figura 39. Grieta por cortante en trabe

3.3.4.3 Grietas y/o fisuras en losas

Las grietas en el concreto es el indicativo más fiable de futuros problemas en el elemento, por lo tanto, es importante determinar su causa. Las grietas en una dirección son fisuras lineales en el concreto causadas en muchos casos por los esfuerzos debido a la carga viva y muerta, mientras que las grietas en dos direcciones su principal causa es la fatiga por la repetición de carga viva. Es importante revisar el ancho y distancia entre grietas para determinar el grado de severidad del deterioro.

Al igual que en el elemento anterior, será necesario evaluar si las grietas se encuentran activas o no por medio de testigos, así como realizar posteriormente una evaluación de la capacidad de carga de la losa para determinar si es necesario un reforzamiento o sólo una reparación.

Causas probables:

1) Omisión o error en el diseño del elemento.
2) Paso de cargas superiores a las de diseño.
3) Vicios constructivos (mal curado, mal vibrado, concreto de mala calidad, etc.).
4) Temperaturas extremas.
5) Tránsito intenso sobre la estructura.

Figura 40. Grieta unidireccional (flexión) en losa

3.3.4.4 Fractura en losas

Uno de los daños que se puede llegar a presentar en las losas es la fractura de la misma, esto puede ser en una zona localizada o en una superficie mayor, lo cual dependerá de la causa que lo genere, aunque la principal causa de este problema ocurre por insuficiencia en la capacidad de carga debida a un diseño inadecuado, no necesariamente se deben a este motivo. Es importante que se registren las dimensiones de la fractura y se realice un análisis de la capacidad de carga del elemento con el fin de determinar si la falla es debida al diseño inadecuado u otro motivo. El determinar la capacidad de carga del elemento cuando se presentan estos deterioros será indispensable para la toma de decisiones en cuanto al mantenimiento de la estructura.

Causas probables:

1) Omisión o error en el diseño del elemento.
2) Paso de cargas superiores a las de diseño.
3) Vicios constructivos (mal curado, mal vibrado, concreto de mala calidad, etc.).
4) Tránsito intenso sobre la estructura.

Figura 41. Grieta unidireccional (flexión) en losa

3.3.4.5 Acero expuesto

Otro deterioro común en los elementos de concreto, es el acero expuesto, este daño al igual que en los desconches provoca que el acero de refuerzo este en contacto con el agua y el oxígeno dando como resultado corrosión. De no atenderse este problema puede intensificarse el problema de corrosión lo que reduce la capacidad del acero de refuerzo, lo que a su vez disminuirá la capacidad de carga del elemento en cuestión. Es frecuente que se presente este problema en las trabes o losa.

Causas probables:

1) Falta de recubrimiento.
2) Desconches.
3) Degradación del concreto por carbonatación.
4) Concreto de mala calidad.
5) Concreto apanalado.

Figura 42. Acero expuesto por concreto apanalado en trabe

3.3.4.6 Eflorescencia en la losa de concreto

La eflorescencia es una mancha blanca que se forma en el concreto por causa del cloruro de calcio que es traído a la superficie del concreto por el agua. La eflorescencia indica que las grietas son profundas y que han penetrado a través de la losa. Este deterioro lo podemos apreciar en diferentes grados desde pequeñas manchas blancas en la superficie del concreto hasta estalactitas en muchos lugares formadas por los cloruros de calcio.

Causas probables:

1) Grietas en la losa.
2) Alta presencia de humedad.

Figura 43. Estalactitas formadas por eflorescencia

3.3.4.7 Corrosión en trabes, diafragmas, piezas de puente, largueros de acero estructural, placas de sistema de piso ortotrópico o perfiles que conforman armaduras

Como se ha venido mencionando, los elementos de acero estructural traen consigo problemas de corrosión. Los elementos de la superestructura como trabes, diafragmas, piezas de puente, largueros de acero estructural o perfiles que conforman armaduras, no son la excepción y están expuestos a este problema, ya que la capacidad de carga de estos elementos es directamente proporcional al área de acero que poseen, la corrosión es un problema importante que, si no es atendido, puede producir pérdidas de sección en los elementos dando como resultado, la disminución en la capacidad de carga del elemento afectado. Al igual que en todos los elementos de acero estructural un programa de mantenimiento para proporcionar una protección anticorrosiva cada determinado tiempo resulta de gran importancia.

Causas probables:

1) Falta de recubrimiento de protección.
2) Acción del agua y oxígeno haciendo contacto con el elemento.
3) Mal encausamiento de escurrimientos.

Figura 44. Pérdida de sección por corrosión en patín superior de pieza puente

3.3.4.8 Grietas en vigas de acero estructural

En algunas ocasiones existen grietas en los elementos metálicos las cuales suelen ser producidas por la fatiga del elemento debido a cargas cíclicas intensas, y si además el elemento está expuesto a la corrosión, es más propenso a sufrir este deterioro. También se pueden producir por tensión cuando existen cargas sostenidas en la estructura. Es importante determinar la separación de la grieta, así como su longitud, para posteriormente poder realizar un proyecto de reparación o de reforzamiento del elemento.

Causas probables:

1) Fatiga del material.
2) Tensiones sostenidas en la estructura.
3) Corrosión.

Figura 45. Grieta en viga de acero

3.3.4.9 Pandeo en trabes de acero estructural

Como las trabes metálicas de los puentes o estructuras similares resultan ser elementos esbeltos, son muy susceptibles al fenómeno de pandeo. Este fenómeno se presenta cuando las trabes se encuentran bajo la acción de cargas de compresión. Existen distintos tipos y niveles de pandeo los cuales pueden ser pandeos locales en el alma o los patines o en un caso más grave se pudiera presentar un pandeo lateral torsional.

El principal problema del pandeo es, que de presentarse esta situación puede producir inestabilidad elástica y entonces fácilmente la deformación aumentará produciendo tensiones adicionales que superarán la tensión de rotura, provocando la posible falla del elemento estructural. Es posible evitar la evolución del deterioro reforzándolo con atiesadores horizontales o verticales en el alma o con cubre placas en los patines.

Causas probables:

1) Omisión o error en el diseño estructural del elemento.
2) Paso de cargas excesivas.
3) Reforzamiento mal evaluado (presfuerzo externo).

Figura 46. Pandeo en el alma y patín de trabe

3.3.4.10 Relación de esbeltez de trabes o miembros de armaduras

Otro defecto encontrado en las estructuras metálicas es que en ocasiones los elementos que las conforman están fuera de especificación, respecto a la esbeltez del elemento. Esta condición hace al elemento más susceptible a sufrir pandeo. Aunque en estos casos puede que no se haya presentado algún problema, será necesario reforzar el elemento, esto puede hacerse aumentando la rigidez del elemento por ejemplo empleando un elemento longitudinal con cierta rigidez horizontal, soldado a la parte media de la longitud original de los miembros del alma, para disminuir la relación de esbeltez a la mitad, y evitar que con el viento los elementos vibren excesivamente.

Causas probables:

1) Omisión o error en el diseño estructural del elemento.
2) Construcción inadecuada del elemento.

Figura 47. Elemento esbelto fallado

3.3.4.11 Deterioro de la protección anticorrosiva de superestructuras de acero

Al ser un recubrimiento superficial la protección anticorrosiva, es común que se deteriore por acción de la intemperie o por envejecimiento de la misma. Estas acciones ocasionan que la pintura se desprenda, dejando el acero expuesto a la corrosión. Es importante que toda la superestructura de acero se conserve protegida, pues se debe tener la sección completa (sin pérdida de sección por corrosión) para que la estructura trabaje estructuralmente de manera eficiente.

Causas probables:

1) Intemperismo.
2) Envejecimiento del producto.
3) Mala ejecución de los trabajos.
4) Superficies irregulares.
5) Mala calidad en la protección.

Figura 48. Deterioro de la protección anticorrosiva en elementos de acero

3.3.4.12 Pérdida de pernos o remaches en elementos de la superestructura

Los miembros de los puentes de acero están conectados por soldadura, pernos y remaches. La fatiga puede causar pérdida de pernos o remaches. Los pernos o los remaches en la conexión de los miembros deberán ser verificada cuidadosamente y el número de pernos o remaches faltante deberá ser registrado. Es importante resolver este problema, ya que de lo contrario no se puede garantizar que los elementos conectados transfieran los elementos mecánicos adecuadamente, se pueden generar esfuerzos adicionales o se puede producir la falla de la conexión.

Causas probables:

1) Corrosión de los pernos o remaches.
2) Fatiga de los pernos o remaches.
3) Vicios constructivos (nunca se colocaron).

Figura 49. Falta de remache en conexion de vigas

3.3.4.13 Deterioro de los tirantes de un puente atirantado

Los puntos clave que generalmente presentan daños en los tirantes, son: sus anclajes superior e inferior que pueden presentar fisuras o corrosión en los tirantes; los candados de las cuñas de anclaje, en ocasiones se deterioran y pueden perder su función lo que ocasionaría pérdidas de tensión o que el cable se desprendiera; el ducto de protección de los tirantes, estos suelen ser vandalizados o se destruyen y exponen el cable a la corrosión.

Causas probables:

1) Intemperismo.
2) Paso de cargas excesivas.
3) Vandalismo.
4) Diseño inadecuado de la estructura.
5) Mala calidad en los materiales.
6) Fin del tiempo de vida útil de los tirantes.

Figura 50. Deterioro en tirantes de un puente.

3.3.4.14 Tensión de los tirantes de un puente atirantado

Es conveniente que los tirantes mantengan la carga del proyecto, ya que eso garantiza que la estructura esté funcionando correctamente. Periódicamente se debe verificar las tensiones de los tirantes (Pesaje de los Tirantes). En ocasiones es complicado detectar esta situación, pero cuando ya tiene cierto avance se puede observar que el tirante se encuentra colgado o deformado. En casos extremos se presenta la falla de los dispositivos de anclaje.

Causas probables:

1) Intemperismo.
2) Paso de cargas excesivas.
3) Vandalismo.
4) Diseño inadecuado de la estructura.
5) Mala calidad en los materiales.
6) Fin del tiempo de vida útil de los tirantes.

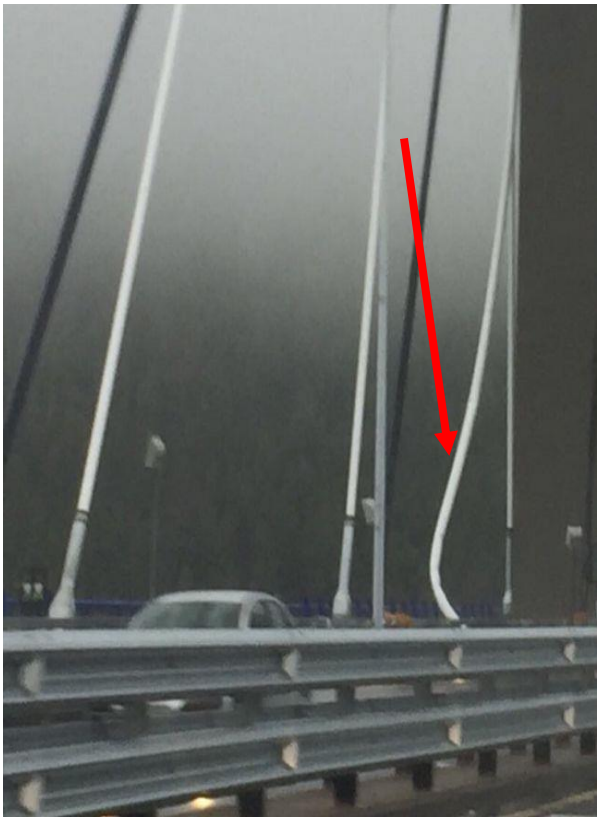

Figura 51-A. Cable con falta de tension.

Figura 51-B Falla del dispositivo de anclaje,

3.3.4.15 Cables fallados de trabes reforzadas con presfuerzo externo

Esta falla es común encontrarla en estructuras en donde el presfuerzo externo tiene algunos años de haberse colocado. Se puede detectar la falla de los cables de varias formas, una de ellas puede ser cuando los ductos de presfuerzo se observan deformados lo cual nos indica que existe uno o varios torones fallados y de forma más obvia es cuando se encuentra los cables de presfuerzo totalmente rotos. Este problema se puede resolver reponiendo los cables fallados.

Causas probables:

1) Intemperismo.
2) Un deficiente inyectado de cables exteriores de presfuerzo.
3) Paso de cargas excesivas.
4) Vandalismo.
5) Diseño inadecuado de la estructura.
6) Mala calidad en los materiales.
7) Fin del tiempo de vida útil de los cables.

Figura 52. Cable de presfuerzo externo fallado

3.3.4.16 Falta o falla de soldadura en conexiones

La falta de soldadura se puede presentar en cualquier elemento, pero es más común que se presente en las conexiones, ya que en estas suelen unirse los elementos y por ello, se presentan movimientos o giros los cuales son absorbidos por la soldadura. Esta falla por fatiga, para garantizar el correcto funcionamiento de la estructura como conjunto, se deberán reponer las zonas con soldadura dañada o faltante.

Causas probables:

1) Intemperismo.
2) Mala ejecución de los trabajos.
3) Fatiga del material.
4) Diseño inadecuado de la estructura.
5) Mala calidad en los materiales.

Figura 53. Falla en soldadura de conexión de contraventeo

3.3.5 Superficie de rodamiento

Los deterioros que presenta la superficie de rodamiento disminuyen el nivel de servicio de esa estructura; ocasionando una disminución en la seguridad vial y el confort del usuario; frecuentemente corresponden a defectos constructivos y difícilmente pueden clasificarse como deterioros.

Sin embargo, atendiendo al hecho de que habrán de ser corregidos mediante labores de mantenimiento o conservación, en el presente Catálogo se han incluido como deterioros. Adicionalmente puede tomarse en cuenta que tales defectos pueden sufrir un deterioro gradual con el paso de los vehículos y convertirse así en verdaderos deterioros de la superficie de rodamiento.

3.3.5.1 Baches en carpeta asfáltica

Los baches se pueden definir como oquedades de varios tamaños en la capa de rodamiento formados por desprendimiento o desintegración inicial. Cuando se forman por desprendimiento inicial de los agregados, el paso de los vehículos va formando oquedades.

Causas probables:

1) Mal diseño de la mezcla asfáltica.
2) Espesor deficiente.
3) Drenaje deficiente.
4) Cargas reales superiores a las de diseño.
5) Baja densificación de la carpeta asfáltica.

Figura 54. Bache en carpeta asfáltica

3.3.5.2 Identación

El encajamiento de objetos duros en la superficie de rodamiento dejando marcas o desgaste localizado en la superficie del pavimento se le conoce como identación.

Causas probables:

1) Huellas de tractores o equipo pesado de construcción.
2) Ponchadura de llantas de vehículos pesados.
3) Accidentes de tránsito.
4) Caída de objetos de los vehículos que transitan.

Figura 55. Identación por equipo pesado de construcción

3.3.5.3 Desprendimiento de agregados

Pequeñas depresiones en forma de cráter, por separación de los agregados gruesos de la carpeta asfáltica, dejando huecos en la superficie de rodamiento. Estos daños con el paso de las cargas evolucionarán hasta convertirse en baches.

Causas probables:

1) Falta de afinidad con el material asfaltico.
2) Inadecuado control de temperatura en su mezclado y aplicación.
3) Agregado contaminado (con polvo adherido).
4) Mala densificación de la carpeta asfáltica.
5) Presencia de agua en la mezcla asfáltica (lluvia).
6) Asfalto inadecuado.

Figura 56.Desprendimiento de agregados en carpeta asfáltica

3.3.5.4 Pulido de la superficie de rodamiento

Se le conoce de esta forma al desgaste acelerado en la superficie de la capa de rodamiento produciendo áreas lisas. Esta situación propicia la reducción del coeficiente de fricción de la rueda de los vehículos con la superficie de rodamiento lo que puede producir accidentes, en especial en la época de lluvias.

Causas probables:

1) Tránsito intenso.
2) Agregado grueso de la carpeta con baja resistencia al desgaste.
3) Mezclas con deficiente granulometría .
4) Mala selección del material pétreo.
5) Hundimiento de agregado grueso en el cuerpo de la carpeta.
6) Utilización de materiales pétreos de baja densidad.
7) Mala densificación de la carpeta asfáltica.
8) Compactación inadecuada.

Figura 57. Pulido de la superficie de rodamiento

3.3.5.5 Desintegración de la carpeta asfáltica

Deterioro grave de la carpeta asfáltica en pequeños fragmentos con pérdida progresiva de materiales que la componen.

Causas probables:

1) Fin de la vida útil de la carpeta asfáltica.
2) Acción de tránsito intenso y pesado.
3) Tendido de la carpeta en climas fríos o húmedos.
4) Agregados contaminados.
5) Asfalto con envejecimiento prematuro.
6) Sobrecalentamiento de la mezcla asfáltica en su producción.
7) Acción de heladas o hielo.
8) Contaminación de solventes.
9) Envejecimiento y fatiga.
10) Mal control de temperaturas de tendido y compactación.

Figura 58. Desintegración del asfalto

3.3.5.6 Desprendimiento de material pétreo en la capa de rodadura.

Desintegración parcial o zonificada de la superficie de rodamiento; cuando ésta se forma por una capa de rodadura, el agregado tiende a desprenderse dejando zonas expuestas.

Causas probables:

1) Deficiente dosificación del ligante(sello de liga).
2) Mala calidad del material ligante (sello de liga).
3) Materiales pétreos y asfálticos no compatibles.
4) Espesor insuficiente.
5) Ejecución de los trabajos en malas condiciones de clima o exceso de agua en la capa que se coloca.
6) Mala selección del material asfáltico.
7) Mala compactación.
8) Puesta en servicio antes de garantizar fraguado del material.
9) Aplicación del ligante inadecuado.

Figura 59. Desprendimiento de sello de carpeta asfáltica

3.3.5.7 Roderas o canalizaciones

Asentamiento o deformación permanente de la carpeta asfáltica en el sentido longitudinal debajo de las huellas o rodadas de los vehículos.

Causas probables:

1) Selección de asfalto inadecuada.
2) Carpeta mal compactada.
3) Exceso de asfalto.
4) Mala selección del material pétreo.
5) Granulometría inadecuada.
6) Baja velocidad de circulación de vehículos de carga.

Figura 60. Roderas en carpeta asfáltica

3.3.5.8 Grietas finas

Pequeñas fisuras superficiales muy próximas la una con la otra, ya que no conforman un patrón regular y se extienden a cierta profundidad, pero no al espesor total de la carpeta.

Causas probables:

1) Envejecimiento de la carpeta asfáltica.
2) Oxidación del asfalto.
3) Mala dosificación de asfalto.
4) Exceso de finos en carpeta asfáltica.
5) Compactación efectuada con mezcla muy calientes.
6) Cargas superiores a las de diseño.

Figura 61. Grietas finas en asfalto

3.3.5.9 Agrietamiento piel cocodrilo

Fisuras en la superficie de la carpeta asfáltica, formando un patrón regular con polígonos hasta de 20 cm. Grietas interconectadas formando pequeños polígonos que asemejan la piel de un cocodrilo.

Causas probables:

1) Inadecuada selección del asfalto.
2) Cargas reales superiores a las de diseño.
3) Drenaje inadecuado.
4) Mala densificación.
5) Asfalto envejecido prematuramente.
6) Escasez de espesor de la carpeta.
7) Evolución progresiva de agrietamiento tipo mapa.

Figura 62. Agrietamiento piel de cocodrilo en asfalto

3.3.5.10 Agrietamiento tipo mapa

Forma de desintegración de la superficie de rodamiento, en la cual el agrietamiento se desarrolla en un patrón semejante a las subdivisiones políticas de un mapa, con polígonos mayores a los 20 cm.

Causas probables:

1) Espesor escaso de la carpeta.
2) Inadecuada selección del asfalto.
3) Cargas reales superiores a las de diseño.
4) Drenaje inadecuado.
5) Mala densificación.
6) Asfalto envejecido prematuramente.

Figura 63. Agrietamiento tipo mapa en asfalto

3.3.5.11 Exceso de espesor de la carpeta asfáltica

En ocasiones se puede observar en puentes provistos de carpeta asfáltica como superficie de rodamiento que, cuando se realiza un reencarpetamiento del camino, no se respeta el espesor de carpeta del puente y de esa manera se va incrementando el espesor de la carpeta de mismo, llegando en casos críticos a tener carpetas de 25 o 30 cm sobre el puente, ocasionando sobrecargas permanentes. También se puede apreciar el espesor excedente como protuberancias en la superficie de rodamiento.

Causas probables:

1) Falta de comunicación con el pavimentador.
2) Falta de supervisión en los trabajos.
3) Errores de proyecto.

Figura 64. Exceso de asfalto causando una protuberancia

3.3.5.12 Baches con o sin acero de refuerzo expuesto en losas del sistema de piso

Al igual que en el caso de las superficies de rodamiento a base de concreto asfáltico, las superficies de rodamiento de concreto hidráulico presentan baches que son oquedades de varios tamaños en la capa de rodamiento formados por desprendimiento o desintegración inicial. Cuando se forman por desprendimiento inicial de los agregados, el paso de los vehículos va formando oquedades. La mayor diferencia entre los baches que se presentan en las superficies de rodamiento de concreto hidráulico, es que estos pueden presentar acero expuesto y el procedimiento de reparación deberá ser diferente.

Causas probables:

1) Contaminación del concreto.
2) Concreto de mala calidad o resistencia inadecuada.
3) Desintegración localizada por tránsito.
4) Impacto producido por algún objeto y/o vehículo.
5) Mal vibrado del concreto.
6) Presencia de arcillas o cal viva.
7) Mezcla de concreto no homogénea.

Figura 65. Bache en superficie de concreto hidráulico con acero expuesto

3.3.5.13 Grietas en losas del sistema de piso

Son aberturas que se presentan en la superficie de rodamiento estas pueden ser transversales o longitudinales y aunque estas en si no generan un problema, son indicativos de que se está deteriorando y que de no hacer nada al respecto, este problema puede evolucionar y generar otros problemas más severos.

Causas probables:

1) Longitudes muy grandes entre juntas.
2) Juntas de contracción obstruidas.
3) Espesor insuficiente.
4) Paso de cargas excesivas.
5) Cambios de temperatura muy grandes.
6) Concreto de baja resistencia,

Figura 66. Grietas en superficie de rodamiento de concreto hidráulico

3.3.5.14 Fisuramiento por retracción (tipo malla)

Grietas capilares (fisuras) limitadas sólo a la superficie. Frecuentemente, las fisuras de mayores dimensiones se orientan en sentido longitudinal y se encuentran interconectadas por fisuras más finas distribuidas en forma aleatoria.

Causas probables:

1) Mal curado del concreto.
2) Cambios de temperatura.
3) Mala calidad de los materiales.
4) Exceso de manipulación superficial o de adición de agua durante el terminado de la superficie.

Figura 67. Fisuras en superficie de concreto hidráulico

3.3.5.15 Desintegración en losas del sistema de piso

Se trata de la desintegración progresiva de la superficie, perdiéndose primero la textura y luego el mortero, quedando el agregado grueso expuesto.

Causas probables:

1) Concreto con exceso de mortero.
2) Concreto mal dosificado.
3) Ciclos de hielo-deshielo.
4) Curado inapropiado.
5) Acción del tránsito.
6) Presencia de vacíos entre la losa y la superficie.

Figura 68. Disgregación leve de concreto en superficie de concreto hidráulico

3.3.5.16 Fragmentación múltiple en losas del sistema de piso

Se presenta en áreas grandes donde se observan múltiples grietas abiertas que dan origen a numerosos trozos separados.

Causas probables:

1) Etapa avanzada de grietas o fisuramiento.
2) Paso de cargas excesivas.
3) Tránsito intenso.
4) Resistencia inadecuada del concreto.

Figura 69. Fragmentación múltiple de concreto hidráulico

3.3.5.17 Juntas de dilatación cubiertas por concreto asfaltico.

Una situación común en las juntas de dilatación, es que estas se encuentren cubiertas por concreto asfaltico. Esta condición obstruye la junta impidiendo que se desplace adecuadamente y pudiendo ocasionar daño en la misma, además de que el asfalto sobre la junta se ira deteriorando rápidamente debido a que estará sujeto a movimientos, lo cual dará como resultado que la superficie de rodamiento no sea cómoda para el usuario.

Causas probables:

1) Falta de coordinación con el pavimentador.
2) Falta de supervisión en los trabajos.

Figura 70. Junta de dilatación obstruida por asfalto

3.3.5.18 Desprendimiento o ruptura de sello en juntas de dilatación

Dependiendo del tipo de junta que se tenga en la estructura, esta pude presentar el desprendimiento o la ruptura del sello de neopreno. Este problema ocasiona además de una transición brusca e incómoda para el usuario también la falta de estanqueidad, que puede dar como consecuencia problemas de escurrimientos en la subestructura.

Causas probables:

1) Tránsito intenso.
2) Fin de la vida útil de la junta.
3) Junta de dilatación inadecuada.
4) Movimientos de la superestructura mayores a los esperados.
5) Mala ejecución de los trabajos.

Figura 71. Junta de dilatación con sello roto

3.3.5.19 Juntas de dilatación destruidas

En ocasiones las juntas presentan daños severos, en donde además de que el sello se encuentra en mal estado, también las zonas aledañas a la junta, así como parte los elementos que la integran. En estas situaciones inclusive parte de la losa puede estar dañada. Será necesario cambiar la junta, así como realizar el proyecto pertinente para su correcta ejecución.

Causas probables:

1) Tránsito intenso.
2) Junta de dilatación inadecuada.
3) Movimientos de la superestructura mayores a los esperados.
4) Mala ejecución de los trabajos.
5) Falta de mantenimiento en periodos muy largos.

Figura 72. Junta de dilatación destruida

3.3.5.20 Soladura incorrecta en juntas de dilatación

Una situación recurrente en las juntas de dilatación metálicas (dentadas o de placas), es que por desconocimiento o por falta de supervisión se llegan a soldar los elementos, lo cual es un problema debido a que el desplazamiento de la estructura es mayor al que se está permitiendo. Esta situación puede generar problemas de daños o deformaciones en la superficie de rodamiento aledaña a la junta.

Causas probables:

1) Mala ejecución de los trabajos.
2) Falta de supervisión.
3) Errores en proyecto.

Figura 73. Junta de dilatación dentada con soldadura en una de sus secciones

3.3.5.21 Falta de módulos juntas de dilatación

Se puede observar en algunos puentes que poseen juntas que constructivamente se componen de módulos de cierta longitud, que existen faltantes en estos módulos lo que da como resultado una superficie de rodamiento incómoda para los usuarios, falta de estanqueidad y que además puede dar origen a un problema como desconches o baches por la acción de los neumáticos de los automóviles en el concreto.

Causas probables:

1) Transito intenso.
2) Mala ejecución de los trabajos.
3) Vandalismo.

Figura 74. Falta de secciones o modulos en la junta de dilatación

3.3.6 Drenaje

Una parte importante en el funcionamiento de una estructura tipo puente o similar, es el drenaje, este además de ayudar a proporcionar un servicio adecuado a los usuarios también ayuda a desalojar el agua de manera adecuada evitando alguna afectación a la estructura. Los problemas principales de los sistemas de drenaje de las estructuras se resumen a continuación:

3.3.6.1 Drenes azolvados y/o tapados por asfalto

Una situación bastante observada en los puentes es que los drenes se encuentren azolvados por acumulación de basura, tierra y/o vegetación o inclusive se encuentren tapados por asfalto. Esta condición provoca que la calzada no tenga un drenaje adecuado, produciendo encharcamientos y con el tiempo pueden ocasionar otros deterioros por los escurrimientos que produce.

Causas probables:

1) Falta de supervisión en los trabajos de reencarpetado.
2) Basura y tierra en la calzada.
3) Falta de mantenimiento menor a la estructura.

Figura 75. Drenes azolvados por basura y tierra

3.3.6.2 Falta de extensión de drenes

Otro deterioro frecuente en los drenes es que estos pierdan su extensión o carezcan de ella desde la construcción del mismo, lo cual repercute en los elementos de la subestructura y el lecho inferior de la superestructura, ya que están expuestos a los escurrimientos provenientes de la calzada y lo cual con el tiempo puede deteriorar dichos elementos. Por tales motivos es conveniente reponer las extensiones, lo cual es un trabajo de mantenimiento menor.

Causas probables:

1) Falta de supervisión en los trabajos construcción.
2) Envejecimiento del pegamento.
3) Vandalismo.
4) Vegetación creciente.

Figura 76. Falta de extensión de drenes

3.3.6.3 Drenes mal ubicados

Hay situaciones en donde los drenes se encuentran ubicados sobre los elementos de la subestructura, esto se da principalmente en puentes continuos. Esta situación puede provocarle daños por escurrimientos a la subestructura, es recomendable canalizar los drenes para que no descarguen directamente en la subestructura con el fin de evitar algún deterioro en el elemento.

Causas probables:

1) Falta de supervisión en los trabajos construcción.
2) Errores en el proyecto.

Figura 77. Drenes mal ubicados

3.3.6.4 Lavaderos destruidos

Un deterioro frecuente en los sistemas de drenaje del puente es que los lavaderos se encuentren destruidos, este problema si bien no afecta a la estructura como tal, puede traer consigo erosiones en los terraplenes de acceso de la estructura, lo cual pudiera llegar a afectar el funcionamiento de la estructura.

Causas probables:

1) Deformaciones o erosión del terreno.
2) Velocidades de la corriente altas.
3) Arrastres de objetos pesados en los escurrimientos.
4) Falta de bordillos o cunetas.

Figura 78. Lavadero destruido

3.3.6.5 Lavaderos obstruidos

Otro problema en los lavaderos es que estos se encuentren obstruidos por basura, escombro, tierra y/o vegetación. Aunque este problema no resulte severo puede ocasionar encharcamientos sobre la superficie de rodamiento, haciéndola incomoda e insegura para el usuario y propiciando su deterioro, además, al no encauzar los escurrimientos estos pueden erosionar los terraplenes de acceso.

Causas probables:

1) Basura y tierra en la calzada.
2) Falta de mantenimiento menor.
3) Falta de limpieza posterior a trabajos en la superficie de rodamiento o estructura.

Figura 79. Lavadero obstruido con tierra escombro y vegetación

3.3.7 Accesos

3.3.7.1 Erosión en los terraplenes o taludes de acceso

Algunos taludes o terraplenes que se encuentran en el acceso de un puente o estructura similar, presentan perdida de material superficial debido a la acción del viento o del agua. Cuando se presenta esta situación provoca que la integridad de la pendiente del talud se reduzca, ya que la erosión provoca que la cara del talud se degrade hasta que el perfil del talud adquiere un ángulo que supera la pendiente natural de reposo del suelo que lo conforma y por lo tanto es más propenso a fallar.

Causas probables:

1) Intemperismo.
2) Suelo de mala calidad.
3) Falta de bordillo, cunetas, lavaderos y/o losas de protección.
4) Compactación deficiente durante la construcción del terraplén.

Figura 80. Erosión en talus de terraplén de acceso

3.3.7.2 Vegetación en losas de protección de terraplenes de accesos

Frecuentemente los terraplenes de las losas de protección tienen problemas de vegetación creciente. Aunque en si esto no es un problema para el terraplén, la losa se tiende a deteriorarse por la presencia de la vegetación y al afectarse esta protección, el terraplén queda expuesto a la erosión.

Causas probables:

1) Falta de sellado en juntas de losa.
2) Acción de la naturaleza.

Figura 81. Vegetación creciente en losas de protección

3.3.7.3 Terraplenes destruidos

Un problema severo que se puede presentar en los accesos de un puente, es la falla de los terraplenes o taludes, este problema puede ser desde un derrumbe parcial hasta la falla total del talud. Esta situación es importante resolverla ya que afecta directamente la seguridad del usuario y la operación de la estructura.

Causas probables:

1) Errores u omisiones en el cálculo en la estabilidad del talud.
2) Suelo de mala calidad.
3) Falta de compactación.
4) Socavación al pie del talud por una avenida extraordinaria.
5) Erosión avanzada.

Figura 82. Falla de talud en terrapenes de acceso

3.3.7.4 Hundimientos o deformaciones en zona de accesos

Un problema común en los accesos del puente es el hundimiento o asentamiento en la zona de accesos. Este problema provoca problemas en el tránsito, debido a que los usuarios deben bajar la velocidad al pasar en esta zona, además de que, al asentarse el suelo, el pavimento puede sufrir daños también.

Causas probables:

1) Falta de losas de acceso.
2) Falla en la losa de acceso.
3) Falta de compactación.
4) Mala calidad del suelo.
5) Tránsito intenso.

Figura 83. Problema de asentamiento y deformación en zona de acceso

3.3.8 Equipamiento

3.3.8.1 Daños en equipo de alumbrado del puente

Aunque el equipo de alumbrado de un puente no es una parte esencial para el mismo, es importante en cuanto a la operación de la estructura, dependiendo del tamaño e importancia del puente, se debe inspeccionar: el transformador eléctrico, la línea de acometida, los ductos de cableado, las lámparas de alumbrado, entre otros elementos. Los equipos pueden tener daños como golpes, mal funcionamiento, falta de mantenimiento, mala construcción o robo de algún componente. Es necesario detectar y corregir los daños que se presenten en el equipo de alumbrado con el fin de que cumpla su función adecuadamente.

Causas probables:

1) Impactos vehiculares.
2) Vandalismo.
3) Falta de mantenimiento.
4) Intemperismo.
5) Incorrecta ejecución de los trabajos.

Figura 84. Poste de alumbrado faltante en la estructura

3.3.8.2 Daños en banquetas de peatones

En aquellas estructuras que cuentan con banquetas para el paso peatonal es importante, las condiciones de servicio sean adecuadas para los usuarios. La superficie de la banqueta debe tener pendiente hacia la guarnición interior de la banqueta para que drene el agua de lluvia, la banqueta debe ser continua sin agujeros, debe estar libre de basura y/o escombros que dificulten su tránsito. De no cumplir la banqueta con las condiciones mencionadas será necesario repararla o darle el mantenimiento necesario para proporcionar al usuario un servicio cómodo y seguro.

Causas probables:

1) Impactos vehiculares.
2) Vandalismo.
3) Errores u omisiones en el proyecto estructural.
4) Intemperismo.
5) Vicios constructivos.

Figura 85. Banqueta destruida por impacto vehciular

3.3.8.3 Falta o deterioro de parapetos o defensas metálicas

Las defensas metálicas, así como el parapeto exterior de peatones e interior de vehículos deben estar en buen estado y continuos en todo la estructura por lo que, de encontrarse con golpes, desconches, deterioros por la corrosión o no encontrarse los mismos, será necesario sustituirlos, repararlos o colocarlos, para de esta manera garantizar la seguridad de los usuarios de la estructura, ya que es el dispositivo encargado de recibir los impactos vehículares y evitar que los usuarios caigan de la estructura.

Causas probables:

1) Impactos vehiculares.
2) Vandalismo.
3) Intemperismo.
4) Vicios constructivos.
5) Falta de conservación.

Figura 86. Falta de parapeto peatonal y vehicular

3.3.8.4 Falta de señalización en el puente

Los señalamientos tanto horizontal como vertical de la estructura deben estar en buen estado, deben ser visibles y la información que contengan deberá ser coherente y clara. De encontrarse las señalizaciones con golpes, deterioros, con desgaste excesivo o no encontrarse los mismos, será necesario sustituirlos, repararlos o colocarlos, para de esta manera proporcionar la información y/o restricciones pertinentes al usuario y puedan utilizar la estructura con las medidas de precaución y seguridad adecuadas.

Causas probables:

1) Impactos vehiculares.
2) Vandalismo.
3) Intemperismo.
4) Vicios constructivos.

Figura 87. Falta de señalización en la estructura

Manual para Conservación de Puentes y Estructuras Similares

CAPÍTULO 4 – Recomendaciones para seleccionar el tipo de conservación

Sección	Página
4.1. Orientación para la selección de la intervención	123
4.2. Diagnóstico de la gravedad de los daños	127
4.3. Propuesta de acciones de conservación	130

4. RECOMENDACIONES PARA SELECCIONAR EL TIPO DE CONSERVACIÓN

Una vez que se ha llevado a cabo todo el trabajo de inspección, el siguiente paso es el establecimiento de un programa de trabajos de mantenimiento de puentes y estructuras similares.

Para ello se obtiene en primer lugar el listado de estructuras en las cuales las inspecciones han recomendado acciones de conservación, especificando la naturaleza y el grado de urgencia de las mismas, se realiza una evaluación de la gravedad de los daños y se conforma una lista de puentes, ordenada de acuerdo a las prioridades detectadas.

Con esta actividad se pretende, no solo la identificación de necesidades de mantenimiento presentes, si no la obtención de una información valiosa para evaluar, planear, presupuestar y diseñar un buen programa de conservación de puentes para realizar en el futuro.

4.1 Orientación para la selección de la Intervención

Con la información obtenida de las inspecciones se procede a una evaluación detallada del puente considerando los aspectos de seguridad estructural y de funcionalidad adecuada. En el primero se busca determinar la capacidad remanente de carga de la estructura y definir el margen de seguridad entre las resistencias de los elementos y las cargas actuantes. La evaluación funcional comprende la determinación de la capacidad hidráulica, (en el caso de los puentes), y de la capacidad vial, comparando las capacidades que proporciona la estructura con las demandas respectivas.

Para seleccionar el tipo de conservación y periodo a realizar es necesario la priorización de la condición del puente y los factores principales que influyen son los siguientes:

- **Gravedad del deterioro:** la cual depende directamente de los reportes de inspección (visual o detallada).

- **Presupuesto:** Es la cantidad de recursos económicos que se designa a este rubro (conservación), en el ejercicio anual en cuestión. Asimismo se estudia el costo-beneficio total y particular de las alternativas (en beneficios se incluyen los inmediatos y los futuros, y en costos se incluyen el precio de construcción, conservación y operación de las estructuras).

- **Demanda del tráfico:** El transito diario promedio anual (TDPA).

Se consideran cuatro tipos de acción:

Acción 0.- No hacer nada puede resultar la opción más conveniente en algunas circunstancias. Lo anterior dependerá de la conveniencia de que las condiciones de un puente permanezcan, esto puede considerarse si la estabilidad y seguridad de la estructura se pueden garantizar. Esta decisión normalmente está asociada a la disponibilidad de los recursos económicos, los cuales normalmente son escasos y se podría suponer que la intervención sobre el puente es muy costosa.

Acciones Normativas.- Se refieren a imponer limitaciones para el uso del puente (limitación de la carga máxima, reducción de velocidad, restricción a un solo carril, etc.)[1]

Acciones Preventivas.- Monitoreo del comportamiento de la obra o colocación de apuntalamientos y otras medidas de seguridad.[1]

Acciones Ejecutivas.- Son obras que se realizan en el puente, para las cuales se e establecen cinco niveles de atención:

1. Mantenimiento.- Aun cuando las palabras "mantenimiento" y "conservación" comúnmente se utilizan como sinónimos, es recomendable aplicar el término de "mantenimiento" a la realización de acciones que corrigen anomalías que aún no han causado daños pero que si persisten pueden llegar a causarlos (por ejemplo el deshierbe y la limpieza).

2. Conservación.- Se aplica este término a acciones que corrigen daños que todavía no tienen carácter estructural pero que si no se atienden pueden evolucionar hasta reducir la capacidad de carga de la estructura (por ejemplo la pintura de estructuras metálicas, aplicadas cuando todavía no se afecta al metal base).

3. Reparación.- Acciones que corrigen daños estructurales y que se limitan a recuperar la capacidad original de proyecto (por ejemplo la inyección de resinas epóxicas en grietas de elementos de concreto).

4. Modernización.- Son acciones con las que se incrementa la capacidad original del puente mediante obras. Estas acciones pueden realizarse sobre una estructura con o sin daño.

5. Sustitución.- Cuando el puente se encuentre en un estado avanzado de deterioro y resulta poco factible repararla o modernizarla.[1]

Con el resultado del análisis de los puntos anteriores se define el tipo y periodo de conservación que debe aplicarse, cabe mencionar que en este documento solo se

[1] Obtenido de “La Conservación de los puentes en México”, Academia Mexicana de Ingeniería.

abarcara el criterio técnico para la selección del tipo de conservación en puentes y estructuras similares.

En este manual se indican 3 niveles de conservación, de acuerdo al Inciso *2.2.1 Clasificación de la conservación.*

1. Conservación Rutinaria
2. Conservación Periódica (reparación)
3. Reconstrucción o Reforzamiento

Los trabajos de conservación rutinaria se realizarán a todas las estructuras que hayan sido evaluadas en el Grado “C” (nivel 4-5) de acuerdo a los reportes de inspección; y en complemento de la conservación periódica y reforzamiento si así lo amerita.

La conservación periódica (reparación) se realizara a todas las estructuras que presenten deterioros que todavía no tienen carácter estructural (como la aplicación de pintura a elementos metálicos que aún no presentan corrosión), también se atienden daños con carácter estructural y se limitan a recuperar la capacidad original del proyecto (por ejemplo la reparación de grietas); por lo general los puentes calificados en el Grado “B” (nivel 2-3) son a las que se aplica este tipo de conservación.

Los trabajos de reconstrucción o reforzamiento, se realizan generalmente a puentes que son calificados en el Grado “A” (nivel 0-1), la reconstrucción ocurre cuando es poco factible reforzarla o repararla y puede darse la reconstrucción total o parcial de la estructura.

Tabla 1. Correlación de la conservación con el nivel de condición.

Conservación	**Periodo**	**Nivel De Condición**
Rutinario	Cada año	Grado C (4-5)
Periódica (Reparación)	Periodos establecidos por la Dependencia encargada	Grado B (2-3)
Reconstrucción o Reforzamiento.	Cuando el Daño se presente y la Dependencia encargada lo indique	Grado A (0-1)

El siguiente diagrama muestra el flujo del protocolo de atención a las necesidades de conservación de los puentes y estructuras similares:

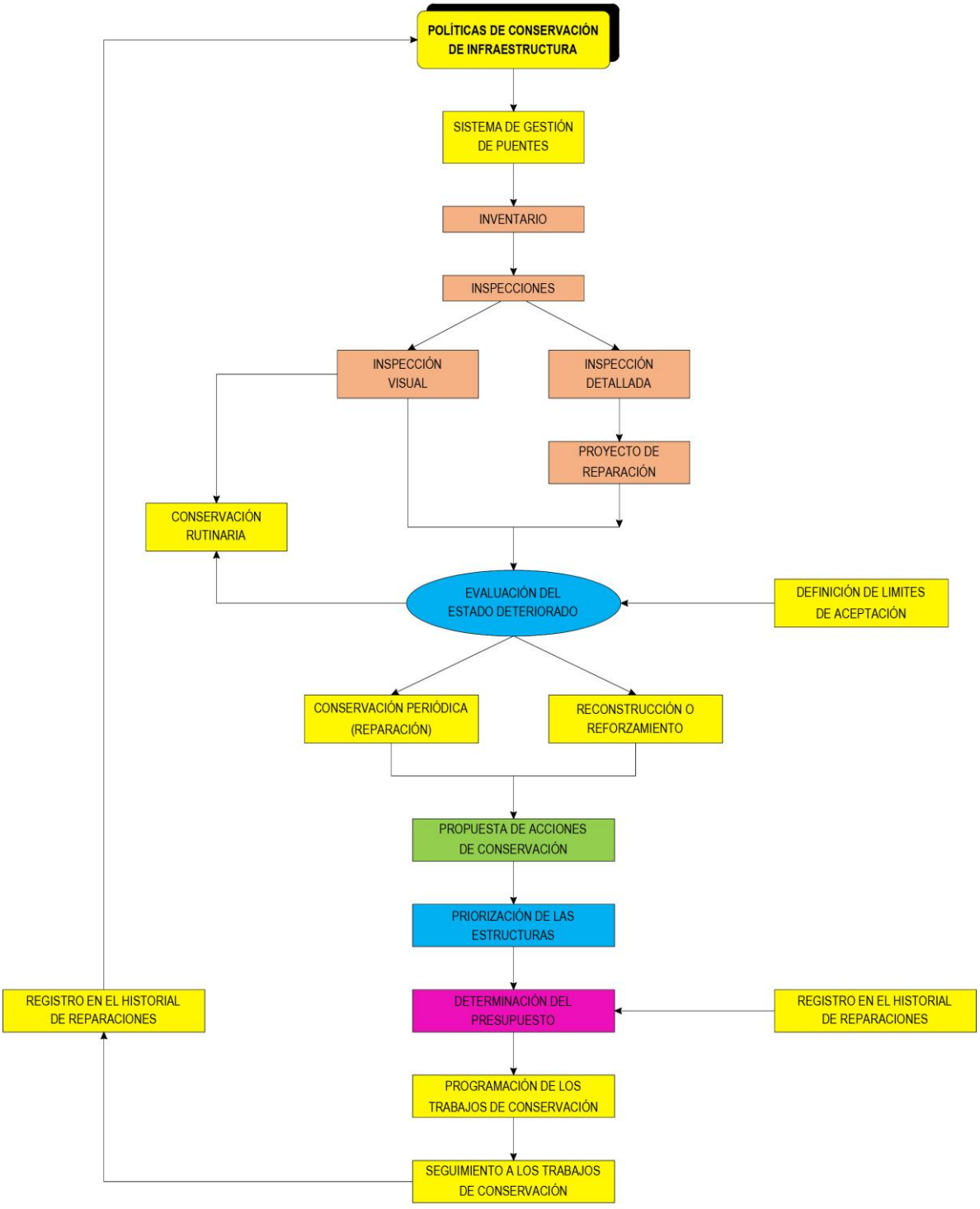

Figura 88. Orientación a la intervención para la conservación.

4.2 Diagnóstico de la gravedad de los daños.

Cuando hablamos de **diagnóstico del estado físico de un puente** nos estamos refiriendo, normalmente, a un diagnóstico estructural. Se trata de un **estudio técnico** cuyo objetivo es verificar que la estabilidad y resistencia mecánica de la estructura cumple con los requisitos exigidos por la normativa vigente.

Otros de los aspectos que un diagnóstico estructural tiene en cuenta, además de los **parámetros de estabilidad**, son los condicionantes ambientales físicos y químicos que hayan podido afectar la estructura. Por ejemplo, los **factores meteorológicos** como la lluvia o el viento o incluso **geológicos** como leves sismos o deslizamientos de tierra pueden haber sido la causa de los daños en la estructura de un puente.

El **diagnóstico estructural de un puente** puede afectar a toda la estructura o bien centrarse en una parte de ella. En el diagnóstico se evalúan y estudian los daños existentes y también se realizan los cálculos estructurales necesarios para comparar las condiciones actuales contra las de proyecto.

4.2.1 Diagnóstico estructural de un puente para su reparación

Los estudios técnicos que integran el diagnóstico son el primer paso para poder abordar los **trabajos de reparación** de elementos dañados de un puente de la manera más adecuada. Además, un diagnóstico estructural es la herramienta que permite detectar otro tipo de **situaciones de riesgo**, no tan evidentes y visibles como las grietas.

Las **patologías** más frecuentes de un puente, además de las grietas, son las afectaciones de los materiales de construcción, la corrosión del acero de refuerzo o la pérdida de solidez en la composición del concreto. Otras afectaciones relacionadas con las patologías del concreto son el ataque de sulfatos y la carbonatación.

Las **administraciones responsables de la infraestructura**, por su parte, deben verificar que los puentes, conserven su integridad estructural, asegurar su conservación y, sobre todo, para **garantizar la seguridad de los usuarios**.

El diagnóstico estructural se establece a partir de síntomas, signos y los hallazgos de exploraciones complementarias, la patología que presenta el puente. Generalmente una patología no está relacionada de una forma exclusiva con un síntoma, es decir, un síntoma no es exclusivo de una patología. Cada síntoma o hallazgo en una exploración presenta una probabilidad de aparición en cada patología.

Síntomas

Son las manifestaciones negativas físicas que presenta el puente, recogidas por el inspector de puentes durante la inspección visual. Por ejemplo, los desplomes, hundimientos, desconchamientos.

Signos

Son los hallazgos objetivos que detecta el inspector de puentes observando los diferentes elementos del puente, por ejemplo las deformaciones del tablero, vibraciones excesivas, manchas de humedad. En lo que se refiere a los aspectos funcionales puede considerarse signos de deficiencias: la saturación vial, la recurrencia de accidentes en el sitio de la estructura.

Exploración física o Inspección Visual

Consiste en diversas auscultaciones que realiza el inspector de puentes sobre el puente, siendo las principales la inspección visual directa, y las pruebas destructivas y no destructivas que se puedan realizar a la estructura.

Tipos de exploraciones complementarias

Las exploraciones complementarias confirman o descartan una patología en concreto, antes de iniciar una acción de conservación. A veces no ofrecen ningún tipo de información útil, sobre todo cuando se solicitan sin ningún tipo de criterio o no existe un diagnóstico inicial. Se pueden solicitar diversos estudios complementarios, entre ellos están:

- Pruebas de laboratorio
- Técnicas de diagnóstico por imagen
- Técnicas endoscópicas
- Muestreos

Agrupamiento de síntomas y signos

El siguiente paso será agrupar los síntomas y signos encontrados, seleccionando o dándole preferencia a los relevantes, para construir diversos escenarios o conjuntos de elementos que reflejen el estado físico del puente, lo que nos sirve de base para plantear las diferentes hipótesis diagnósticas.

Planteamiento de las hipótesis diagnósticas

Las hipótesis diagnósticas se bosquejan por la mayor semejanza que tenga el caso de la estructura que se está analizando con las descripciones de las patologías que aparecen en la bibliografía existente o bien en informes y documentos de eventos anteriores similares, todo ello muy influenciado por la experiencia del inspector de puentes. Estas hipótesis deberán considerar en lo posible, origen de la patología existente y su solución.

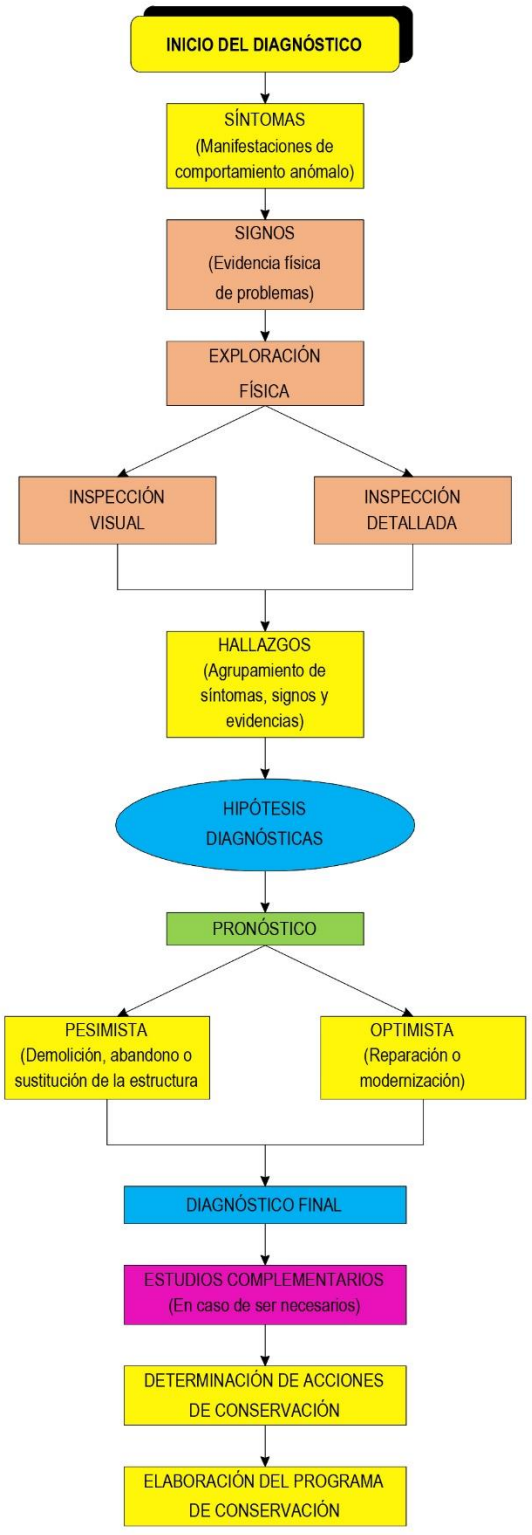

Figura 89. Seguimiento al diagnóstico del estado físico de puentes

4.3 Propuesta de Acciones de Conservación.

Para tomar las acciones de conservación adecuadas podemos considerar diferentes escenarios, según las condiciones que se presentan en cada situación particular de la estructura. Entre otras están:

4.3.1 Acciones urgentes

Se refiere al hallazgo de situaciones que impliquen un peligro inminente (colapso estructural o accidente vial), a no ser que se tomen acciones rápidamente.

Si ante la pregunta, ¿Necesita acciones urgentes?, la respuesta es “SI” se deberá señalar que tipo de acción es necesaria, notificar de inmediato a la Administración Responsable, comunicar al Centro SCT correspondiente sin más trámite la acción necesaria.

La limitación de carga y el cierre parcial o total del puente deberán ser debidamente señalizados. No obstante, debido a la propensión de los conductores a trasgredirlas, con el consiguiente peligro para sus propias vidas, de terceros y de patrimonio, deberán agregarse dispositivos que impidan la circulación que se prohíbe.

Figura 90. Viaducto I km 63+020 Libramiento Arco Norte. Cerrado parcialmente debido a la falla de los cables de presfuerzo en la trabe cajón.

Ante una limitación de carga, puede resultar útil la colocación de pórticos (de madera o acero), cuyo gálibo no permita el traspaso de vehículos pesados.

Para la clausura o cierre del puente, se aconseja poner barreras que sean difíciles de remover.

El aspecto “Señalización”, se refiere exclusivamente a los dispositivos de señalamiento relativos a indicaciones de limitación de carga o clausura, y no a otro tipo de señalización vial de uso común.

Tanto la señalización como las barreras mencionadas deberán tener la duración mínima necesaria para mantener la seguridad vial y estructural hasta la realización de la obra definitiva de reparación o reemplazo.

4.3.2 Acciones de conservación sobre los puentes basados en un programa

Entenderemos este concepto en un sentido amplio, incluyendo entre tales acciones la reconstrucción total de los puentes sobre caminos existentes. Se excluye la construcción de puentes sobre nuevas carreteras (salvo aquellas pequeñas modificaciones de trazo motivadas por una mejor operación, o bien de un puente que deba reemplazarse).

Como se definió en el inciso 2.2.1 Las acciones de conservación se clasifican en:

- **Conservación Rutinaria.**
- **Conservación Periódica.**
- **Reconstrucción.**

4.3.2.1 Conservación Rutinaria

Técnicamente se puede entender la **conservación rutinaria** como aquéllas acciones de conservación simples que deben llevarse a cabo para asegurar que el nivel de servicio de una infraestructura, en los puentes y estructuras en general cobra una vital importancia, puesto que el nivel de servicio, a su vez influye en el nivel de seguridad. No obstante, dentro de la conservación rutinaria se engloban todas aquellas operaciones que puedan llevarse a cabo por personal poco calificado y de forma sistemática, sin necesidad de proyecto, procedimiento o estudio y análisis previo, bastando una lista de tareas, cuantificación de volúmenes y especificaciones generales.

Estas actividades se realizan por lo menos una vez al año. Su objetivo es la preservación de todos los componentes principales del puente, lo cual asegura su adecuado funcionamiento y la identificación de posibles daños mayores que deben solucionarse con reparaciones y/o reforzamientos y en casos específicos con ampliaciones o sustitución de la estructura. Comprende trabajos cotidianos para mantener los puentes en buenas condiciones de operación. En el programa de conservación rutinaria se consignarán las cantidades determinadas según lo indicado en las inspecciones realizadas. Podrán indicarse cantidades por unidad de obra o porcentajes siendo preferible la primera alternativa.

Los principales conceptos de la **Conservación Rutinaria de Puentes** son:

Superficie de rodadura:

- Limpieza de la superficie de rodadura y acotamientos.
- Limpieza de juntas de dilatación.
- Limpieza de drenes.
- Reposición de drenes y/o extensión de drenes.
- Sellado de drenes.
- Sellado de grietas aisladas en carpeta asfáltica.
- Bacheo superficial aislado.
- Sellado de grietas y juntas en losa de concreto hidráulico.

Superestructura:

- Limpieza de parapetos, banquetas y camellones.
- Pintura de parapetos, banquetas y camellones.
- Desazolve de tuberías y canalones.
- Limpieza de trabes, diafragmas y losa.

Subestructura:

- Limpieza de estribos, pilas, columnas y aleros.
- Pintura en subestructura.

Cimentación:

- Limpieza en zapatas y cilindros de cimentación.

Dispositivos de Apoyo:

- Pintura anticorrosiva en dispositivos de apoyo metálicos.
- Protección contra intemperismo a base de espuma de poliuretano en dispositivos de apoyo.

Elementos complementarios y de operación:

- Limpieza de cunetas.
- Limpieza de lavaderos.
- Limpieza de registros

- Limpieza de obras especiales de control y protección
- Pintura en bordillos y/o guarniciones
- Limpieza en losas de protección, taludes de aproches, márgenes de ríos y/o conos de derrame.
- Pintura en losas de protección y/o conos de derrame.
- Retiro de vegetación en acotamientos.
- Sellado de juntas en losas de acceso y/o conos de derrame.
- Reposición de marcas en el pavimento.
- Reposición de marcas en guarniciones.
- Reposición de marcas en estructuras y objetos adyacentes a la superficie de rodadura.
- Limpieza de vialetas y botones.
- Limpieza de señales verticales.
- Limpieza de defensa metálica y barreras centrales.
- Reposición de indicadores de alineamiento para defensas y barreras centrales.
- Instalación de señalamiento y dispositivos para protección en obras de conservación.

4.3.2.2 Conservación Periódica

La **conservación periódica** trata de atender las necesidades de conservación causadas por el deterioro normal producido por el uso de elementos funcionales en los puentes como pudieran ser las juntas de dilatación, los dispositivos de apoyo, la pintura de los elementos estructurales metálicos, los sistemas de contención tanto de vehículos como de peatones, la reposición de la impermeabilización del tablero, el repavimentado de la superficie de rodamiento sobre la estructura, entre otros. Las tareas de conservación periódica, de alguna forma, pueden suponer una mejora en el nivel de conservación y de durabilidad de las estructuras; revisten especial importancia dos acciones de conservación periódica: la impermeabilización de los tableros y la estanqueidad de las juntas de dilatación.

Resulta fundamental que los tableros de los puentes dispongan de un elemento de protección entre la losa y el pavimento, especialmente en el caso de puentes de carretera situados en zonas de clima invernal extremo. La impermeabilización de los puentes es una barrera efectiva contra la corrosión de los tableros y elementos portantes, reduciendo de forma importante los daños por durabilidad, ayudando a prolongar la vida útil de la estructura.

Si bien existen diferentes sistemas de impermeabilización, en la actualidad, se puede decir que cada uno de ellos tiene su campo de aplicación. Así, en función de la vulnerabilidad de la obra se deberá utilizar sistemas adecuados a la problemática específica que presente el puente.

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 catálogo de conceptos, presupuesto base y especificaciones particulares de construcción, indicando los pasos a seguir para realizar estas reparaciones.

Tareas de modernización

Modernización. - Son acciones con las que se incrementa la capacidad estructural o de servicio del puente. Estas acciones pueden realizarse sobre una estructura con o sin daño. Como ejemplos pueden señalarse el reforzamiento de estructuras de concreto mediante la aplicación de presfuerzo externo, el ensanchamiento de la calzada, y el alargamiento o el izamiento de un puente para aumentar su capacidad hidráulica.

Se indicará qué tipo de tareas son necesarias, si las hubiere.

Se recomienda el incremento de la sección hidráulica:

En caso de verificarse si la sección de escurrimiento es insuficiente, si trabaja a sección llena, la formación de remolinos a la entrada y salida erosiona los terraplenes y socavan cimentaciones de estribos y pilas. Es necesario tomar registro

del nivel de la corriente de agua respecto a la calzada y considerar acciones de protección.

Si se ha modificado el cauce (profundización y erosión de márgenes, depósito de materiales de arrastre), si se presenta erosión en los terraplenes de acceso, si se encuentra expuesta alguna parte de la cimentación.

La época de estiaje es la más apropiada para verificar el estado de pilas y estribos y la capa de suelo por encima de las zapatas, en la zona que normalmente permanece bajo el agua (Figura 91).

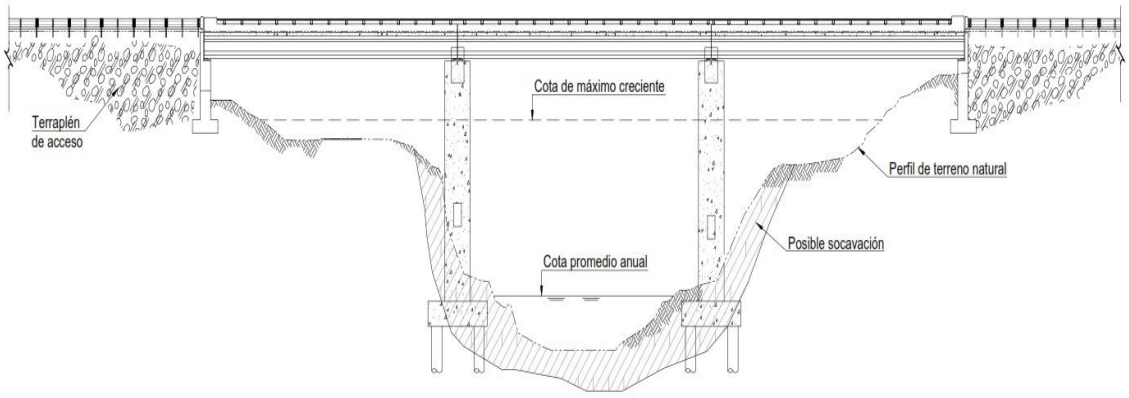

Figura 91. Niveles del cauce

No se pretende que en la inspección rutinaria se determine si la sección hidráulica es o no suficiente. Pero ante cualquiera de estos indicios (nivel del agua cercano o alcanzando al tablero, corte o sobrepaso de terraplenes y calzada, erosiones, etc.), se considerará “Incremento de la sección hidráulica”, con lo cual se dará intervención a los especialistas correspondientes para ejecutar el proyecto ejecutivo.

Ampliación de calzada

La ampliación de calzada, se indicará en aquellos puentes cuyo ancho de calzada sea inferior al **mínimo** indicado en la normativa correspondiente, siendo el estado general del puente entre bueno y regular.

Figura 92. Calzada con ancho inferior al mínimo

Construcción o ampliación de acotamientos

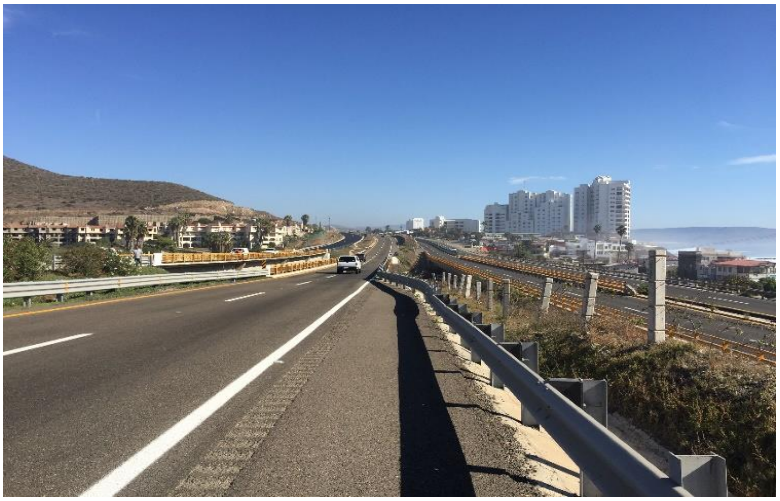

Figura 93. Ejemplo de estructura que requiere ampliación en sus acotamientos

Se requerirá construcción de acotamientos en todos los puentes cuyo ancho de la calzada no incluya acotamientos completos. En zonas con elevada circulación peatonal, pueden requerirse banquetas, cualquiera sea el ancho de calzada.

Reparaciones

La reparación de puentes es una de las actividades más importantes entre las que hay que realizar para llevar a cabo la conservación de una red de carreteras. Su objetivo final, como la de toda labor de conservación, es la del mantenimiento de todas las condiciones de servicio de la carretera en el mejor nivel posible.

Son características de este tipo de acciones la reparación de daños producidos por golpes. Con cierta frecuencia se producen colisiones del tráfico con las obras, especialmente de vehículos que circulan con altura excesiva de carga por pasos inferiores, también por colisionar contra pilas, barreras centrales, defensas metálicas, etc. Estos daños cuando se producen son reparados, aunque no constituyan un peligro inmediato para el buen funcionamiento de la estructura. La reparación consiste normalmente en la eliminación del concreto roto y su sustitución por un mortero de reparación.

La reparación de los puentes enmarca actividades que son realizadas por personal técnico especializado (Empresas contratistas):

Las actividades más frecuentes consideradas en el programa de conservación periódica son:

Superficie de rodamiento:

- Colocación o Remplazo de Neopreno en juntas.
- Bacheo superficial.
- Reparación de desconchamientos en losas de concreto hidráulico.
- Fresado y reconstrucción de superficie de rodadura de carpeta asfáltica
- Reposición total o parcial de losas de concreto

Superestructura:

- Reparación de parapetos, guarniciones y banquetas.
- Calafateo de fisuras.
- Reparación de grietas.
- Reparación y resanes de elementos de concreto.
- Reparación y/o sustitución y pintura de elementos metálicos

Subestructura:

- Protección contra socavación (cono de derrame)
- Calafateo de fisuras.

- Reparaciones en el concreto y el acero de refuerzo.
- Reparación de grietas en mampostería

Cimentación:

- Calafateo de fisuras.
- Reparaciones en el concreto y el acero de refuerzo.
- Reparación de grietas en cimentaciones de mampostería.
- Protección contra socavación.
- Reparación de concreto en cimentación.
- Protección de acero expuesto.
- Reparación de grietas en cimentaciones de mampostería.

Dispositivos de Apoyo:

- Reemplazo de Apoyos de Neopreno.

Elementos complementarios y de operación:

- Construcción o reparación de revestimiento de taludes.
- Renivelación de accesos.
- Reposición de defensa metálica.
- Reposición de malla ciclónica.
- Reparación de barreras centrales de concreto hidráulico.
- Reposición aislada de vialetas y botones.
- Reposición de señales verticales.
- Reposición de indicadores de alineamiento.
- Reparación de limitaciones al tránsito permanentes.

4.3.2.3 Reconstrucción o reforzamiento

Es el conjunto de acciones que se realizan para rehabilitar las estructuras de modo que puedan soportar el paso de las cargas. Este subprograma es de gran prioridad estratégica en la continuidad del tránsito y en la seguridad de los usuarios.

Reemplazo o reconstrucción de la estructura

Cuando la estructura se encuentra en un estado avanzado de deterioro y resulta poco factible repararla o modernizarla, se procede a sustituirla. La sustitución puede ser parcial o total. En una sustitución parcial por ejemplo, se retira la superestructura existente obsoleta y se sustituye por una nueva apoyada en la subestructura antigua si esta se encuentra en buen estado. Cuando se procede a la sustitución total debe definirse qué tratamiento se da a la estructura desechada. Existen tres alternativas: abandono, demolición (cuando representa un peligro o interfiere con la estructura nueva) y cambio de uso (de vehicular a peatonal). Esta última opción suele tomarse cuando la estructura reemplazada tiene un valor histórico o patrimonial.

La definición del tipo de acción y nivel de atención que debe darse en cada caso específico se apoya en la aplicación de criterios de priorización y en la realización de análisis económicos. Los criterios de priorización se establecen en función de las políticas de conservación establecidos en cada red de carreteras, por ejemplo, existen diferencias en la gestión de la conservación dependiendo si los tramos carreteros son de cuota o libres de peaje.

En general los puentes se supeditan a la política aplicada al tramo en que se ubican, sin embargo, puede haber diferencias en casos muy particulares, por ejemplo puentes de grandes dimensiones o de características especiales, que aun cuando pertenezcan a un tramo carretero, su gestión puede ser objeto de mayor atención. En este caso podemos citar puentes como el Puente Tampico, de tipo atirantado, ubicado en la zona metropolitana de la ciudad de Tampico en el estado de Tamaulipas, o el puente Zacatal que une al continente con la isla de Cd. del Carmen en el Estado de Campeche.

Figura 94. Puente Tampico, en la zona metropolitana de la ciudad de Tampico, Tamaulipas

Figura 95. Puente El Zacatal, en Cd. Del Carmen, Campeche

El reemplazo o reconstrucción se indicará en los siguientes casos:

(1) Colapso total

Figura 96. Ejemplo de estructura colapsada

(2) Daños graves o deficiencias de operación, que afecten seriamente la estabilidad de la estructura o la seguridad vial.

Figura 97. Ejemplo de estructura con daño severo por socavación

Figura 98. Ejemplo de estructura con deficiencias de operación.

(3) Cuando la suma de acciones de rehabilitación, modernización y mantenimiento no prolongue suficientemente la vida útil del puente, o resulte más onerosa que su reemplazo por una obra nueva.

(4) Por deficiencias de operación, por ejemplo, cuando el puente se encuentra ubicado próximo a curvas que obstaculizan la visibilidad afectando a la seguridad vial. Resulta en este caso necesario ampliar el radio de giro o

modificar posición de la obra, y en algunos casos se requiere la implantación de un nuevo puente sobre un trazo rectificado.

Figura 99. Carretera Texcoco-Calpulalpan, año 2009, se observa estructura en zona peligrosa

Figura 100. Carretera Texcoco-Calpulalpan, año 2012, se observa estructura nueva sobre trazo corregido

El reemplazo deberá ser inmediato, en caso de colapso total o peligro inminente, en caso contrario, se indicará reemplazo a mediano plazo.

Reforzamiento de la estructura

Debido a que todas las estructuras están expuestas a daños los cuales pueden deteriorar la capacidad de carga y por ende disminuir la seguridad de la misma, así como a situaciones de operación de la vialidad las cuales generan que la estructura tenga la necesidad de soportar cargas mayores a las cuales fue diseñada. Resulta indispensable ejecutar acciones de reforzamiento en aquellas estructuras con deficiencias.

El efecto de las acciones de conservación sobre un puente puede observarse la siguiente figura:

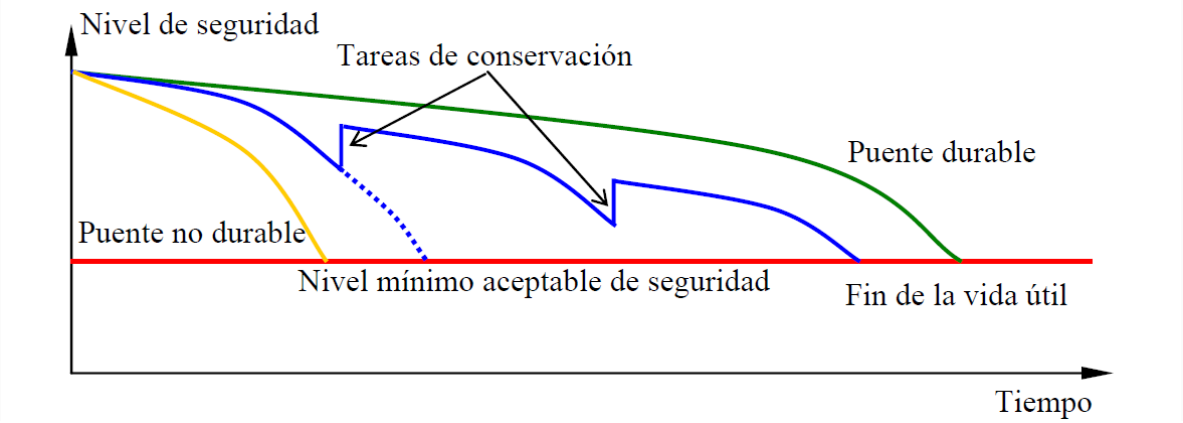

Figura 101. Evolución de la seguridad en la vida útil de una estructura

Es evidente que las tareas de conservación y reforzamiento permiten simultáneamente extender la durabilidad del puente y aumentar el nivel de seguridad del mismo.

Los principales conceptos de reforzamiento de puentes son:

Superficie de rodadura

- Sustitución de juntas de calzada.
- Reacondicionamiento de la superficie de rodamiento.

Superestructura

- Reforzamiento de superestructura.
- Reparación de elementos principales de acero.
- Sustitución de elementos dañados.
- Realineamiento vertical y horizontal de tableros de la superestructura.

Subestructura

- Reparación de fracturas en estribos de concreto.
- Reforzamiento de subestructura.
- Adición de estructuras como reforzamiento.

Cimentación

- Aumento de sección en pilotes o zapatas.
- Adición de pilotes.
- Reforzamiento de la cimentación.
- Protección de la cimentación.

Dispositivos de apoyo

- Sustitución de dispositivos de apoyo.

Elementos complementarios y de operación de la estructura

- Recargue de material en terraplenes.
- Colocación de losas de acceso.
- Elevar la altura de la estructura.
- Disminuir el nivel de rasante.
- Colocación de protección en márgenes de ríos o cauces.
- Zampeado sobre márgenes de ríos y/o cauce.
- Protección con muros gaviones.
- Construcción de dentellones perimetrales en cimentaciones superficiales.
- Protección a base de geotextil relleno de concreto (colchacreto).
- Dispositivos y sistemas de protección contra socavación.
- Protección de márgenes de ríos o cauces.

Conclusiones

Como se ha puesto de manifiesto, el patrimonio de los puentes en México es muy importante por su condición y nivel de servicio, permitiendo la comunicación e interoperabilidad entre las diferentes partes del país.

Tan solo contando con la red de carretas libres y con el patrimonio de estructuras de autopistas de cuota, suman más de 19,000 estructuras. La importancia y prioridad que se debe establecer de cara a conservar y poder utilizar este importante legado de estructuras resulta vital de cara a garantizar las condiciones de funcionalidad y servicio, así como poder amortizar económicamente las obras.

Para poder realizar una gestión eficiente y conforme a los recursos económicos disponibles, resulta fundamental realizar una gestión sistemática de las estructuras mediante lo que se conocen como sistemas de gestión de puentes. Este tipo de herramienta permite conocer y monitorear el nivel de daño de los puentes de una red, pudiendo de esta forma priorizar y orientar la inversión hacia las necesidades más importantes.

Las principales patologías asociadas a los puentes suelen ser derivadas de una deficiente o mala definición en proyecto y/o ejecución en obra, así como a la acción del agua, tanto a nivel de socavación y erosión, como a nivel de vehículo de agentes agresivos produciendo daños y disminuciones de la vida útil de la estructura.

Así mismo, se consideran una serie de medidas preventivas desde el punto de vista de la conservación del patrimonio tanto a nivel de Proyecto, Construcción y de la Conservación. A este respecto, cabe resaltar la importancia de elaborar, junto con el proyecto de los puentes, un Manual de Operación y Conservación. Este documento será vital para poder gestionar la conservación de las estructuras, es aquí donde el proyectista establecerá los criterios de inspección y conservación del puente.

De igual manera, resulta importante incluir dentro de las actividades de conservación ordinaria de carreteras una serie de acciones de conservación general encaminadas a mejorar y garantizar las condiciones de conservación de los puentes.

Para llevar los puentes a su estado óptimo hay diversos tipos de acciones que pueden realizarse. Se indicará una sola de estas acciones, excepto que se requieran dos tipos de acciones compatibles entre sí:

Ejemplos: “Reemplazo inmediato” es incompatible con cualquier otro tipo de tarea.

En cambio “Modernización” (ampliación transversal por ejemplo) puede ser compatible con “Mantenimiento Rutinario” (de la parte existente del puente que se conservará).

“Conservación Rutinaria” se indicará sólo en los casos en que no se requiera ningún otro tipo de tarea (puente o alcantarilla en estado óptimo).

Manual para Conservación de Puentes y Estructuras Similares

CAPÍTULO 5 - Procedimientos generales para conservación rutinaria

Sección	Página
5.1. Superficie de rodamiento	148
5.2. Superestructura	150
5.3. Subestructura	152
5.4. Cimentación	153
5.5. Dispositivos de apoyo	153
5.6. Accesos	154
5.7. Señalamiento	156

5. PROCEDIMIENTOS GENERALES PARA CONSERVACIÓN RUTINARIA

La conservación rutinaria comprende los trabajos cotidianos para mantener a las estructuras en buenas condiciones de operación. Tiene como finalidad principal la preservación de los elementos de la estructura. Debe ser de carácter preventivo y se incluyen principalmente los trabajos de: limpieza de la superficie de rodadura, de los drenes de la superestructura y de las coronas de las subestructuras, aplicación de pintura en parapetos y limpieza en general de los elementos que conforman a la estructura, dichos trabajos se realizan cada año ya que es el periodo mínimo que requieren para su conservación. Algunos trabajos son similares a los realizados en la conservación periódica, pero se diferencian de estos por los volúmenes de trabajo, que de acuerdo al inspector responsable sean pequeños, ya que los volúmenes mayores se deberán considerar como conservación periódica.

Los trabajos o procedimientos de conservación rutinaria que se mencionan a continuación, están basados en la normatividad vigente de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) y específicamente en las siguientes normas:

NORMAS VIGENTES	DESIGNACIÓN
Limpieza de Cunetas y Contracunetas	N·CSV·CAR·2·01·001
Limpieza de Lavaderos	N·CSV·CAR·2·01·005
Limpieza de Registros	N·CSV·CAR·2·01·006
Limpieza de Obras Especiales de Control y Protección	N·CSV·CAR·2·01·009
Limpieza de la Superficie de Rodadura y Acotamientos	N·CSV·CAR·2·02·001
Sellado de Grietas Aisladas en Carpetas Asfálticas	N·CSV·CAR·2·02·002
Bacheo Superficial Aislado	N·CSV·CAR·2·02·003
Sellado de Grietas y Juntas en Losas de Concreto Hidráulico	N·CSV·CAR·2·02·005
Limpieza de Juntas de Dilatación	N·CSV·CAR·2·03·001
Limpieza de Parapetos, Banquetas y Camellones	N·CSV·CAR·2·03·002
Limpieza de Drenes	N·CSV·CAR·2·03·003
Limpieza de Estribos, Pilas, Columnas y Aleros	N·CSV·CAR·2·03·004
Reposición de Marcas en el Pavimento	N·CSV·CAR·2·05·001
Reposición de Marcas en Guarniciones	N·CSV·CAR·2·05·002
Reposición de Marcas en Estructuras y Objetos Adyacentes a la Superficie de Rodadura	N·CSV·CAR·2·05·003
Limpieza de Vialetas y Botones	N·CSV·CAR·2·05·004
Limpieza de Señales Verticales	N·CSV·CAR·2·05·005
Limpieza de Defensas y Barreras Centrales	N·CSV·CAR·2·05·006
Reposición de Vialetas para Defensas y Barreras Centrales	N·CSV·CAR·2·05·007
Instalación de Señalamiento y Dispositivos para Protección en Obras de Conservación	N·CSV·CAR·2·05·011

NORMAS PROPUESTAS	DESIGNACIÓN
Reposición de drenes y/o extensión de drenes ……..	N·CSV·CAR·X·XX·XX
Sellado de drenes ……	N·CSV·CAR·X·XX·XX
Desazolve de tuberías y canalones ……..……	N·CSV·CAR·X·XX·XX
Pintura de parapetos, banquetas y camellones ……..….	N·CSV·CAR·X·XX·XX
Limpieza de trabes, diafragmas y losa ……..….	N·CSV·CAR·X·XX·XX
Pintura en superestructura ……..….	N·CSV·CAR·X·XX·XX
Pintura en subestructura ……..….	N·CSV·CAR·X·XX·XX
Limpieza en zapatas y cilindros de cimentación ……..…….	N·CSV·CAR·X·XX·XX
Pintura anticorrosiva en dispositivos de apoyo ……..……..	N·CSV·CAR·X·XX·XX
Protección contra intemperismo a base de espuma de poliuretano en dispositivos de apoyo ……..……	N·CSV·CAR·X·XX·XX
Pintura en bordillos y/o guarniciones ……	N·CSV·CAR·X·XX·XX
Limpieza en losas de protección, taludes de aproches, márgenes de ríos y/o conos de derrame …….....	N·CSV·CAR·X·XX·XX
Pintura en losas de protección y/o conos de derrame	N·CSV·CAR·X·XX·XX
Sellado de juntas en losas de protección y/o conos de derrame ……	N·CSV·CAR·X·XX·XX

Aunque la normatividad anterior no engloba todos los trabajos de conservación rutinaria que se describirán en este capítulo, nos dan un parámetro sobre las acciones a realizar para mantener las estructuras en buenas condiciones de operación.

5.1 Superficie de rodadura

La conservación rutinaria de la superficie de rodamiento consiste en eliminar toda materia extraña que afecte el funcionamiento de la calzada en cuanto a imagen, drenaje y seguridad. Los trabajos englobados en este punto se enlistan a continuación:

5.1.1 Limpieza de la superficie de rodadura y acotamientos

La limpieza de la superficie de rodadura y acotamientos, es el conjunto de actividades que se realizan sobre la superficie del pavimento con el propósito de eliminar objetos sólidos, materiales pulverulentos, sustancias líquidas y semilíquidas que afecten la comodidad y seguridad del usuario. La limpieza puede efectuarse de manera general sobre el pavimento o local cuando ésta sea motivada por accidentes o derrumbes, entre otros.

5.1.2 Limpieza de juntas de dilatación

Es el conjunto de actividades que se realizan para retirar suelos, vegetación, basura y todo material que se acumule en las juntas de dilatación de puentes, con el propósito de evitar que se generen esfuerzos en ellas que produzcan grietas o fisuras.

5.1.3 Limpieza de drenes

Es el conjunto de actividades que se realizan para retirar azolve y todo material que se acumule en estos elementos de drenaje, con el propósito de restituir su capacidad y eficiencia hidráulica para evitar encharcamientos en la superficie de rodadura del puente, así como la formación de humedades que provoquen el deterioro de los elementos de la superestructura. Los drenes a limpiar pueden ser: drenes de piso, drenes de tubo o bajadas pluviales

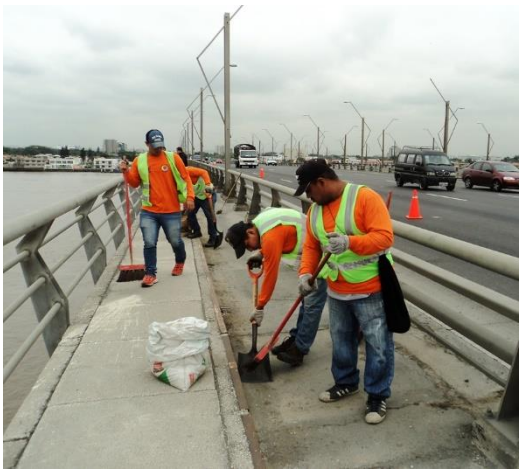

Figura 102. Limpieza y desazolve de drenes.

5.1.4 Reposición de drenes y/o extensión de drenes

Es el conjunto de actividades necesarias para reponer los drenes o proporcionarles una extensión adecuada cuando por algún motivo la estructura carezca de estos. Se considera esta actividad dentro de los trabajos de conservación rutinaria cuando los volúmenes de colocación son relativamente pequeños en función de las características de la estructura en cuestión.

5.1.5 Sellado de drenes

Son las actividades que se ejecutan para tapar y sellar los drenes que por algún motivo su descarga se encuentre sobre alguna vialidad o afecte directamente algún elemento de la estructura.

5.1.6 Sellado de grietas aisladas en carpeta asfáltica

Es el conjunto de actividades necesarias para sellar grietas de hasta un (1) centímetro de abertura, que se manifiesten en forma aislada en carpetas asfálticas, con el propósito de prevenir la entrada de cuerpos extraños y del agua proveniente de escurrimientos superficiales, hacia las capas inferiores que integran la estructura del pavimento, evitando así la consecuente pérdida de resistencia, degradación o deterioro.

5.1.7 Bacheo superficial aislado

Es el conjunto de actividades que se realizan para reponer una porción de la carpeta asfáltica que presenta daños como oquedades por desprendimiento en zonas localizadas y relativamente pequeñas. Se considera bacheo superficial aislado cuando las áreas afectadas tengan una extensión menor de 2 % de superficie del tramo que se esté analizando.

5.1.8 Sellado de grietas y juntas en losa de concreto hidráulico

Es el conjunto de actividades que se realizan para sellar las grietas y juntas en carpetas de concreto hidráulico, con el propósito de evitar la entrada de cuerpos extraños entre las losas, así como de prevenir la infiltración del agua proveniente de escurrimientos superficiales, hacia las capas inferiores que integran la estructura del pavimento, evitando su consecuente pérdida de resistencia, así como la degradación o deterioro de dicha estructura o de la grieta o junta en sí, debido a la concentración de esfuerzos.

Figura 103.Ejemplo de (A) Bacheo y (B) Sellado de grietas en carpeta asfáltica

5.2 Superestructura

Son las actividades que se ejecutan para que la superestructura mantenga un buen estado en cuanto a imagen y seguridad, así como evitar el deterioro de alguno de sus elementos. Comúnmente se consideran los siguientes trabajos en este rubro:

5.2.1 Limpieza de parapetos, banquetas y camellones

Es el conjunto de actividades que se realizan para retirar vegetación, basura, fragmentos de roca y todo material que se acumule en los parapetos, banquetas y camellones de puentes y estructuras similares.

Figura 104.Limpieza en parapetos

5.2.2 Pintura de parapetos, banquetas y camellones

Son las actividades que se ejecutan para proporcionar o reponer la pintura convencional de parapetos, banquetas o camellones de puentes y estructuras similares.

Figura 105.Pintura en parapetos.

5.2.3 Desazolve de tuberías y canalones

Es el conjunto de actividades que se realizan para retirar azolve y todo material que se acumule en estos elementos de drenaje, con el propósito de restituir su capacidad y eficiencia hidráulica para evitar encharcamientos en la superficie de rodadura del puente, así como la formación de humedades que provoquen el deterioro de los elementos de la superestructura.

5.2.4 Limpieza de trabes, diafragmas y losa

Es el conjunto de actividades que se realizan para retirar vegetación, basura, restos de animales, cimbra, manchas por escurrimientos y todo material que se acumule en las trabes, losas y diafragmas de puentes y estructuras similares.

Figura 106. Limpieza en superestructura

5.2.5 Pintura en superestructura

Actividades que se realizan para proporcionar o reponer pintura convencional en las losas, trabes o cajones que la requieran, para mejorar su aspecto.

Figura 107. Pintura en superestructura

5.3 Subestructura

Son las actividades que se ejecutan para que la superestructura mantenga un buen estado en cuanto a imagen y seguridad, así como los trabajos que tienen como finalidad preservar en condiciones de operación óptimas los elementos de la subestructura.

Se enumeran a continuación los trabajos que generalmente se realizan en estos elementos:

5.3.1 Limpieza de estribos, pilas, juntas de muros.

Es el conjunto de actividades que se realizan para retirar vegetación, basura, fragmentos de roca, escurrimientos y todo material que se acumule en los estribos, pilas, muros y aleros de puentes y estructuras similares. La limpieza de las pilas y estribos incluye la limpieza del cuerpo de estos elementos, las coronas o cabezales y los dispositivos de apoyo.

Figura 108. Limpieza de juntas de muros de tierra armada.

5.3.2 Pintura en subestructura

Son las actividades que se ejecutan para proporcionar o reponer pintura convencional en estribos, pilas, columnas y aleros que la requieran, para mejorar su aspecto.

Figura 109. Pintura en subestructura

5.4 Cimentación

Los trabajos de conservación rutinaria en la cimentación no se realizan en muchas estructuras debido a que esta no se encuentra visible, únicamente se llevan a cabo trabajos como:

5.4.1 Limpieza en zapatas y cilindros de cimentación

Es el conjunto de actividades que se realizan para retirar vegetación, basura, fragmentos de roca y todo material que se acumule en las zapatas o cilindros de cimentación de puentes y estructuras similares.

5.5 Dispositivos de apoyo

Dentro de las actividades de mantenimiento rutinarias, que se ejecutan para que los dispositivos de apoyo mantengan un buen estado, así como evitar su deterioro, podemos mencionar las siguientes, excluyendo algunas como la limpieza de los mismos, la cual esta englobada dentro de los trabajos de limpieza en la subestructura:

5.5.1 Pintura anticorrosiva en dispositivos de apoyo

Son las actividades que se ejecutan para proporcionar o reponer la pintura de protección en los dispositivos de apoyo de tipo metálicos.

5.5.2 Protección contra intemperismo a base de espuma de poliuretano en dispositivos de apoyo

Es el conjunto de actividades que se realizan para proveer de una protección contra el intemperismo a los dispositivos de apoyo, esto a base de una espuma de poliuretano que cubra totalmente al elemento con un espesor suficiente.

Figura 110. Protección contra intemperismo a base de espuma de poliuretano

5.6 Accesos

Se contemplan las actividades y trabajos necesarios para mantener los accesos de las estructuras en buenas condiciones en cuanto a drenaje, seguridad e imagen.

5.6.1 Limpieza de cunetas

Es el conjunto de actividades que se realizan para retirar azolve, vegetación, basura, fragmentos de roca y todo material que se acumule en estos elementos de drenaje, con el propósito de restituir su capacidad y eficiencia hidráulica.

Figura 111. Limpieza de cunetas

5.6.2 Limpieza de lavaderos

Es el conjunto de actividades que se realizan para retirar azolve, vegetación, basura, fragmentos de roca y todo material que se acumule en estos elementos de drenaje, con el propósito de restituir su capacidad y eficiencia hidráulica.

5.6.3 Limpieza de registros

Es el conjunto de actividades que se realizan para retirar azolve, vegetación, basura, fragmentos de roca y todo material que se acumule en estos elementos de drenaje, con el propósito de restituir su capacidad y eficiencia hidráulica.

5.6.4 Limpieza de obras especiales de control y protección

Es el conjunto de actividades que se realizan para retirar azolve, vegetación, basura, fragmentos de roca y todo material que se acumule en estos elementos de drenaje, con el propósito de restituir su capacidad y eficiencia hidráulica. Las obras especiales de control y protección más comunes son muros, zampeados, dentellones, cajas disipadoras de energía.

5.6.5 Limpieza en losas de protección, taludes de aproches, márgenes de ríos y/o conos de derrame

Es el conjunto de actividades que se realizan para retirar vegetación, basura, fragmentos de roca y todo material que se acumule en losas de acceso, taludes de aproches, márgenes de ríos y/o conos de derrame de puentes y estructuras similares.

Figura 112. Limpieza en taludes de aproche

5.6.6 Pintura en losas de protección y/o conos de derrame

Son las actividades que se ejecutan para proporcionar o reponer pintura convencional en las losas de acceso y/o conos de derrame.

Figura 113. Pintura en losas de protección y conos de derrame

5.6.7 Retiro de vegetación en acotamientos

Son las actividades que se realizan sobre los acotamientos con el propósito de eliminar maleza o vegetación que afecten la comodidad y seguridad del usuario.

5.6.8 Pintura en bordillos y/o guarniciones

Son las actividades que se ejecutan para proporcionar o reponer pintura convencional en los bordillos y/o guarniciones de accesos que lo requieran.

5.6.9 Sellado de juntas en losas de protección y/o conos de derrame

Es el conjunto de actividades que se realizan para sellar las juntas en losas de protección de concreto hidráulico, con el propósito de evitar la entrada de cuerpos extraños entre las losas, así como de prevenir la infiltración del agua proveniente de escurrimientos superficiales, hacia los terraplenes, evitando erosión de los mismos, así como la degradación o deterioro de las losas en sí.

5.7 Señalamiento

Para el caso del señalamiento tanto vertical como horizontal, se consideran las siguientes actividades de conservación:

5.7.1 Reposición de marcas en el pavimento

Es el conjunto de actividades que se realizan para reponer las marcas del señalamiento horizontal sobre el pavimento, con el propósito de mantener la carretera en condiciones óptimas de seguridad en lo que a señalamiento se refiere. Estas marcas pueden ser rayas, símbolos o letras, que se aplican con pintura convencional o termoplástica, o bien pueden estar formadas por materiales plásticos preformados, adheridos a la superficie de pavimento utilizando adhesivos.

Figura 114. Reposición de marcas en el pavimento

5.7.2 Reposición de marcas en guarniciones

Es el conjunto de actividades que se realizan para reponer las marcas del señalamiento horizontal en las guarniciones, con el propósito de mantener la

carretera en condiciones óptimas de seguridad en lo que a señalamiento se refiere. Las guarniciones se delinean pintando tanto su cara vertical como la horizontal, utilizando normalmente pintura convencional.

5.7.3 Reposición de marcas en estructuras y objetos adyacentes a la superficie de rodadura

Es el conjunto de actividades que se realizan para reponer las marcas en estructuras y objetos adyacentes a la superficie de rodadura, con el propósito de mantener la carretera en condiciones óptimas de seguridad en lo que a señalamiento se refiere. Estas estructuras y objetos se delinean pintando su cara normal al tránsito.

5.7.4 Limpieza de vialetas y botones

Actividades que se realizan para retirar todo material que se acumule en estos elementos de señalamiento, con el propósito de restituir su visibilidad y capacidad de retrorreflexión.

5.7.5 Limpieza de señales verticales

Son las actividades que se realizan para retirar todo material que se acumule en estos elementos de señalamiento, con el propósito de restituir su visibilidad y capacidad de retrorreflexión.

Figura 115. Limpieza de señales verticales.

5.7.6 Limpieza de defensa metálica y barreras centrales

Es el conjunto de actividades que se realizan para retirar todo material extraño que se acumule en estos dispositivos de seguridad.

5.7.7 Reposición de vialetas para defensas y barreras centrales

Es el conjunto de actividades que se realizan para reponer las Vialetas en defensas y barreras centrales, cuando ya han perdido su capacidad de retrorreflexión o han sufrido algún tipo de daño, con el propósito de mantener la

carretera en condiciones óptimas de seguridad en lo que a señalamiento se refiere.

5.7.8 Instalación de señalamiento y dispositivos para protección en obras de conservación

El señalamiento y dispositivos para protección en obras de conservación, son aquellas marcas, señales verticales y dispositivos que se colocan de manera provisional, con el fin de garantizar la integridad de las personas y las obras, durante la ejecución de trabajos de conservación de carreteras en operación.

Figura 116. Instalación de señalamiento para protección de obras de conservación

Manual para Conservación de Puentes y Estructuras Similares

CAPÍTULO 6 – Procedimientos generales para conservación periódica (reparación)

Sección		Página
6.1.	Superficie de rodamiento	162
6.2.	Superestructura	164
6.3.	Subestructura	167
6.4.	Cimentación	169
6.5.	Elementos complementarios y de operación de la estructura	169

6. PROCEDIMIENTOS GENERALES PARA CONSERVACIÓN PERIÓDICA (REPARACIÓN)

A partir de las conclusiones de la inspección, se determina el grado de deterioro mediante la utilización de la Tabla 1. Si la estructura se posiciona en el nivel de condición B (2-3), será necesario dar mantenimiento de tal manera que se garanticen las condiciones de servicio del puente.

Algunas reparaciones que se incluyen dentro de la conservación periódica (reparación) son las siguientes:

Sellado de fisuras, inyección de fisuras, saneo de concreto degradado, reposición de concreto, limpieza de armaduras, impermeabilización del tablero, pintura perimetral, recolocación o recalce de apoyos, reparación o reposición de barreras o parapetos, reparación de aceras y canalizaciones de servicios, actuaciones sobre el pavimento y otras actuaciones singulares como, por ejemplo, arreglo de socavaciones en la cimentación, etc. Estas acciones se llevan a cabo por equipos específicos una vez que se ha decidido su realización.

La reparación de los puentes enmarca las siguientes actividades en los puentes que son realizadas por personal técnico especializado (Empresas Contratistas):

- Rehabilitación del concreto degradado.
- Tratamiento de armados expuestos.
- Inyección de grietas en subestructura y superestructura.
- Protección de aceros expuestos en subestructura y superestructura utilizando tratamiento con arena, picado o aditivos para adhesivos para colocar concreto lanzado.

El mantenimiento de puentes es una de las actividades más importantes entre las que hay que realizar para llevar a cabo la conservación de una red de carreteras. Su objetivo final, como la de toda labor de conservación, es la del mantenimiento de todas las condiciones de servicio de la carretera en el mejor nivel posible.

Cuando el concreto de la estructura del puente se observa con deterioro avanzado, con desprendimientos en algunas zonas, armaduras pasivas al descubierto con oxidación evidente, y a veces, desaparición de la misma, armaduras activas presforzadas con inicios de oxidación y sus conductos con zonas sin inyectar, falta de recubrimiento, o síntomas de fallas en los anclajes, se deberán realizar acciones correctivas.

Otro tipo de acciones es la reparación de daños producidos por golpes. Con cierta frecuencia se producen colisiones del tráfico con las obras, especialmente de vehículos que circulan con altura excesiva de carga por pasos inferiores, aunque también dentro de la propia autopista por colisionar contra pilas, etc. Estos daños cuando se producen son reparados, aunque no constituyan un peligro inmediato

para el buen funcionamiento de la estructura. La reparación consiste normalmente en la eliminación del concreto roto y su sustitución por un mortero de reparación.

Algunas de las acciones y procedimientos más comunes para la reparación son los siguientes:

6.1 Superficie de rodamiento

La conservación periódica de la superficie de rodamiento consiste en reparar los elementos o dispositivos que afecten el funcionamiento de la calzada en cuanto a drenaje y seguridad. Los trabajos englobados en este punto se enlistan a continuación:

6.1.1 Colocación o reposición del sello en juntas de dilatación

Es el conjunto de actividades para reponer, parcial o totalmente el sello o neopreno en las juntas de dilatación de puentes y estructuras, con el fin de prevenir la entrada de cuerpos extraños y de agua a dichas juntas, a la vez que se permite el movimiento libre debida a los cambios de temperatura, evitando así su degradación o deterioro. Estos trabajos deberán apegarse a la norma **N·CSV·CAR·3·03·004.**

Figura 117. Remplazo de neopreno en juntas de dilatación

6.1.2 Bacheo superficial

Es el conjunto de actividades que se realizan para reponer una porción de la carpeta asfáltica que presenta daños como oquedades por desprendimiento o desintegración inicial de los agregados, en diversas zonas a lo largo de toda la estructura, cuando las áreas afectadas tengan una extensión mayor de cien (100) metros cuadrados, por cada siete mil (7 000) metros cuadrados de pavimento.

6.1.3 Reparación de desconchaduras en losas de concreto hidráulico

Es el conjunto de actividades que se realizan para reparar desconchaduras mayores de quince por cuatro (15 × 4) centímetros en planta, en carpetas de concreto hidráulico, mediante la remoción parcial de la losa en la zona de la desconchadura, el resane y, en su caso, el remplazo del sello de la junta, a fin de restablecer las características de comodidad y seguridad de la superficie de rodadura y evitar la degradación de la losa. Es importante hacer notar que este tipo de reparaciones es conveniente sólo cuando la desconchadura se localiza en el tercio superior de la losa y no deben realizarse cuando el deterioro sea más profundo o haya sido causado por la mala alineación de las pasajuntas, en cuyo caso se requiere una reposición parcial de la losa. Los trabajos antes mencionados se deberán llevar a cabo siguiendo los métodos especificados en la norma **N·CSV·CAR·3·02·011.**

6.1.4 Fresado y reconstrucción de superficie de rodadura de carpeta asfáltica

Es el conjunto de actividades que se ejecutan para sustituir las superficies de rodadura deterioradas, a fin de mejorar las características de comodidad y fricción. Dentro de estas actividades se deberán incluir los trabajos relativos al fresado de la superficie de rodadura en pavimentos asfálticos, los cuales se encuentran regulados en la norma **N·CSV·CAR·3·02·006** y también se deberá incluir los trabajos de la colocación de la capa de rodadura, la cual deberá encontrarse apegada a la norma correspondiente dependiendo del tipo de capa de rodadura pudiendo ser granulometría abierta, mortero asfáltico o granulometría densa.

Figura 118. Rencarpetado de superficie de rodadura

6.1.5 Reposición total o parcial de losas de concreto

Es el conjunto de actividades que se ejecutan para reponer total o parcialmente las superficies de rodadura conformadas por losas de concreto deterioradas, a fin de mejorar las características de comodidad y fricción. Dentro de estas actividades se deberán incluir los trabajos relativos al fresado de la superficie de rodadura en pavimentos de concreto hidráulico, los cuales se encuentran regulados en la norma **N·CSV·CAR·3·02·009** y también se deberá incluir los trabajos de la reposición de la superficie de rodadura compuesta por losas de concreto hidráulico conforme a lo indicado en la norma **N·CSV·CAR·3·02·010.**

Figura 119. Reposición de superficie de rodamiento de losas de concreto hidráulico

6.2 Superestructura

6.2.1 Reparación de parapetos, guarniciones y banquetas

Son las actividades que se ejecutan para reponer o rehabilitar parcialmente un parapeto, una guarnición o una banqueta que presenta deterioros o daños, provocados por impactos o corrosión de los elementos metálicos, entre otros, con el próposito de restituir las condiciones originales de estos elementos. Estos trabajos deberán apegarse a la norma **N·CSV·CAR·3·03·005.**

Figura 120. Reparación de guarniciones y banquetas

Figura 121. Reparaciones en parapetos

6.2.2 Calafateo de fisuras

Es el conjunto de actividades necesarias para sellar fisuras de hasta cero coma tres (0,3) milímetros de anchura, que se presenten en los elementos estructurales de concreto reforzado, mediante mortero con cemento portland o productos especiales para el sellado, con el propósito de prevenir el contacto con el agua del acero de refuerzo evitando así su degradación o deterioro. La ejecución de los trabajos se deberá llevar a cabo de acuerdo a lo estipulado en la norma **N·CSV·CAR·3·03·001**.

6.2.3 Reparación de grietas

Es el conjunto de actividades necesarias para reparar las grietas mayores de cero coma tres (0.3) milímetros de anchura, que se presentan en elementos estructurarles de concreto reforzado de puentes, con el propósito de prevenir la entrada de cuerpos extraños y del agua a dichos elementos, evitando así su degradación o deterioro.

Las acciones más comunes para la reparación de grietas de concreto se pueden consultar en el capítulo 5.4 en la sección referente a superestructuras de concreto, de la Guía de Procedimientos y Técnicas para la Conservación de Carreteras en México 2014, además de que deberán apegarse a la norma **N·CSV·CAR·3·03·002.**

Figura 122. Inyección de grietas.

6.2.4 Reparación y resanes de elementos de concreto

Es el conjunto de actividades que se realizan para restituir secciones de elementos de estructuras de concreto hidráulico, deteriorados ya sea por impactos, corrosión del refuerzo, colocación deficiente del concreto o degradación del concreto por carbonatación o por reacción álcali-sílice, entre otros. La restitución se puede hacer mediante resanes superficiales del recubrimiento o reparaciones de la sección completa y deberá incluir el tratamiento para eliminar la corrosión del acero de refuerzo. La ejecución de estas actividades deberá estar apegada a la norma **N·CSV·CAR·3·03·003**.

6.2.5 Reparación y/o sustitución y pintura de elementos metálicos

Son las actividades necesarias para reparar, rehabilitar o proteger elementos de acero estructural que presentan deterioros o daños, provocados por impactos, corrosión de los elementos, fatiga, entre otros, con el propósito de restituir las condiciones originales de estos elementos.

Figura 123. Reparación y pintura de elementos de acero

6.3 Subestructura

6.3.1 Protección contra erosión (en cono de derrame)

Son las actividades necesarias para construir o reparar las zonas que presentan fracturas en la losa de protección de los conos de derrame y que sin esta protección los fenómenos como flujo de agua, erosión, asentamientos de terraplén, etc. pudieran poner en riesgo la estabilidad de los accesos y de la estructura.

Figura 124. Construcción de conos de derrame

6.3.2 Calafateo de fisuras

Considerando que gran parte de las subestructuras (estribos, caballetes, pilas, etc.) son de concreto reforzado al igual que la superestructura, aplica lo expresado en el presente documento, específicamente el punto 6.2.2 referente al “Calafateo de fisuras”.

6.3.3 Reparaciones en el concreto y el acero de refuerzo

Generalmente los elementos de la subestructura presentan acumulación de agua en los cabezales y manchas de escurrimiento en sus elementos (cuerpo, aleros, cabezal, topes y bancos), por lo que el concreto sufre desconches con o sin acero de refuerzo expuesto y con corrosión, agrietamientos y fracturas; estas causas dan lugar a un conjunto de acciones destinadas a rehabilitar el concreto y el acero de refuerzo y a mejorar el sistema de impermeabilización y evacuación del agua. Los trabajos comunes que se realizan en estos elementos son:

- Reparación de desconches en aleros, cuerpo de estribos, cabezales y columnas.

- Inyección de grietas.

Figura 125. Reparación de grietas en elementos de subestructura

En cuanto a la ejecución de los trabajos, se puede aplicar lo expresado en el presente documento, específicamente el punto 6.2.3 referente a “Reparación de grietas” y el punto 6.2.4 referente a “Reparación y resane de elementos de concreto”.

6.3.4 Reparación de grietas en mampostería

Es el conjunto de actividades necesarias para reparar las grietas, que se presentan en elementos de mampostería, con el propósito de restaurar el cementante que mantiene unidos los elementos que conforman al material, así como también evitar la entrada de cuerpos extraños y del agua a dichos elementos y disminuir su degradación o deterioro.

Siempre y cuando no sean daños severos se pueden reparar estos deterioros mediante la Inyección de grietas con lechada de cemento de mampostería.

Se puede consultar el procedimiento general de estos trabajos en el apéndice A 5.4.12, de la Guía de Procedimientos y Técnicas para la Conservación de Carreteras en México 2014.

Figura 126. Elemento de mampostería con las perforaciones para inyección

6.4 Cimentación

6.4.1 Calafateo de fisuras

Considerando que gran parte de la cimentación de estribos, caballetes, pilas, etc. son de concreto reforzado al igual que la superestructura y subestructura, aplica lo expresado en el presente documento, específicamente el punto 6.2.2 referente al “Calafateo de fisuras”. Cabe destacar que los trabajos de conservación se refieren únicamente a porciones de cimentación que se encuentren superficiales y/o no se afecte la estabilidad del puente.

6.4.2 Reparaciones en el concreto y el acero de refuerzo

Considerando que gran parte de la cimentación de estribos, caballetes, pilas, etc. son de concreto reforzado al igual que la superestructura y subestructura. Aplica lo expresado en el presente documento, específicamente el punto 6.3.3 referente al “Reparaciones en el concreto y el acero de refuerzo”. Cabe destacar que los trabajos de conservación se refieren únicamente a porciones de cimentación que se encuentren superficiales y/o no se afecte la estabilidad del puente.

6.4.3 Reparación de grietas en cimentaciones de mampostería

Se deberá considerar el procedimiento expresado en el presente documento, específicamente el punto 6.3.4 referente a “Reparación de grietas en la mampostería”. Aplica únicamente a porciones de cimentación que se encuentren superficiales y/o no se afecte la estabilidad del puente.

6.5 Elementos complementarios y de operación de la estructura

Es el conjunto de actividades enfocadas a la reparación o renovación de todo elemento o dispositivo físico ya sea de concreto, acero, neopreno, madera, etc. que tiene la función de colaborar en el funcionamiento de un puente y/o accesos. Algunos de los elementos de equipamiento son: juntas de dilatación, sistemas de impermeabilización y drenaje, pavimento, barreras de seguridad, parapetos, guarniciones, aceras, canalizaciones para servicios, etc.

6.5.1 Accesos

6.5.1.1 Construcción o reparación de revestimiento en taludes

Son las actividades necesarias para construir o reparar las zonas que presentan fracturas en la losa de protección de los terraplenes, ya que sin esta protección la acción de la naturaleza puede provocar erosión o fuga de material en el terraplén y poner en riesgo la estabilidad de los accesos y de la estructura.

6.5.1.2 Renivelación de accesos

Es el conjunto de actividades que se realizan sobre la superficie de una carpeta asfáltica para corregir deformaciones permanentes, tales como roderas, depresiones y corrugaciones, entre otras, con el propósito de restablecer las características geométricas, de drenaje superficial, de seguridad y de comodidad de la carretera. Estos trabajos deberán apegarse a la norma **N·CSV·CAR·3·02·001.**

Figura 127. Renivelación de accesos

6.5.2 Señalamiento

Es el conjunto de los dispositivos de tránsito vial, tales como señales verticales, y marcas en el pavimento, cuyo objetivo es proporcionar información, guía y seguridad a los usuarios del camino. Se clasifican en: horizontales y verticales.

6.5.2.1 Reposición de defensas metálicas

Es el conjunto de actividades que se realizan para reponer parcialmente una defensa metálica, cuando estas se encuentran deteriorada o con daños provocados por impactos o corrosión, entre otros, con el propósito de restituir las condiciones originales de estos elementos y mantener la carretera en condiciones óptimas de seguridad. Los trabajos deberán ejecutarse siguiendo la norma **N·CSV·CAR·3·05·001.**

Figura 128. Trabajos de reposición de defensa metálica

6.5.2.2 Reposición de malla ciclónica

Es el conjunto de actividades que se realizan para reponer malla ciclónica, cuando estas se encuentran dañadas en zonas localizadas y relativamente pequeñas, con el propósito de mantener las condiciones de la estructura en el mejor estado posible y garantizar la seguridad de los usuarios.

Figura 129. Trabajos de reposición de malla ciclónica

6.5.2.3 Reparación de barreras centrales de concreto hidráulico

Es el conjunto de actividades que se realizan para reponer o rehabilitar, total o parcialmente, barreras centrales de concreto hidráulico que presenten deterioros o daños, provocados por impactos o asentamientos, entre otros, con el propósito de restituir las condiciones originales de estos elementos. Estos trabajos de conservación deberán realizarse de acuerdo a lo descrito en la norma **N·CSV·CAR·3·05·002**.

6.5.2.4 Reposición aislada de vialetas y botones

Es el conjunto de actividades que se realizan para reponer las vialetas y botones en estructuras, cuando han sufrido algún tipo de daño o no existen, con el propósito de mantener la vialidad en condiciones de seguridad en lo que a señalamiento se refiere. Los trabajos de reposición de estos elementos deberán realizarse apegados lo descrito en la norma **N·CSV·CAR·3·05·003.**

6.5.2.5 Reposición de señales verticales

Es el conjunto de actividades que se realizan para reponer y conservar las señales verticales en carreteras, cuando ya han perdido su capacidad de retrorreflexión o han sufrido algún tipo de daño, con el propósito de mantener la carretera en condiciones de operación y seguridad, en lo que a señalamiento se refiere. Estos trabajos de conservación deberán realizarse siguiendo los procedimientos de ejecución descritos en la norma **N·CSV·CAR·3·05·004**.

6.5.2.6 Reposición de indicadores de alineamiento

Es el conjunto de actividades que se realizan para reponer los indicadores de alineamiento en carreteras, cuando ya han perdido su capacidad de retrorreflexión o han sufrido algún tipo de daño, con el propósito de mantener la carretera en condiciones de seguridad en lo que a señalamiento se refiere.

Figura 130. Reposición de indicadores de alineamiento

6.5.3 Limitaciones al tránsito

6.5.3.1 Reparación de limitaciones al tránsito permanentes

Son las actividades que se ejecutan para reponer o rehabilitar parcialmente aquellos elementos o dispositivos que fungen como limitaciones al tránsito permanentes de una estructura, que presenta deterioros o daños, provocados por impactos o corrosión de los elementos metálicos, entre otros, con el propósito de restituir las condiciones originales de estos elementos.

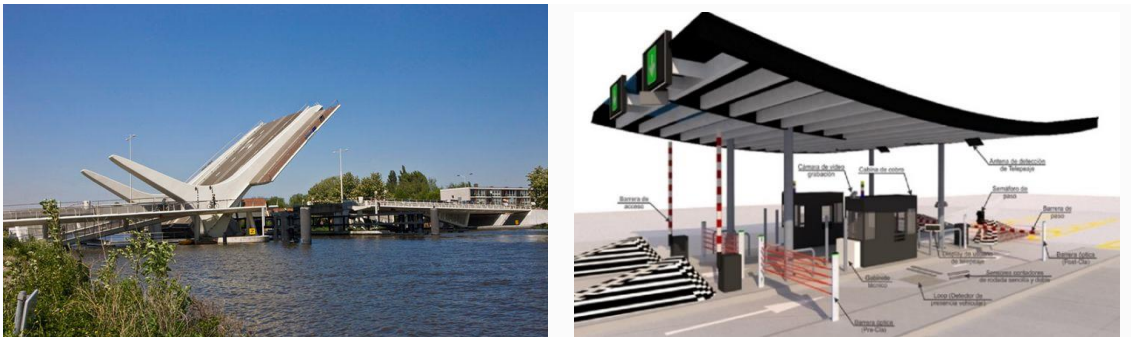

Figura 131. Limitaciones al tránsito

Manual para Conservación de Puentes y Estructuras Similares

CAPÍTULO 7 – Procedimientos generales para reconstrucción o reforzamiento

Sección		Página
7.1.	Superficie de rodamiento	176
7.2.	Superestructura	177
7.3.	Subestructura	189
7.4.	Cimentación	187
7.5.	Dispositivos de apoyo	191
7.6.	Elementos Complementarios y de Operación de la Estructura	192

7. PROCEDIMIENTOS GENERALES PARA RECONSTRUCCIÓN O REFORZAMIENTO

Es el conjunto de acciones que se realizan para rehabilitar las estructuras que han sufrido algún tipo de daño o que se pretende aumentar su capacidad portante de forma que puedan soportar el paso de las cargas actuales.
A partir de las conclusiones de la inspección, de las recomendaciones de estudios previos, así como de la revisión de la capacidad de carga y de los materiales de construcción del puente existente, y los requerimientos de la Dependencia de modernizar los caminos, se define la necesidad de reforzar y/o rehabilitar una estructura o la sustitución de ésta por una nueva. En algunos casos solo requiere conservación rutinaria.

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.

Los procedimientos utilizados en el refuerzo de estructuras se clasifican en:

Pasivos: Consisten en la aplicación o adición de elementos que aumenten la resistencia; entre los más utilizados se pueden citar:

- Refuerzo con concreto armado,
- Refuerzo con concreto lanzado y
- Refuerzo con adición de placas y perfiles metálicos

Activos: Consisten en la aplicación de acciones o deformaciones en la estructura que modifican su estado de esfuerzos favoreciendo su comportamiento resistente.

Entre las aplicaciones del refuerzo con concreto armado se pueden citar:

- Refuerzo de pilas y estribos mediante aumento de sección de las mismas.
- Refuerzo de superestructura mediante aumento de sección de sus vigas o losa para aumentar su resistencia a la flexión y/o al cortante.

En todos los casos se ha de garantizar:
- El trabajo conjunto del concreto existente y del refuerzo,
- La limpieza de la superficie de unión,
- La utilización de conectores y
- La aplicación de una resina especial

7.1 Superficie de rodamiento

Los trabajos sobre la superficie de rodamiento generalmente son de tipo rutinario o periódico, debido a que esta parte de la estructura está en desgaste constante por la acción de los vehículos. Cuando ya se trata de un mantenimiento mayor de la superficie de rodamiento (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.

Los tipos de trabajos que generalmente se realizan para la reparación de la superficie de rodamiento son:

- Sustitución de juntas de calzada
- Reacondicionamiento de la superficie de rodamiento

7.1.1 Sustitución de juntas de calzada

Debido a que las acciones del tránsito inciden directamente sobre las juntas de calzada mediante solicitaciones de impacto repetitivas, se produce el agotamiento por fatiga o el desgaste de sus componentes, a los que hay que añadir la corrosión de los elementos metálicos y el envejecimiento de perfiles de goma, morteros, etcétera.

La sustitución de las juntas consiste en cambiar la junta existente por una nueva. En este caso es posible, en ocasiones, colocar una nueva junta más sencilla que la original, debido a que ya no se toman en cuenta los movimientos iniciales de la estructura (fluencia, retracción, flujo plástico, etcétera). Estas obras dependen del tipo de junta y la severidad de su daño. Su reparación debe considerar las especificaciones del fabricante, así como estar acompañados de su respectivo proyecto, planos, y los estudios que lo justifiquen y apegados a la norma **N-CSV-CAR-4-03-002.**

Figura 132. Sustitución de juntas de calzada

7.1.2 Reacondicionamiento de la superficie de rodamiento

Cuando las características de la superficie de rodamiento, no cumplen con los requisitos adecuados para proporcionarle a los usuarios las condiciones necesarias para transitar en ellas, debido a un estado de deterioro significativo o al cambio de condiciones de tránsito u operación de la estructura, es necesario reacondicionar dicha superficie. Estos trabajos van más allá de la conservación rutinaria o periódica ya que deberán realizarse los proyectos y estudios adecuados para su aplicación.

El reacondicionamiento de la superficie de rodamiento comprende los trabajos de la remoción de la carpeta actual del puente de acuerdo a la norma **N·CSV·CAR·4·03·001** y la implementación de una nueva superficie de rodamiento con características adecuadas para las necesidades de la estructura y los usuarios.

Figura 133. Reacondicionamiento de la superficie de rodamiento

7.2 Superestructura

Los trabajos que se ejecutan en la superestructura deberán ser resultados de estudios y proyectos, en donde se deberá determinar el tipo de trabajo a realizarse pudiendo ser este un reforzamiento o la sustitución de algún elemento.

7.2.1 Reforzamiento de superestructura

Los elementos que se refuerzan son: losa, trabes, diafragmas, parapetos, etcétera utilizando elementos diversos, según lo indicado en el proyecto y los trabajos por ejecutar o las especificaciones particulares correspondientes.

Se ejecuta con el objetivo de aumentar la capacidad resistente del puente y mejorar las condiciones de servicio de la estructura para las solicitaciones nuevas (carga viva).

Las técnicas más comunes se pueden resumir en las siguientes:

- Reforzamiento con fibras de carbono,
- Reforzamiento con placas y perfiles metálicos,
- Refuerzo incrementando el número de trabes y colocando una sobrelosa, y
- Refuerzo con presfuerzo longitudinal, transversal y/o vertical

7.2.1.1 Reforzamiento con fibras de carbono

El reforzamiento longitudinal y a cortante de trabes de concreto reforzado se puede realizar de forma pasiva, colocando láminas de fibra de carbono CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer), las cuales son una combinación de fibra de carbono y una matriz de resina epóxica. Al adherir estas láminas en el patín inferior y el cuerpo del alma de las trabes de concreto reforzado, se brinda a estos elementos mayor resistencia a flexión y a cortante, aumentando la capacidad de carga de la estructura.

La colocación de las láminas de fibra de carbono se dispondrá en sentido longitudinal para realizar el reforzamiento a flexión y de manera diagonal o vertical para el reforzamiento a cortante. Esta actividad, es una manera efectiva de realizar el reforzamiento de manera pasiva de las trabes, sin introducir esfuerzos o deformaciones que modifiquen su estado tensional original y otorgando a estos elementos mayor resistencia contra cargas puntuales.

Se puede consultar el procedimiento general de estos trabajos en el capítulo 5.4 de la Guía de Procedimientos y Técnicas para la Conservación de Carreteras en México 2014.

Figura 134. Refuerzo con fibra de carbono

7.2.1.2 Refuerzo con placas y perfiles metálicos

Como alternativa de reforzamiento en la superestructura, también se pueden utilizar placas y perfiles metálicos, con las siguientes variantes:

- Con perfiles metálicos superpuestos,

- Con placas metálicas ancladas, que se caracterizan por la colocación de placas metálicas ancladas al elemento que se va a reforzar a través de conectores, consiguiendo así una unión casi continúa a nivel de sección y

- Con placas metálicas adosadas, lo cual es posible gracias al desarrollo de resinas epóxicas que han resuelto el problema de unir piezas de acero al concreto sin necesidad de anclajes.

La preparación y limpieza de la superficie del concreto es fundamental. La resina utilizada debe tener una excelente adherencia al concreto y al acero, baja retracción y fluencia, módulo de elasticidad adecuado y estabilidad a lo largo del tiempo.

Las placas de acero deben ser de calidad igual o superior al del acero tipo A36, y espesor adecuado; se preparan en taller y se protegen para evitar oxidación y deterioro en el transporte y hasta la puesta en obra.

Se puede consultar el procedimiento general de estos trabajos en capítulo 5.4 de la Guía de Procedimientos y Técnicas para la Conservación de Carreteras en México 2014.

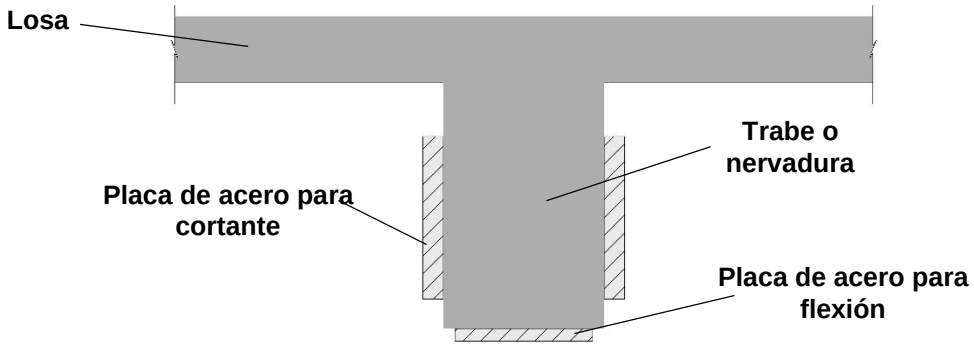

Figura 135. Refuerzo con placas de acero

7.2.1.3 Reforzamiento incrementando el número de trabes y colocando una sobrelosa

Cuando es necesario aumentar la sección transversal de un puente, generalmente necesita ser reforzado, en estos casos es común aumentar el número de trabes y si es necesario, de acuerdo a la revisión estructural, incrementar la capacidad ante cargas vivas, colocando una sobrelosa para absorber los esfuerzos excedentes. En la Figura 136 y Figura 137 se muestra un esquema ilustrativo de este tipo de reforzamiento.

Se puede consultar el procedimiento general de estos trabajos en el apéndice A 5.4.17 de la Guía de Procedimientos y Técnicas para la Conservación de Carreteras en México 2014.

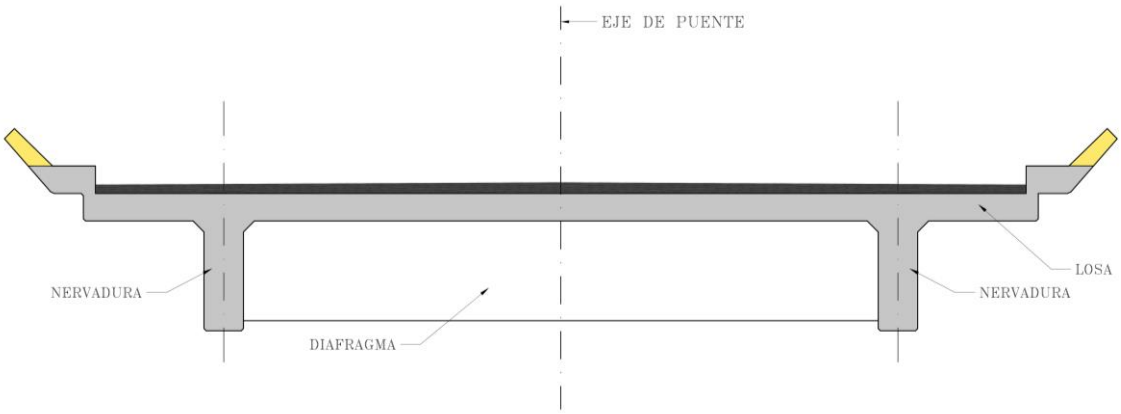

Figura 136. Ejemplo de sección transversal original

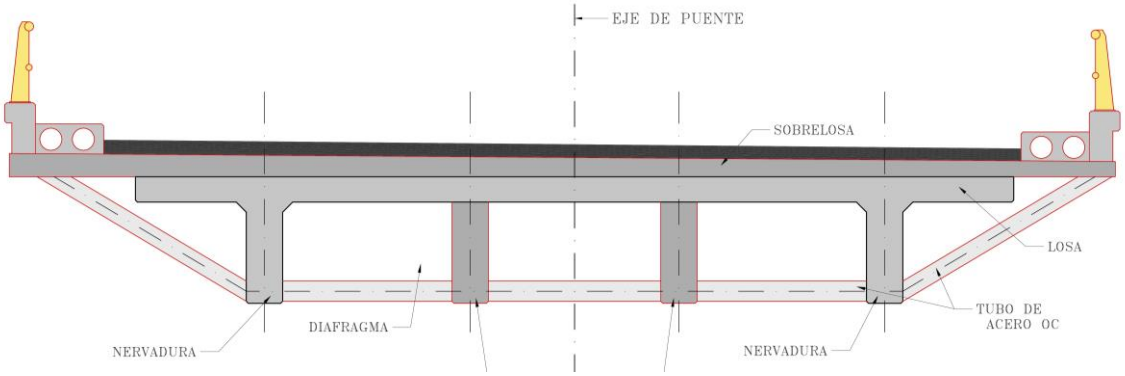

Figura 137. Reforzamiento incrementando el número de trabes y sobre losa

7.2.1.4 Reforzamiento con Presfuerzo Longitudinal, Transversal y/o Vertical

Al revisar la capacidad de carga de un puente tomando en cuenta las cargas vivas con que fue diseñado y las que actualmente transitan, puede resultar que el puente necesite ser reforzado, para absorber los elementos mecánicos producidos por las cargas actuales.

El método más común para el reforzamiento es el presfuerzo externo, que consiste en cables de acero de presfuerzo, con los cuales se obtiene una resultante normal a la superestructura del puente que ayuda a absorber los momentos y cortantes producidos por las cargas vivas actuales.

Existen tres tipos del presfuerzo externo, los que se pueden utilizar individualmente o combinándolos:

- Presfuerzo longitudinal
- Presfuerzo transversal
- Presfuerzo vertical

Figura 138. Ejemplo de estructura con presfuerzo longitudinal y vertical

Figura 139. Ejemplo de presfuerzo transversal

Se puede consultar el procedimiento general de estos trabajos en el capítulo 5.4 y en el apéndice A 5.4.18 de la Guía de Procedimientos y Técnicas para la Conservación de Carreteras en México 2014.

7.2.1.5 Reforzamiento en puentes de acero

Para los puentes de acero, se realizan procesos de reforzamiento de las superestructuras; esto después de haber hecho la revisión estructural, y si ésta nos indica la carencia de condiciones adecuadas para las solicitaciones de servicio de la estructura.

Cabe señalar que generalmente la formación de los planos es complicada, ya que se tiene que realizar un despiece de todos sus elementos, como se muestra a continuación.

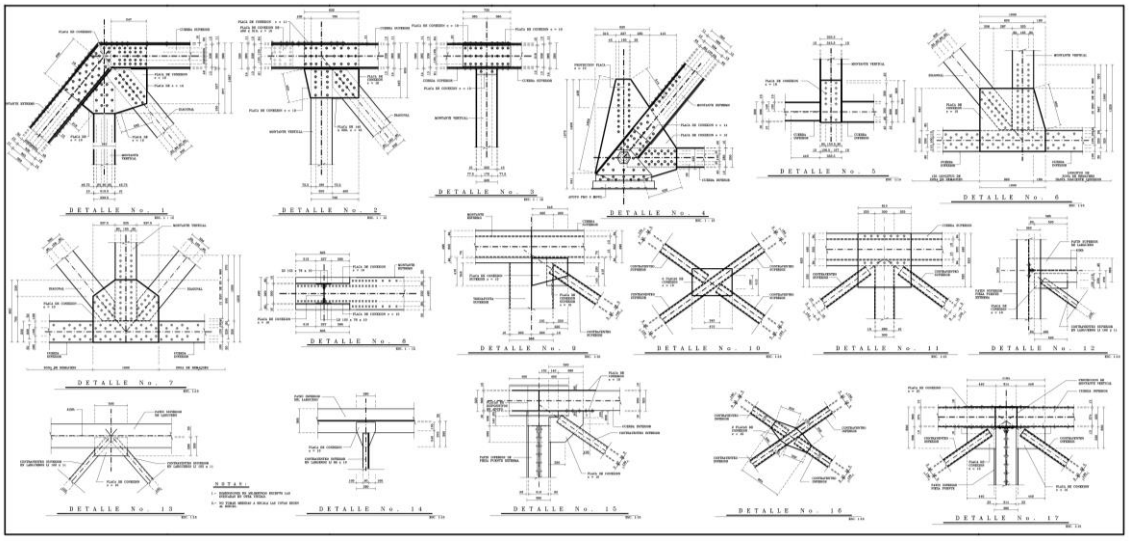

Figura 140. Ejemplo de despiece de elementos de puente metálico

Cuando algunos elementos se encuentran con fractura en la soldadura, entonces se tendrá que especificar este reforzamiento con un procedimiento adecuado el cual garantice una relevación de esfuerzos, asimismo el reforzamiento de elementos principales que presentan deflexión excesiva.

Los procesos de reforzamiento tanto para estructuras de concreto como de acero son diversos y cada uno de ellos de apega a las necesidades de la estructura, por lo cual aquí sólo se pretenden dar algunas ideas específicas para la realización de reforzamientos en general.

Figura 141. Trabajos de reforzamiento en estructuras de acero

Se puede consultar el procedimiento general de estos trabajos en el capítulo 5.4 de la Guía de Procedimientos y Técnicas para la Conservación de Carreteras en México 2014.

7.2.2 Reparación de elementos principales de acero

Cuando se requiere reparar, rehabilitar o proteger algún elemento principal de acero estructural, debido a que presenta daños o deterioros, es necesario realizar una ingeniería adecuada para poder conocer la manera de trabajar del elemento y de esta manera, diseñar un procedimiento constructivo adecuado que garantice la relevación de esfuerzos del elemento que se pretende reparar.

Estas actividades se deben ajustar a cada proyecto en específico, ya que existen diversas soluciones para dichos trabajos, pero siempre se deberá garantizar la seguridad de las personas y la estructura.

Figura 142. Reparación de trabes principales de acero

7.2.3 Sustitución de elementos en puentes

Cuando las acciones de reparación están encaminadas a la sustitución de alguno de los elementos de la estructura, por presentar algún estado de deterioro, falla o mal funcionamiento. se deberá tener especial atención al procedimiento constructivo que se implementará para la sustitución del elemento, debiéndose considerar la redistribución de esfuerzos que puede traer consigo el agregar o quitar algún elemento de forma permanente o temporal.

Aunque son trabajos que se ejecutan como resultado de estudios y un proyecto. Cuando se pone en riesgo la estabilidad de la estructura y según el reporte de inspección, se debe aplicar un protocolo de seguridad que contemple, si es necesario, el cierre al tránsito vehicular del puente, la colocación de señalamiento de protección en obra y la realización de un plan de contingencia.

Figura 143. Apuntalamiento para realineamiento de vigas longitudinales

7.2.4 Alineamiento vertical y horizontal de tableros de la superestructura

Ante los corrimientos y modificación del alineamiento vertical y horizontal (generados por acciones instantáneas), se genera la necesidad de realizar todas aquellas actividades para reubicar en la posición original los tableros de la superestructura, generando con ellos múltiples tareas a realizar para la corrección de los daños.

Una de las causas más importantes de la pérdida del alineamiento vertical y horizontal es por causa de los sismos. Los daños específicos ante la solicitación de este tipo de movimientos son: el corrimiento longitudinal de las trabes, haciendo que el eje longitudinal, las trabes se salga de su posición de tal forma que no tienen contacto con los apoyos de neopreno ni con el banco de apoyo; el desfasamiento en el sentido transversal del eje de camino, es otro tipo de desfasamiento que se ha encontrado recientemente y que cobra relevancia ya que el daño que genera a los topes símicos es la fractura de los mismos.

Figura 144. Alineamiento horizontal de tableros de superestructura

7.3 Subestructura

Cuando basados en los resultados de la inspección, la evaluación de los daños de la estructura y los estudios correspondientes, se determina que la subestructura presenta algún tipo de problema o deficiencia es necesario realizar las acciones pertinentes para corregir el problema.

Basado en el tipo de problema o daño presente en el elemento se deberá evaluar dentro del proyecto el tipo de reparación a realizarse. Se pueden mencionar algunos de los tipos de reparaciones comúnmente utilizados en las subestructuras, aclarando que las soluciones deberán ir acompañadas de un proyecto que les de sustento y en este apartado sólo se pretende dar una idea global de estas acciones.

Para reforzar y/o rehabilitar los elementos de una subestructura se pueden considerar las siguientes técnicas:

7.3.1 Reparación de fractura en estribos de concreto

Algunos estribos, especialmente de alcantarillas son fabricados con concreto simple; si al hacer la revisión estructural, estos elementos no presentan deficiencia de capacidad de carga, entonces se podrán reparar con trabajos de resane, rellenando las oquedades de la fractura con mortero de reparación.

7.3.2 Encamisado de Pilas

El objetivo de un trabajo de reforzamiento de este tipo, es el reparar y reforzar para darle mayor inercia a un apoyo para que su resistencia y desplazamientos estén dentro de lo permisible. Consiste en el incremento del tamaño de la sección transversal de un elemento estructural, mediante la adición de más acero de refuerzo y concreto. Esta técnica se aplica tanto a elementos horizontales como verticales y se usa principalmente cuando los elementos son severamente dañados o cuando se considera que su resistencia es insuficiente ante las cargas actuantes y/o las cargas accidentales esperadas.

El encamisado de concreto reforzado puede llevarse a cabo de dos maneras: la forma convencional consiste en depositar el concreto en forma manual alrededor de la sección del elemento, adicionando acero de refuerzo y anclajes a la sección existente, este método requiere el uso de cimbra y su aplicación es lenta debido al tiempo de curado del concreto. Se puede también colocar concreto lanzado (shotcrete), que consiste en la aplicación de concreto sobre la superficie del elemento (reforzado con malla de acero o refuerzo ordinario) mediante una pistola a presión. Además del encamisado de concreto reforzado, se han utilizado encamisados de acero, o bien encamisados con materiales compuestos FRP (Fiber Reinforced Polymer).

Se recomienda que los trabajos de reparación y reforzamiento del apoyo se realicen en época de estiaje, o se deberá desviar el cauce para obtener una superficie de trabajo seca.

Se puede consultar el procedimiento general de estos trabajos en el capítulo 5.4 de la Guía de Procedimientos y Técnicas para la Conservación de Carreteras en México 2014.

Figura 145. Ejemplo de encamisado en pilas

7.3.3 Reforzamiento de corona y cabezales

El reforzamiento de los cabezales y las coronas se puede realizar con diversos métodos donde el objetivo de este será el de aumentar la capacidad de la estructura a los esfuerzos que se le inducen. Generalmente este se realiza con presfuerzo, aunque también se hace uso de la fibra de carbono o alguna estructura metálica externa.

Figura 146. Ejemplo de refuerzo de cabezales

7.3.4 Adición de una estructura

Otro tipo de reforzamiento se puede realizar adicionando una estructura metálica o de concreto al apoyo para contribuir a la resistencia del elemento o tomar el total de la resistencia del mismo. Estas soluciones resultan ser prácticas en cuanto al tiempo de la ejecución de los servicios.

Figura 147. Adición de estructura para refuerzo de pila

7.4 Cimentación

Los problemas que se presentan en las cimentaciones pueden ser por diversos motivos, los más comunes son: la socavación excesiva, asentamiento de alguno de los apoyos, falta de capacidad de carga de la cimentación o deterioros en la cimentación.

Los trabajos que generalmente se realizan en la cimentación son:

7.4.1 Aumento de sección en pilotes o zapatas

Cuando la capacidad de carga de la cimentación es insuficiente para las solicitaciones de la estructura es necesario que se amplié la superficie de contacto con el suelo y para lograr ese objetivo se puede aumentar la sección de la cimentación.

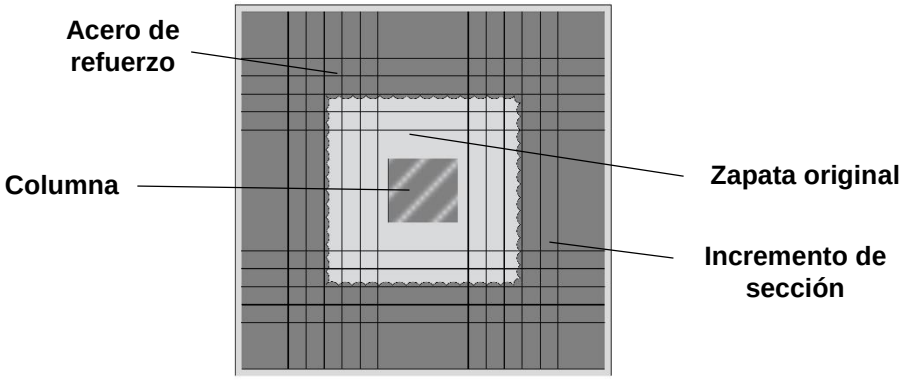

Figura 148. Aumento de sección en zapata

Se puede consultar el procedimiento general de estos trabajos en el apéndice A 5.4.20 para pilas y 5.4.21 para el caso de zapatas, de la Guía de Procedimientos y Técnicas para la Conservación de Carreteras en México 2014.

Figura 149. Aumento de sección en pilotes

7.4.2 Adición de pilotes

Estos trabajos consisten en la adición de pilotes en alguno de los apoyos de la estructura que presente deficiencias para soportar las cargas de la estructura. El principal problema de esta solución es el de garantizar que los pilotes trabajen en conjunto lo que se puede lograr utilizando sistemas de trabes de ligas entre los pilotes los cuales pueden estar presforzados o no.

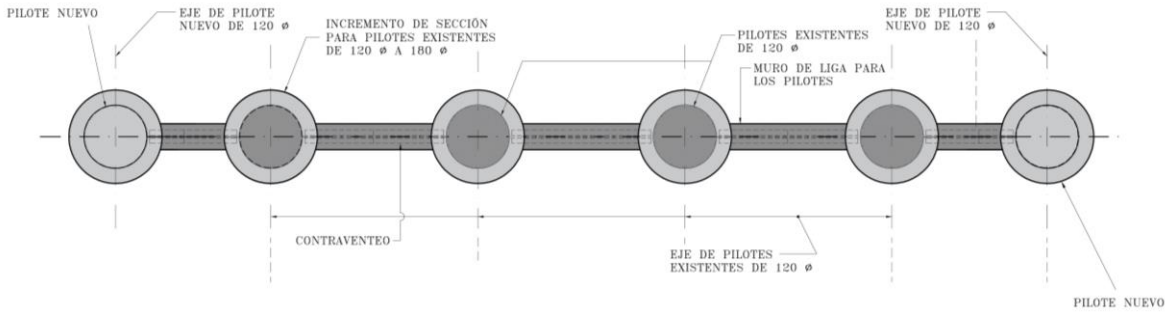

Figura 150. Ejemplo de adición de pilotes y muros de liga

Figura 151. Adición de pilotes, muros de liga y encamisado de pilotes

7.4.3 Refuerzo mediante micropilotes

Se recurre a esta técnica cuando las capas o estratos en los cuales está soportada la cimentación no cuentan con la capacidad portante suficiente para absorber las cargas transmitidas por la estructura. La capacidad portante del micropilote es inferior a la de los pilotes. Se utilizan en terrenos donde no es posible la ejecución de pilotes convencionales, ya sea por dificultad en los accesos como por otras causas que lo impidan. Para el caso de reparación en puentes se emplean por fallas en la cimentación o por fallas del terreno donde se asientan los cimientos.

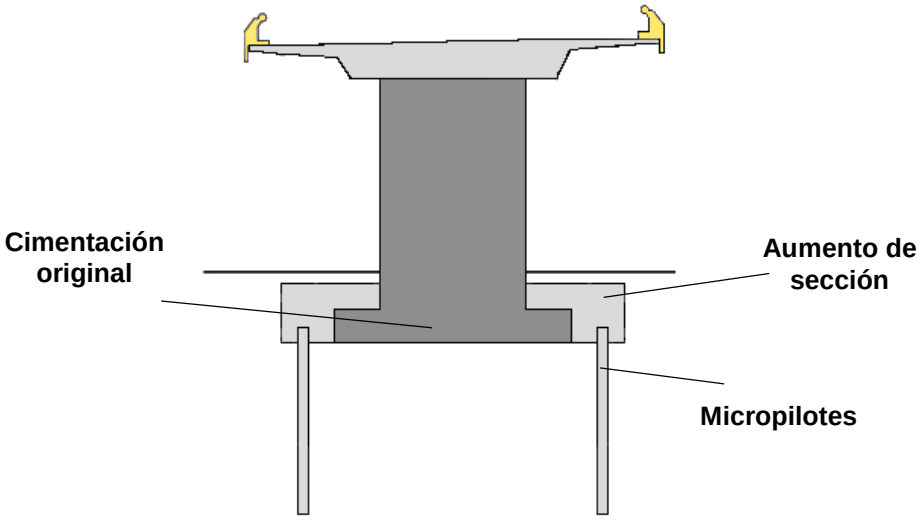

Figura 152. Reforzamiento con micropilotes

7.4.4 Protección con tablestacas

Cuando los apoyos y la cimentación de la subestructura se encuentran expuestos a socavación, una solución es colocar protección de forma perimetral al apoyo y de esta manera evitar que los efectos de la corriente sigan socavando el suelo que rodea a dicho apoyo.

Figura 153. Apoyo con protección de tablestacas

7.4.5 Construcción de Dentellones Perimetrales en Cimentaciones Superficiales

Consiste en un muro de aproximadamente 0.50 m de espesor el cual se construye en todo el perímetro de la cimentación hasta 1.50 o 2 m por debajo de ésta; el objetivo fundamental de éste es proteger a la cimentación contra la socavación. El dentellón generalmente se construye de concreto ciclópeo, por lo práctico que éste resulta.

Se puede consultar el procedimiento general de estos trabajos en el capítulo 5.4 en la sección referente a la construcción de dentellones perimetrales en cimentaciones superficiales, de la Guía de Procedimientos y Técnicas para la Conservación de Carreteras en México 2014.

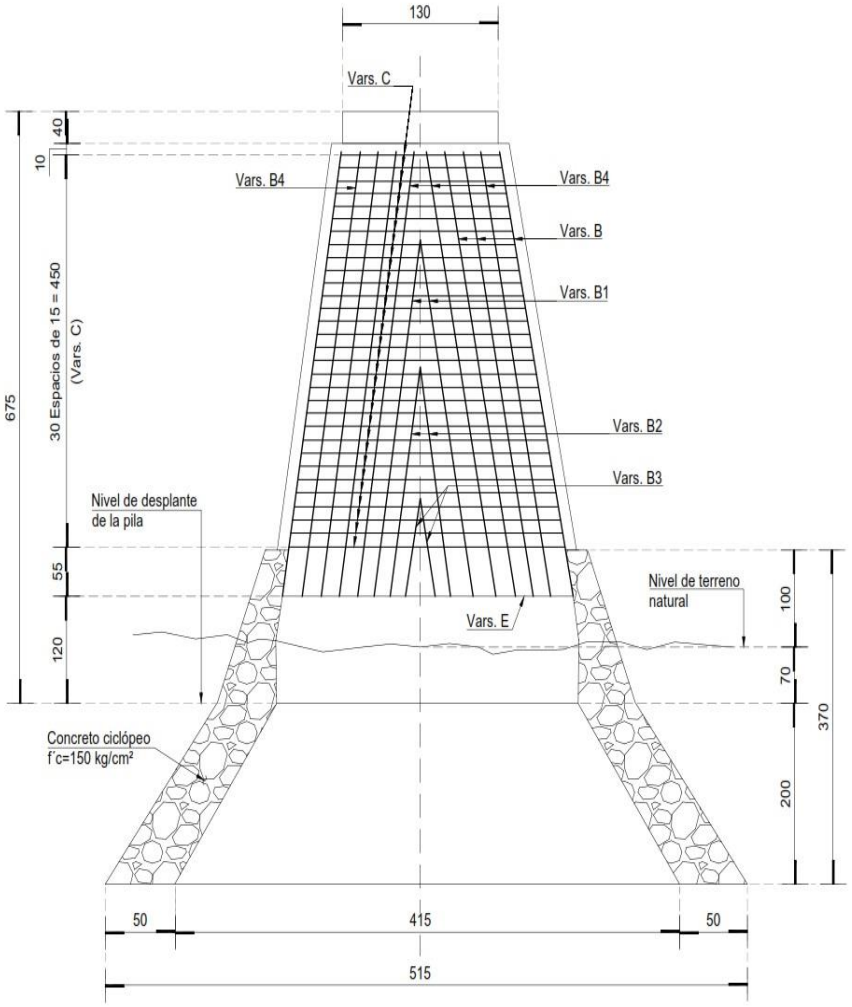

Figura 154. Protección con dentellón

7.4.6 Enrocamiento

Es el método que ha demostrado ser el más efectivo para reducir la profundidad de socavación local; consiste en colocar piedras alrededor de la pila en un espesor de tres veces el diámetro medio del enrocamiento y dos veces el ancho de la pila; el diámetro promedio de los fragmentos de roca debe ser tal que dicho fragmento no sea arrastrado por la máxima velocidad de la corriente.

Se puede consultar el procedimiento general de estos trabajos en el apéndice A 5.4.15, de la Guía de Procedimientos y Técnicas para la Conservación de Carreteras en México 2014.

Figura 155. Enrocamientos en subestructura para protección de cimentación

7.5 Dispositivos de apoyo

Con el transcurso de los años los dispositivos de apoyo presentan envejecimiento, roturas, deformaciones y/o corrosión. Cuando los daños son severos o cuando el tiempo de vida útil del apoyo se termina es necesario sustituirlos para poder preservar la estructura en condiciones adecuadas de operación.

7.5.1 Sustitución de dispositivos de apoyo

La sustitución de apoyos es una de las acciones de conservación más complejas y costosas ya que exige el levantamiento del tablero mediante gatos, el desvío del tráfico, el reforzamiento del tablero y en algunos casos la demolición parcial de los diafragmas de los apoyos extremos. Para estos trabajos se deberá de verificar estructuralmente el procedimiento constructivo que se utilizará para determinar si la estructura es capaz de soportar las cargas que producirá su izaje y reforzar algunos elementos según sea el caso.

Se puede consultar el procedimiento general de estos trabajos en el apéndice A 5.4.6, de la Guía de Procedimientos y Técnicas para la Conservación de Carreteras en México 2014.

Figura 156. Sustitución de apoyos en puentes

7.6 Elementos complementarios y de operación de la estructura

Debido a que las estructuras forman parte de vialidades y deben de trabajar en buenas condiciones todos los elementos, tanto los que la conforman como aquellos que son complementarios a esta o que son parte de su operación. Por tales motivos es indispensable que, si algún elemento complementario a la estructura presenta condiciones deficientes, daños severos o algún problema mayor, se deberán de ejecutar las acciones necesarias para reconstruir, reparar o reforzar el o los elementos.

Entre los trabajos más comunes que se realizan a los elementos complementarios a la estructura podemos enumerar los siguientes:

7.6.1 Accesos

Los accesos por ser aquellos que permiten el acceso a la estructura son fundamentales para su funcionamiento, por lo cual estos deben de operar en condiciones adecuadas y proporcionarle a los usuarios seguridad. En ocasiones el mal diseño, los vicios constructivos, las acciones de la naturaleza o el paso de los años generan problemas mayores los cuales deben de atenderse y las acciones más comunes que se realizan en ellos son:

7.6.1.1 Recargue de material en terraplenes

Cuando en ocasiones existe fuga de material en los terraplenes de los accesos o los efectos de alguna crecida en los cuerpos de agua que salva la estructura dañan el terraplén de acceso. Es indispensable que se recargue el material, ya que de lo contrario el terraplén puede hacerse inestable y dañarse, lo que afectaría el ingreso a la estructura.

Figura 157. Problema en losa de acceso por fuga de material.

7.6.1.2 Construcción o remplazo de losa de acceso

Muchas veces en los accesos se presentan asentamientos o deformaciones en la superficie de rodadura, esto es debido a la compactación del suelo producto de los vehículos que transitan en la vía y en algunas ocasiones a la falla en las losas de acceso. Estos asentamientos o deformaciones en la superficie de rodadura generan problemas en los vehículos que transitan por lo que se deben ejecutar acciones de conservación correspondientes.

Para resolver este problema, si la estructura no cuenta con una losa de acceso, se puede construir una, la cual tendrá la función de suavizar la transición entre el acceso y la estructura o si posee una losa la cual se encuentra con problemas, se deberá remplazar la misma. Las losas de acceso deberán proyectarse para soportar las cargas de los vehículos que transitan y se deberá diseñar un procedimiento constructivo adecuado que permita la circulación de los vehículos o se deberán considerar los desvíos necesarios si se cierra la vialidad.

Figura 158. Construcción de losa de acceso.

Cuando se detecten daños en las losas de acceso como agrietamientos, desconches, desfasamientos en su posición original o vibraciones extremas, también se deberá pensar en una sustitución de la misma.

7.6.2 Gálibos

Cuando las estructuras tienen la necesidad de ampliarse tanto vertical como horizontalmente de modo que puedan operar de manera adecuada, se deberá evaluar con cuidado la situación presente ya que puede resultar bastante costosa y se requerirán de diversos trabajos, que van desde el izado de la superestructura, demoliciones parciales, ampliaciones en subestructura, reforzamientos en superestructura y subestructura y que en algunos casos es preferible la sustitución total de la misma.

Los trabajos más comunes se realizan en aquellas estructuras que poseen un gálibo vertical escaso y se realizan para aumentar el gálibo de una estructura. Dentro de las acciones más comunes podemos mencionar las siguientes:

7.6.2.1 Elevar la altura de la estructura

Esta acción consiste en aumentar la altura de la estructura, por medio del izaje de la superestructura y el aumento de los bancos en los apoyos de la subestructura. Estas acciones resultan bastante complicadas y los costos son elevados por lo cual se debe de evaluar con cuidado.

7.6.2.2 Disminuir el nivel de rasante de la vialidad inferior

Los trabajos consisten en modificar el nivel de rasante del camino al cual salva la estructura, esta acción es menos problemática, pero se debe de evaluar que las condiciones del proyecto geométrico de la vialidad en cuestión se encuentren dentro de los parámetros establecidos por las normas.

7.6.3 Márgenes de río y cauce

Uno de los problemas recurrentes que se produce en los puentes es la erosión y socavación del cauce y/o los márgenes del río o cuerpos de agua. Existen diversos métodos para corregir estos problemas dentro de los cuales se pueden mencionar los siguientes:

7.6.3.1 Zampeado sobre márgenes de ríos y/o cauce

El zampeado es un elemento de protección del cauce contra la socavación que consiste en la colocación de una capa de mampostería de piedra junteada; su función es evitar que el agua esté en contacto directo con los materiales del fondo y detener la erosión que pueda presentarse. La protección variará dependiendo del material que conforma el fondo y los bordos del cauce, pudiéndose ampliar ésta hasta las márgenes. El espesor del zampeado empleado varía entre 10 y 15 cm y deberá rematar al inicio y al final con un

dentellón del mismo material de 30 cm de ancho mínimo y 1.5 ó 2 m de profundidad.

Figura 159. Zampeado de taludes en margenes de ríos o cauces

7.6.3.2 Protección con muros gaviones

El gavión es un elemento modular en forma de prisma rectángular, tipo caja, confeccionado a partir de redes metálicas con malla hexagonal de triple torsión, llenado con rocas de diferentes tamaños, costuradas o unidas sus juntas, formando estructuras monolíticas flexibles, destinadas a retener o contener deslizamientos y/o controlar procesos erosivos de suelos en laderas, taludes o terraplenes.

Su utilización en la protección contra socavación consiste en formar una estructura sobre el cauce o elemento por proteger; el espesor estará en función de las condiciones de la zona siendo las pilas sobre el cauce la zona más crítica debido a la socavación local que se genera.

Figura 160. Ejemplo de protección del cauce con gaviones

7.6.3.3 Protección a base de geotextil relleno de concreto (colchacreto)

Es un sistema de control de erosión para ríos y canales, que está compuesto por un Geotextil de Polipropileno de sección rectangular relleno de concreto, con lo cual se forman bloques que se unen para formar la estructura de protección.

Se recomienda utilizar para el llenado un concreto de resistencia a la compresión superior a 100 kg/cm^2; también puede utilizarse mortero o suelo cemento.

El geotextil a utilizarse será del tipo no tejido punzonado por agujas y será a criterio la posición en que deban colocarse (transversal o longitudinalmente). Una buena práctica ingenieril muestra que la conformación de una protección en forma de traba (como se coloca la mampostería) ofrece muy buenos resultados para el conjunto.

Se puede consultar el procedimiento general de estos trabajos en el capítulo 5.4 en la sección referente a protección a base de geotextil relleno de concreto, de la Guía de Procedimientos y Técnicas para la Conservación de Carreteras en México 2014.

Figura 161. Ejemplo de protección con colchacreto.

7.6.3.4 Protección con tapetes antisocavación

Es un sistema de protección a base de un tapete de Geotextil tejido que se diseña para proteger la cimentación de una estructura principal, de los efectos de socavación. Los tapetes antisocavación deben estar presentes en la base para proteger de la acción de las corrientes. Los tapetes antisocavación pueden estar en ambos o en un solo lado de la estructura principal. Los Tapetes Antisocavación están compuestos por un material es inerte a la degradación biológica y resistente a los químicos (ácidos y álcalis) encontrados en la naturaleza.

7.6.3.5 Protección con tablestacas

También se puede implementar las tablestacas como una solución a la socavación o erosión de las márgenes de los ríos, colocando está en el perímetro de la margen que presente problema.

Figura 162. Ejemplo de protección con tablestacas.

Manual para Conservación de Puentes y Estructuras Similares

CAPÍTULO 8 – *Fuentes de consulta*

8. FUENTES DE CONSULTA

- **Sistema de administración de puentes (SIAP).** Instituto Mexicano del Transporte Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Publicación Técnica Núm. 49 (1994).

- **Manual para Inspección y Conservación de puentes tomo I y tomo II.** Dirección General de Servicios Técnicos Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (1988).

- **Catálogo de Deterioros en Pavimentos Flexibles de Carreteras Mexicanas**. Instituto Mexicano del Transporte Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Publicación Técnica Núm. 21 (1991).

- **Guía de procedimientos y técnicas para la conservación de carreteras en México.** Dirección General de Servicios Técnicos Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2014).

- **Bridge Inspection and Rating Manual.** Montana Department of Transportation. (2015).

- **AASHTO Bridge Element Inspection Guide Manual.** American Association of State Highway and Transportation Officials. (2010).

- **Manual para Inspecciones Rutinarias de puentes y Alcantarillas en Servicio.** Gerencia Técnica Subgerencia de Estudios y Proyectos Departamento de Obras de Arte. (2007). Gobierno de la Provincia de Buenos Aires, República de Argentina.

- **Mantenimiento y Reparación de Puentes de Concreto.** Ing. Francisco Aguilar Rodríguez Facultad de Ingeniería UNAM. (1998).

- **Puentes en México: Sistema de Gestión.** Francisco Javier Carrión Viramontes Instituto Mexicano del Transporte. Presentación de Power Point. 3 al 6 noviembre 2014.

- **Manual de Inspección de Puentes.** Dirección de Puentes, Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2007), República de Costa Rica.

- **Normas y métodos de la normatividad técnica de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.** 2000/2018

- **Pautas para la selección, diseño y detallado estructural de apoyos en puentes.** Ing. Carlos Rodríguez. Presentación de Power Point

- **Inspección, Mantenimiento y Rehabilitación de Daños en Puentes, Tipología de Daños en Puentes.** Ing. Adolfo Sánchez Sánchez Facultad de Ingeniería UNAM. (1996).

- **Sistemas de Gestión de Puentes, Optimización de estrategias de mantenimiento e Implementación en redes locales de carreteras.** Ing. Javier Martínez Cañamares. (2016).

- **Manual de Procedimientos.** Dirección General de Conservación de Carreteras Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2010).

- **Medidas eficientes en la Conservación de Puentes.** Ing. Luis Matute Rubio, Ing. Ignacio Pulido Sánchez VI Congreso Nacional de Ingeniería Civil. (2012).

- **Proyecto de conservación de carreteras mediante el esquema asociación publico privada.** Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2016).

- **Catálogo de Fallas de Pavimentos.** Dirección General de Conservación de Obras Públicas Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (1984).

- **M5.1. Catálogo de Deterioros de Pavimentos Flexibles**. Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica. Volumen Núm. 11 (2002).

- **M5.2. Catálogo de Deterioros de Pavimentos Rígidos.** Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica. Volumen Núm. 12 (2002).

- **Manual de Construcción Geotécnica. Tomos I y II.** Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, A. C., México, D. F., 2002.

- **Metodologías de Inspección no Destructiva Aplicables a Sistemas de Gestión de Puentes**. Francisco Javier Carrión Viramontes, Juan Antonio Quintana Rodríguez, José Alfredo López López, Alexander Balankin, Didier Samayoa Ochoa. Publicación Técnica No. 302, Sanfandila, Qro. 2006.

- **Métodos Tradicionales de Análisis**. Curso de Estabilidad de Taludes y Laderas Naturales. Dr. Juan Félix Rodríguez Rebolledo. SMIG. Centro Asturiano, México D.F. 2012.

- **Las patologías más frecuentes detectadas en las inspecciones de puentes de la Red de Carreteras del Estado.** Ing. Luis Matute Rubio, Ing. Ignacio Pulido Sánchez, Ing. Virginia Sánchez Mangas, Agustín Redero García. (2009)