

de fatiga que en éstas condiciones es muy probable de ocurrir. Por esta razón los puntos donde se hubieran efectuado soldaduras in situ o existan cambios bruscos de sección deben ser minuciosamente inspeccionados.



Figura 4-17

4) Infraestructura

La infraestructura está compuesta de estribos y cepas, y en cuanto a su inspección se refiere, normalmente debe darse especial atención a los daños de los puntos de apoyo de la superestructura.

Existen casos en que la superestructura puede soltarse y caer de la infraestructura, como consecuencia de, por ejemplo, algún movimiento sísmico. Al respecto, un puente del que haya colapsado una parte de la estructura no debería volver a utilizarse; pero, existen muchos casos en los que se ha conseguido rescatar y muchas veces volver a utilizar la parte colapsada restableciendo el tránsito en breve tiempo.

Sin embargo, deben evitarse en lo posible estos hechos casuales, por lo cual, es necesario revisar las dimensiones de las mesas de apoyo de las vigas. Pues, éstas deben ser lo más anchas posible para evitar que las vigas caigan. Éste tipo de medidas, a priori, representan una forma económica de prever eventualidades. A modo de referencia, en la Figura 4-18 se muestran los anchos de mesa de apoyo que en usualmente se inspecciona en Japón, que similarmente a Chile, es un país que está muy expuesto a los efectos de los terremotos.

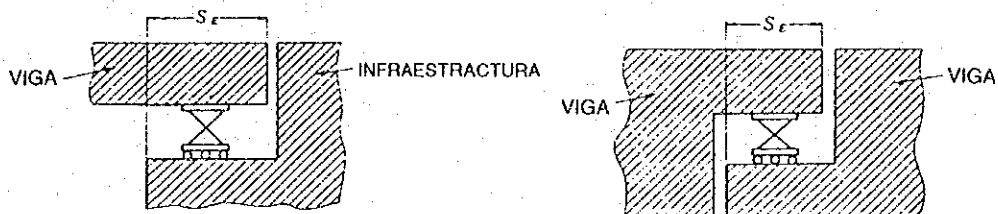
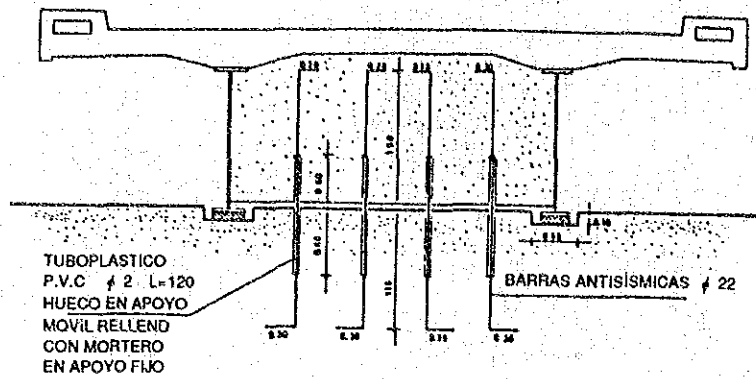


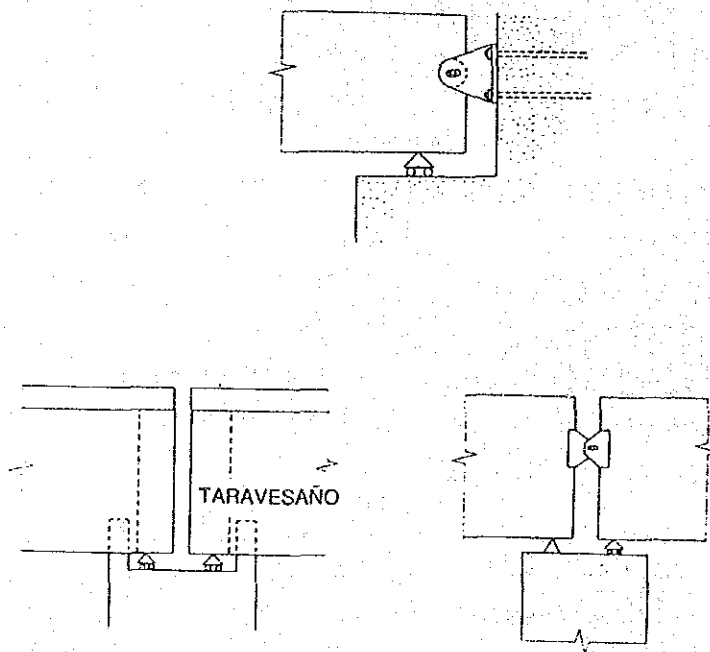
Figura 4-18

5) Refuerzos antisísmicos



DETALLE BARRAS ANTISISMICAS

Figura 4-19



FIJADORES DE LAS VIGASA A LA INFRAESTRUCTURA

Figura 4-20

5. Ítemes de inspección, criterios de evaluación

5-1 Normas generales

5-1-1 Alcance de las Inspecciones

La inspección de puentes abarca todos los elementos estructurales indicados en la Figura 5-1, desde el inicio de la losa de acceso de uno de los estribos del puente, hasta el final de la losa de acceso del estribo opuesto.

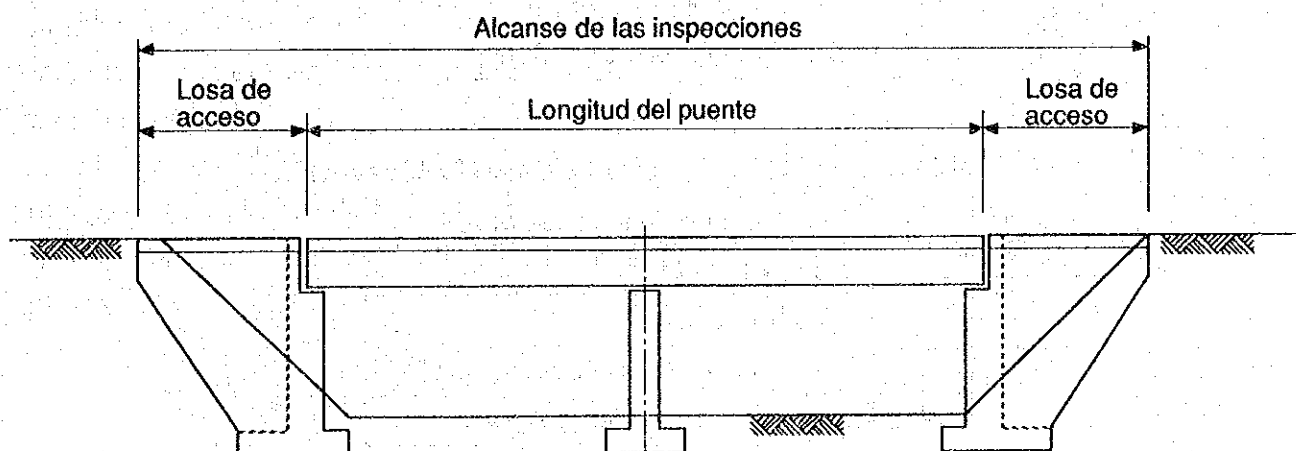


Figura 5-1

5-1-2 Niveles de evaluación

Las inspecciones se llevan a cabo adoptando básicamente 5 niveles de evaluación de los daños. A continuación se hace una definición concreta de cada uno éstos. En primer lugar, si las partes a inspeccionar tienen menos de 5 años desde su construcción o se hace la inspección inmediatamente después de su rehabilitación y se verifica que éstos son nuevos y sin daños notorios, los daños se calificarán como un Nivel 1. Por el contrario, en el caso en que se considere que el estado de deterioramiento de un puente es tan crítico que requiere de una urgente rehabilitación, éste se calificará como un Nivel 5. Entre ambos extremos, y dependiendo del estado de los puntos inspeccionados, los daños se calificarán como Niveles 2, 3 o 4. Si el calificar el grado de los daños en 5 niveles de evaluación fuera una tarea muy complicada, se puede simplificar y evaluar solamente en tres niveles, o sea en los Niveles 1, 3 y 5.

Para evaluación de los daños se puede utilizar la Tabla 5-1; y para la evaluación del estado de las fundaciones con respecto de la socavación la Tabla 5-2. En el caso de daños no-contables, los niveles se asignarán según el porcentaje del total de la parte evaluada, por ejemplo, alabeo: si más del 50% de la superficie del puente tiene

ondulaciones con desniveles de más de 3 cm se le asignará un Nivel 5, y si el alabeo cubre el 40%, 30%, 20% o 10%, se le asignará el Nivel 4, 3, 2 o 1 respectivamente. Además, dependiendo del ítem, si la evaluación requiere de consideraciones especiales se adoptan criterios para cada caso.

Tabla 5-1 : Niveles para la evaluación de los daños

Nivel	Grado del daño
1	No hay daños
2	Daños en 2 o 3 puntos
3	Daños en varios puntos
4	Casi la mitad del puente dañado
5	Casi todo el puente dañado

Tabla 5-2 : Niveles de evaluación de la socavación

Nivel	Grado de socavación
1	No hay socavación
2	Hay tendencia
3	Hay socavación, pero no peligrosa
4	Hay socavación y es peligrosa
5	Emergencia

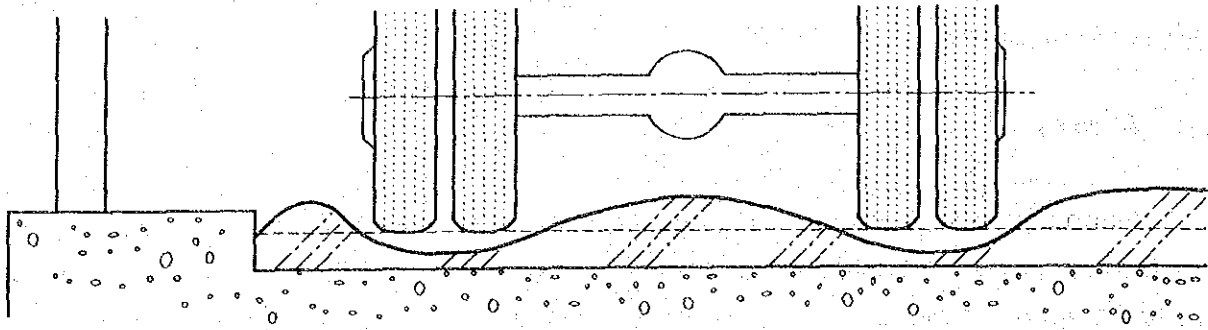


Figura 5-3

(3) Fisuramiento

Las fisuras se producen tanto en los pavimentos de asfalto como en los de hormigón. En el caso del pavimento de un puente, el fisuramiento puede deberse a fisuras generadas en la losa; por esta razón, es necesario examinar éstos sectores también desde la parte inferior del puente. Pues normalmente las fisuras del pavimento que se producen a partir de fisuras de la losa, en las juntas del puente, etc. se repiten aunque se practique su reparación.

La evaluación del fisuramiento del pavimento se hace en forma independiente de la losa.

(4) Asentamientos

Se denominan asentamientos a las depresiones del pavimento en los accesos cuya magnitud y apariencia es la de baches debido a la salida del pavimento. Normalmente se deben a asentamientos del terreno soportado por el estribo. Éste fenómeno es muy peligroso para el tránsito de vehículos.

(5) Otros

Todos los daños que no sean considerados dentro de los ítemes mostrados para el caso de pavimentos pero que requieran ser evaluados se utilizará la escala de 5 niveles anteriormente mencionada.

5-2-2 Barandas

Las barandas son accesorios destinados para la seguridad de los usuarios, y su principal función es evitar que, ya sean peatones o vehículos, no se caigan del puente. Se deben inspeccionar las barandas en sí y los apoyos que las sostienen.

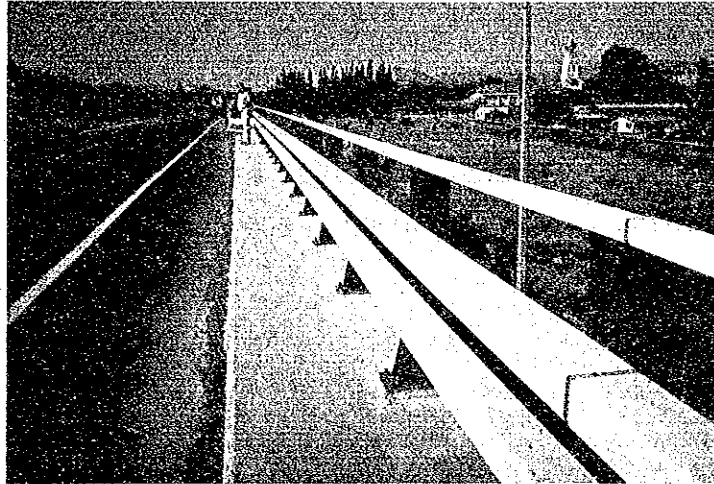


Figura 5-4

(1) Deformación

Puesto que básicamente las barandas sirven para proteger a los peatones y vehículos, la mayoría de las deformaciones o daños son ocasionados por accidentes de tránsito. Para la evaluación de sus daños, además de la escala anteriormente presentada, se tomará en cuenta que si el daño es tal que pone en riesgo la seguridad de los usuarios (por ejemplo, caso del barandado destruido luego de algún accidente de tránsito), o tal que el barandado está tan suelto que una persona pueda mover la baranda más de 3cm a lo largo de más de 5m, debe evaluarse como un Nivel 5. Por otra parte, si la deformación es muy grande pero no existe un peligro directo para la seguridad del usuario, se le dará un valor de 4.



Figura 5-5

(2) Oxidación

Este problema se da sobre todo en las barandas metálicas, pero también suele suceder en las de hormigón armado, cuando es afectada la armadura de refuerzo del interior de éste

(3) Corrosión

Se conoce como corrosión al fenómeno por el cual las partes metálicas luego de un avanzado proceso de oxidación que afecta hasta su interior, sufre descascaramientos por laminación haciendo disminuir su tamaño o sección.

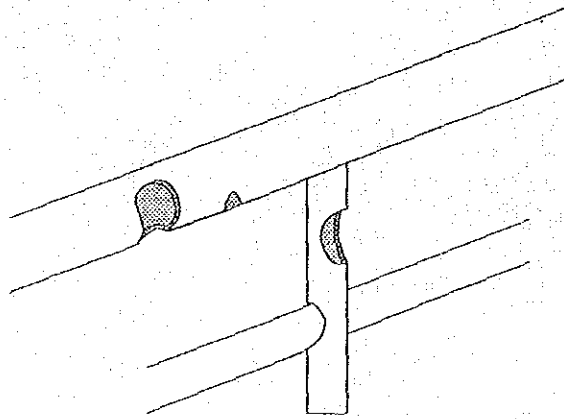


Figura 5-6

(4) Fisuramiento

En el caso de las barandas de hormigón, pueden existir grietas que no se deban a la corrosión mencionada anteriormente. La inspección en éste ítem considera fisuras notorias de más de 1.5mm.

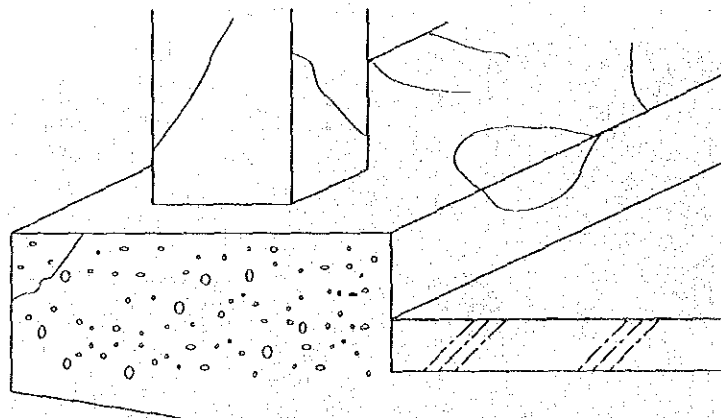


Figura 5-7

(5) Descascaramientos, armadura al aire

La corrosión de las barras de hierro en el hormigón armado, hace que éstas sufran de expansiones volumétricas, las cuales a su vez, ocasionan la formación de fisuras o grietas desde el interior del hormigón, que finalmente derivan en el descascaramiento de parte de la superficie. Otro factor que ocasiona éste fenómeno, es la aplicación de malas técnicas constructivas, que como resultado dejan visibles partes de armadura desde un principio.

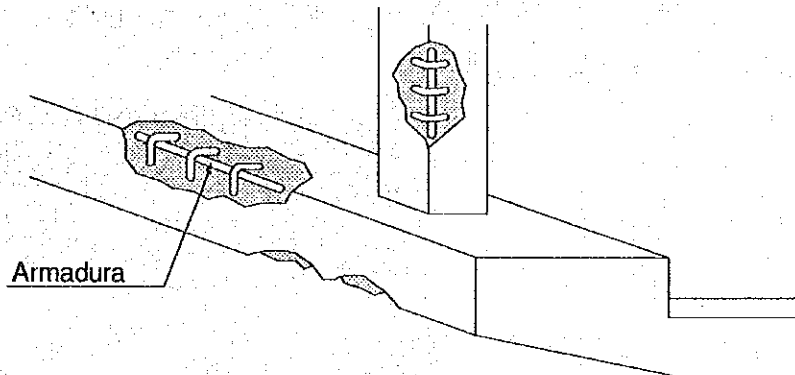


Figura 5-8

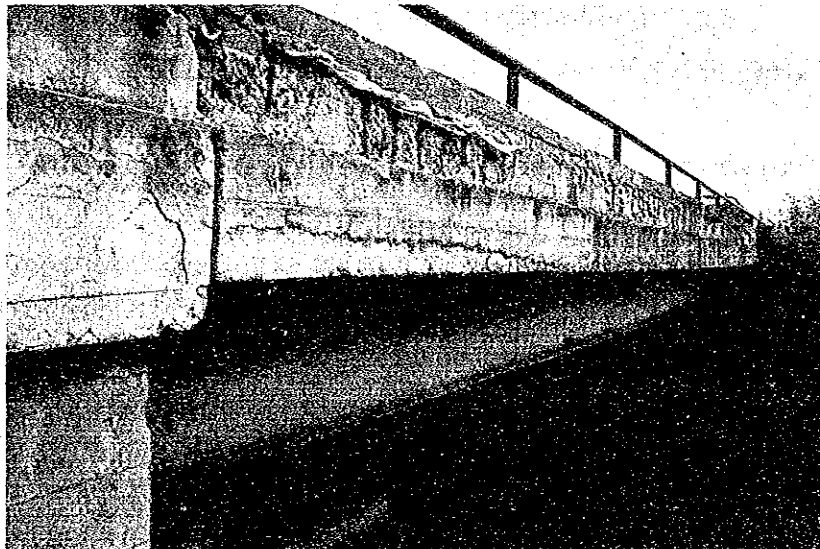


Figura 5-9

(6) Otros

Aquí se incluirán todos los problemas de las barandas que puedan influir en la seguridad del tránsito de peatones o de los vehículos. Por ejemplo, si las barandas, sean de madera u otro material, están en un estado tal que ponen en duda seguridad de los peatones o vehículos, debe asignarse un Nivel 5, y así sucesivamente debe evaluarse siguiendo un orden de acuerdo al grado de peligro para la seguridad del tránsito.

5-2-3 Juntas de expansión

Todo puente puede expandirse o contraerse longitudinalmente de acuerdo a los cambios de temperatura, y dependiendo de las cualidades de los materiales utilizados. Para facilitar al puente, de este tipo de movimientos, es que se instalan dispositivos denominados "juntas de expansión".

En Chile son muy utilizadas las juntas del tipo de "cantoneras con placas cobertoras", tal como se puede apreciar en la figura inferior. Este tipo de juntas tropieza con problemas de resistencia de sus placas protectoras, las cuales constituyen un punto que debe ser cuidadosamente inspeccionado.

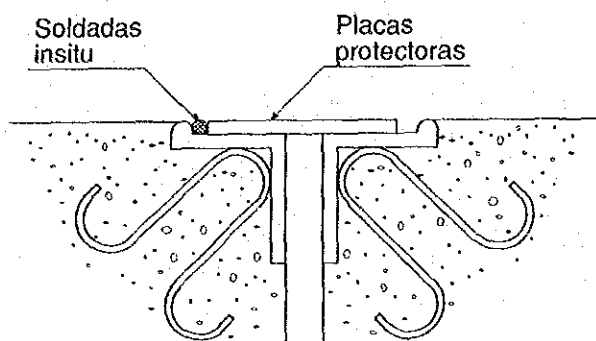


Figura 5-10

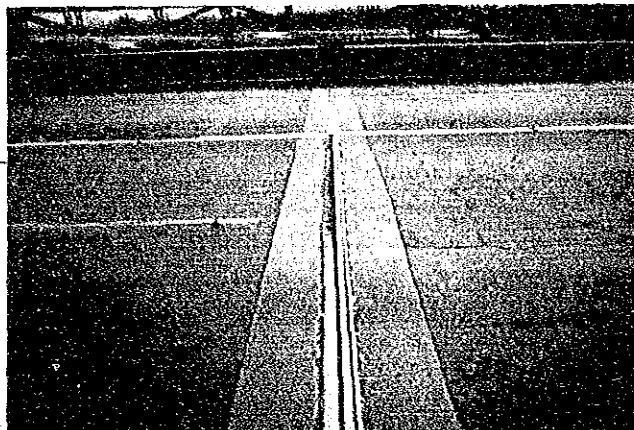


Figura 5-11

(1) Ruidos extraños

Existen diferentes factores que afectan a las juntas produciendo ruidos anormales en ellas al paso de los vehículos, entre estos podemos citar el excesivo espaciamiento o abertura entre cantoneras, diferencias de nivel entre cantoneras, deficiencias o daños en la junta, etc. Estos ruidos son una señal de que los bordes de la losa están siendo sometidos a un fuerte impacto, por lo que representa un ítem de inspección muy importante para el mantenimiento de las juntas.

Para la evaluación debe considerarse el tipo de ruido y el número de juntas de todo el puente.

(2) Filtración de aguas

Pueden producirse filtraciones de aguas desde las juntas hacia el interior de la estructura del puente, humedeciendo partes importantes tales como los extremos de las vigas, dispositivos de apoyo, etc. los cuales podrían corroerse con el paso del tiempo. Este fenómeno es un punto muy importante especialmente en las zonas lluviosas. Se deben inspeccionar los discos de apoyo, y si éstos no se ven debido a la acumulación de lodo, o si se ha acumulado tanta agua que afecta su funcionamiento, deberá asignarse un Nivel 5.

(3) Deformaciones

En el caso de que las placas de protección, cantoneras, o pernos se salgan y se deforme la junta de expansión, puede haber peligro para los vehículos que pasan sobre el puente.

Para la evaluación, además de la escala de evaluación, debe considerarse lo siguiente: Si se observa aunque sea un solo lugar donde se estime que hay peligro para el tránsito de los vehículos, o si ha desaparecido más del 30% de todas las placas protectoras, se le asignará una evaluación de Nivel 5. Si se estima que futuramente puede existir peligro o si ha desaparecido completamente por lo menos una de las placas protectoras, se asignará una evaluación de Nivel 4.

(4) Movimientos verticales

Este ítem comprende a los movimientos que hacen que toda la junta suba o baje al paso de los vehículos. Los factores que ocasionan éstos movimientos son diversos; por ejemplo, pernos de sujeción sueltos, hormigón que sostiene la junta agrietado, estructura misma del puente deteriorada, etc. Si una vez detectado cualquiera de ellos, se deja avanzar su efecto, puede convertirse en un problema serio para todo el sistema de juntas de expansión. Para la evaluación debe considerarse además, que si en general las juntas tienen un movimiento vertical de más de 2 cm se considera que hay un problema serio y se le asigna una evaluación de Nivel 5.

(5) Juntas colmatadas

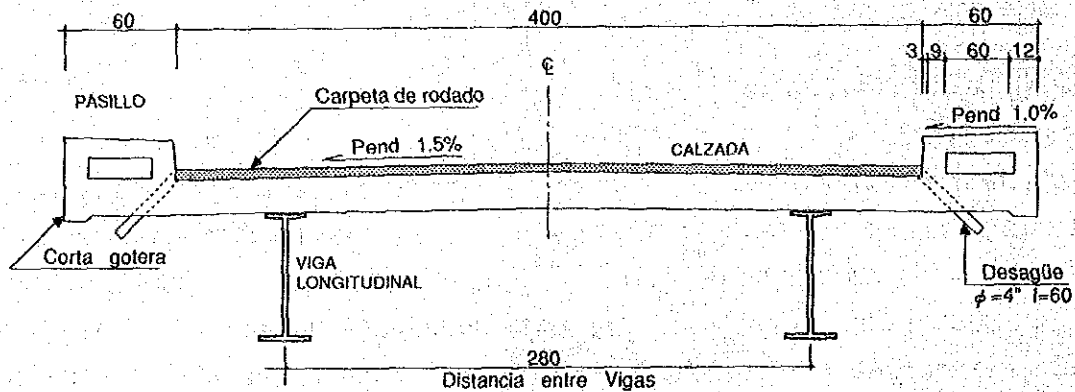
Así como se explicó anteriormente, las juntas de expansión son dispositivos que sirven para amortiguar el efecto de la expansión longitudinal del puente debido a los cambios de temperatura, cargas del puente u otros agentes. Normalmente se instalan juntas de expansión entre la superestructura y los estribos para crear una cierta holgura entre éstas estructuras. Si ésta abertura u holgura se satura con pavimento, polvo o arena, etc. la junta no cumplirá sus básicas funciones.

Para la evaluación, además de la escala de evaluación debe considerarse que si la junta ha perdido completamente sus funciones de expansión, se le asignará una evaluación de Nivel 5. Si se ha llenado con arena pero una limpieza a fondo permitiría recuperar éstas funciones, se le asignará un Nivel 4.

5-2-4 Losa

La losa es el elemento estructural que soporta directamente el efecto del tránsito de vehículos, está sostenida por el entramado compuesto de las vigas principales, travesaños y riostras, puede ser de hormigón armado, metal o de madera; en realidad, es la parte del puente que está más sometida al efecto intenso de las cargas y también es la parte que sufre más daños.

Durante las inspecciones es necesario prestar especial atención a ésta parte del puente. Los ítemes de inspección se seleccionaron considerando una losa de hormigón armado.



LOSA

Figura 5-12

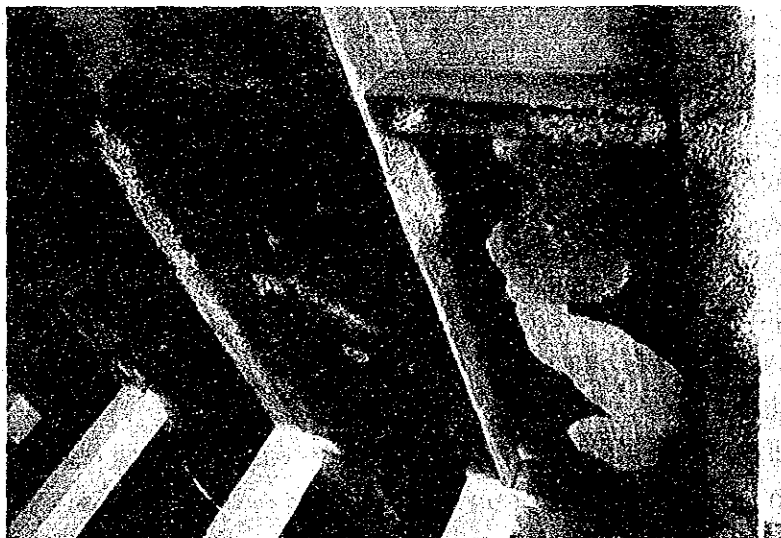


Figura 5-13

(1) Fisuras unidireccionales

Son fisuras que se originan y extienden en una dirección, ya sea a medio tramo de la losa, en el sentido de la armadura, en el sentido en el que corren los vehículos, etc. El sentido y la longitud de éstas fisuras son variables. Datos al respecto de la cantidad de fisuras, longitud, ubicación, sentido, etc. son de gran importancia para la evaluación de

los daños de la losa. Este ítem comprende a todas las fisuras que no cruzan con otra y tienen un sentido determinado.

(2) Fisuramiento en red

Se denomina así al conjunto de fisuras de diferentes tamaños que se entrecruzan con sentidos diferentes y variables formando una especie de red. Normalmente se producen con más frecuencia cerca de los apoyos de la losa. Este tipo de fisuramiento puede producir la caída de la losa o interrupciones de tránsito.

(3) Descascaramiento

Este ítem comprende a toda clase de desprendimiento de la superficie, se llegue a ver o no la armadura interior. Las principales causas son: falta de precaución durante la construcción, vibración debido al tránsito de vehículos, y la expansión de la armadura del hormigón por corrosión. Especialmente en los puentes viejos, son muy frecuentes los descascaramientos por corrosión de la armadura.

(4) Armadura al aire

Las causas que originan este fenómeno son similares a las de descascaramiento, siendo el mal trabajo de hormigonado el caso más frecuente. Sea cual sea la causa, un defecto como éste, ocasiona que el proceso de corrosión de la armadura se inicie en corto plazo, es por esto que su reparación inmediata es muy necesaria.

(5) Nidos de piedras

Se conoce como nidos de piedras a los aglutinamientos de agregado grueso que ocasiona la formación de vacíos. Generalmente se deben a un mal trabajo de hormigonado en el momento de la construcción.

(6) Eflorescencias

Cuando las fisuras del hormigón de la losa progresan tanto que traspasan hasta la superficie superior, el agua de la superficie del puente puede filtrarse hasta el interior de la losa provocando que la cal del hormigón se disuelva y se formen manchas blancas en la parte inferior de la losa. Este fenómeno es conocido como "eflorescencia". La existencia de puntos con eflorescencia no solo es una señal de que la fisura ha traspasado toda la losa y existe el peligro de que la armadura sea dañada, sino que también significa que debido a que la cal interna del hormigón se va disolviendo, el proceso de deterioramiento de éste es acelerado.

5-2-5 Arriostramientos en puentes de acero

Los arriostramientos unen las vigas principales de un puente y hacen que éste sostenga las cargas distribuyendolas en toda la estructura. En Chile, aunque las vigas principales sean de acero los pisos suelen ser frecuentemente de hormigón o de madera. Los ítemes de inspección para estos elementos se han elaborado teniendo en cuenta los arriostramientos de acero.

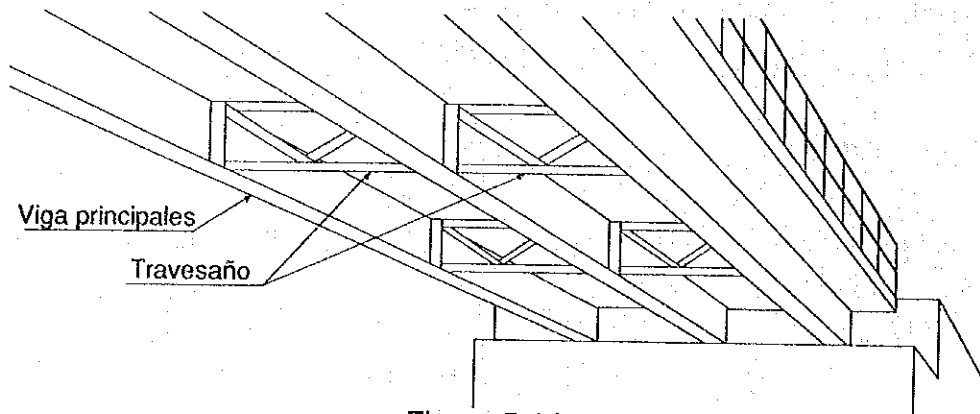


Figura 5-14

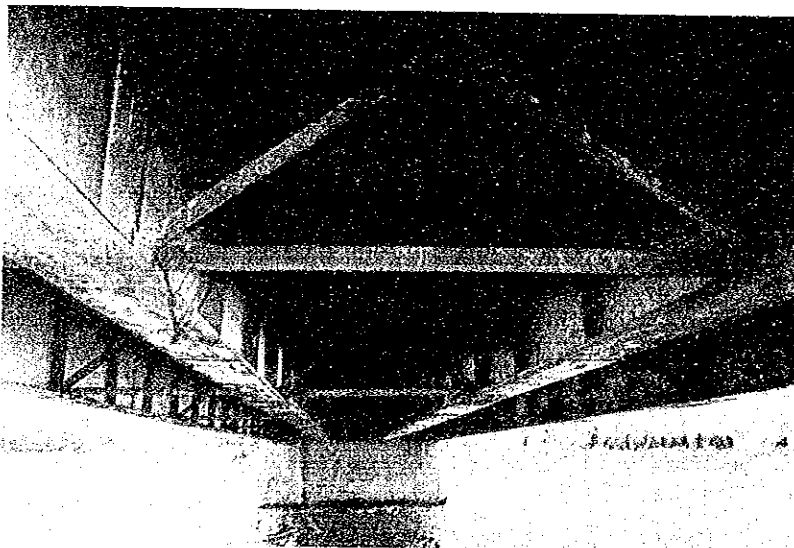


Figura 5-15

(1) Oxidamiento

Debe examinarse minuciosamente si existen riostras oxidadas. La evaluación se hace usando los mismos principios que para la oxidación de las barandas.

(2) Corrosión

Puesto que las riostras son elementos estructurales de gran importancia que influye en la resistencia de un puente, deben ser detenidamente examinadas.

(3) Deformaciones

Existen diversos factores que ocasionan las deformaciones de los arriostramientos, por ejemplo se tienen agentes externos tales como vehículos altos que chocan al pasar debajo del puente (paso superior), troncos arrastrados por la corriente durante inundaciones, etc. Asimismo, existen deformaciones que en realidad son defectos de fabricación, o que se originaron durante la construcción.

(4) Rotura de las uniones

Por las mismas causas que la deformación, pueden haber cortes o roturas en las uniones, por ejemplo uniones de la viga con los arriostramientos, etc.

Durante la inspección, la escala de evaluación se modifica de la siguiente manera: si existe una unión completamente cortada, aunque sea en un solo punto, se le asignará una evaluación de Nivel 5. Si no hay un corte pero se han hecho reparaciones con soldadura en más de 3 puntos, se le asignará una evaluación de Nivel 4. Si se ha reparado un lugar se le asigna un Nivel 3, si no hay corte ni reparación pero la junta tiene una soldadura se le asigna un Nivel 2 y si se ha reparado con pernos y remaches se le asigna un Nivel 1.

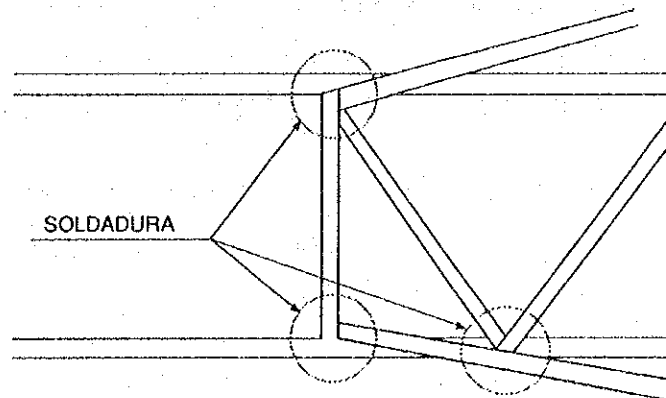


Figura 5-16



Figura 5-17

(5) Rotura de los arriostramientos

De la misma forma que la rotura de las uniones, si hay una fisura en un punto del arriostramiento se le asigna una evaluación de Nivel 5. Las demás evaluaciones también son las mismas que las de las uniones.

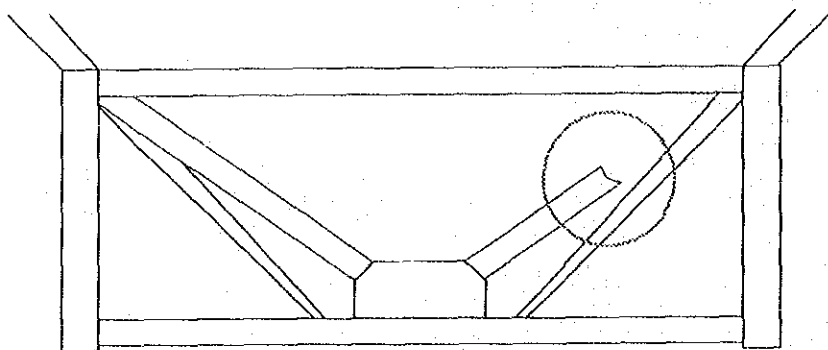


Figura 5-18

5-2-6 Vigas principales en puentes de acero

- (1) Oxidamiento,
- (2) Corrosión,
- (3) Deformación

La evaluación de éstos ítemes (1,2 y 3) se efectúa del mismo modo que para los arriostramientos.

(4) Pérdida de pernos

Este ítem se refiere a las uniones de la viga hechas mediante pernos.

(5) Fisuras en soldaduras

Existen casos en que se producen fisuras o grietas en las uniones de la viga principal con los travesaños, puntos de cambio de sección de la viga principal, platabandas, etc. Al respecto, es imprescindible y necesaria la inspección minuciosa de este tipo de fisuras o cortes, pues por más chicas que sean pueden agrandarse rápidamente. Normalmente las fisuras en el acero son muy pequeñas y son generalmente un síntoma de oxidación.

5-2-7 Vigas travesaño en puentes de hormigón

Existen muchos puentes en Chile en los cuales aunque la viga principal sea de acero, las vigas travesaño son de hormigón. En estos casos, debe utilizarse también los ítemes de evaluación de esta fila. La evaluación se hace utilizando el mismo criterio que para las losas.

5-2-8 Viga principal en puentes de hormigón

La evaluación se debe hacer con el mismo criterio que para las losas.

5-2-9 Apoyos

Los apoyos son dispositivos mecánicos que proporcionan al puente la facultad de poder moverse libremente al expandirse, o de poder rotar como una rotula evitando la transmisión de momentos hacia la infraestructura. En Chile hay muchos puentes construidos de tal manera que apoyan directamente sobre los estribos o cepas, sin un aparato o dispositivo de apoyo propiamente dicho. Si durante la inspección se observa la inexistencia de éstos dispositivos de apoyo debe dejarse este espacio en blanco.

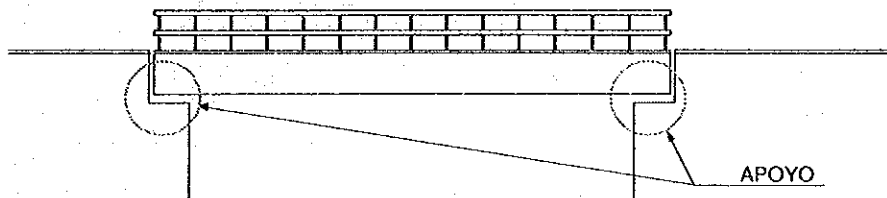


Figura 5-19

(1) Rotura del apoyo

Debe efectuarse la inspección utilizando la escala de evaluación y examinando, además de la rotura, el buen funcionamiento de los apoyos.

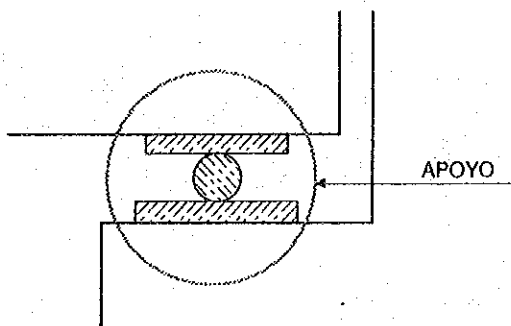


Figura 5-20

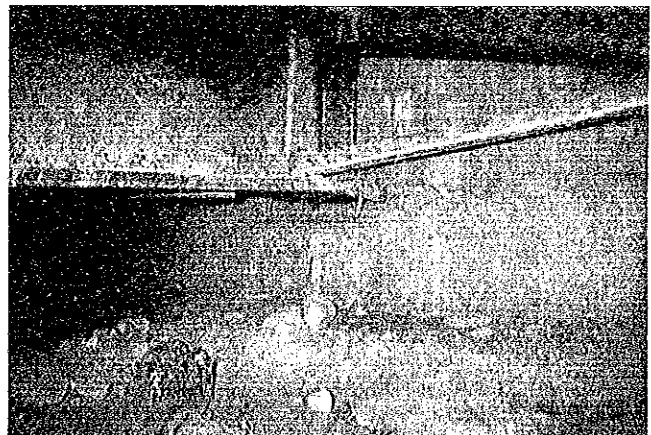


Figura 5-21

(2) Rotura de los accesorios

Algunos apoyos tienen dispositivos que evitan que éstos se levanten o que limitan sus movimientos. En los puentes viales de Chile casi no se utilizan estos dispositivos. Si no hay accesorios, se debe asignar una evaluación de Nivel 1. Si tiene accesorios deben utilizarse el mismo criterio de evaluación que para el apoyo.

(3) Salida de los anclajes

Generalmente se utilizan pernos de anclaje para fijar los apoyos y evitar que el puente se levante o se mueva.

Para la evaluación se toma en cuenta no solo la salida de los anclajes sino también sus deformaciones.

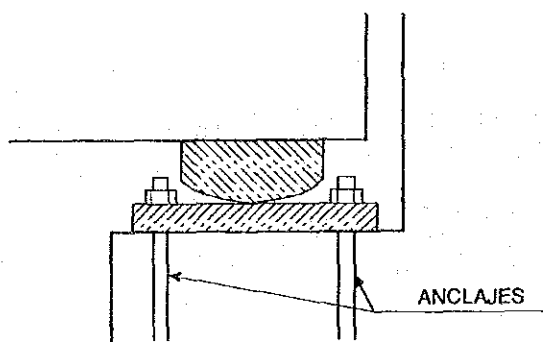


Figura 5-22

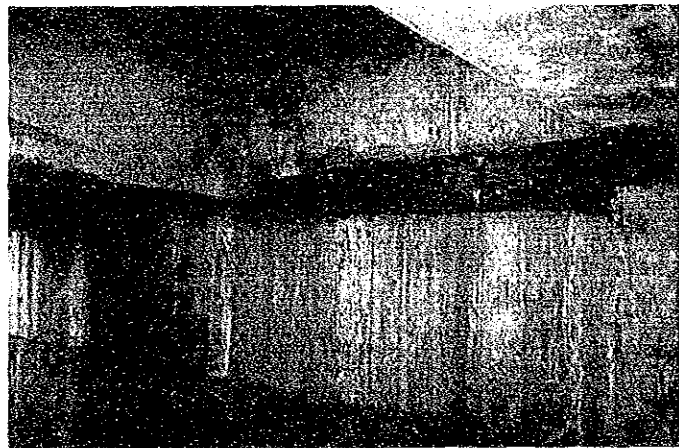


Figura 5-23

(4) Rotura del disco

Se denomina disco a la parte de cepa que distribuye uniformemente el peso de la superestructura desde el apoyo hacia la infraestructura; generalmente tiene sus superficies superior e inferior recubiertas con mortero de cemento.

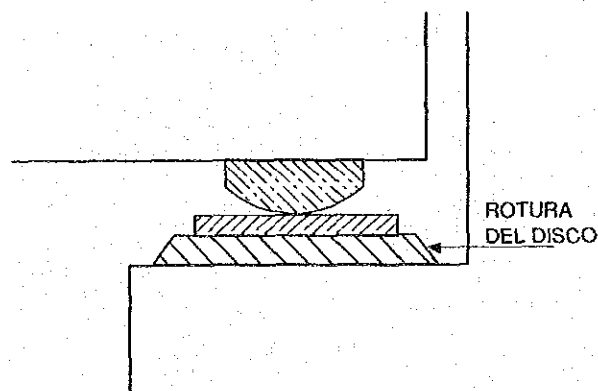


Figura 5-24

(5) Deformaciones raras (anormales)

Se denominan deformaciones raras a aquellas que hacen que el apoyo esté separado de la superestructura, las placas superiores estén separadas de las inferiores, etc.

Durante la inspección, además de la escala de evaluación se considera lo siguiente: Si se han movido la superestructura y la infraestructura, y un estribo o un apoyo están completamente fuera de lugar, se le asigna una evaluación de Nivel 5. Si no se ha separado completamente se le asigna un Nivel 4. Si está en su sitio pero hay una cierta inclinación se le asigna un Nivel 3. Si hay una cierta deformación se le asigna una evaluación de Nivel 2.

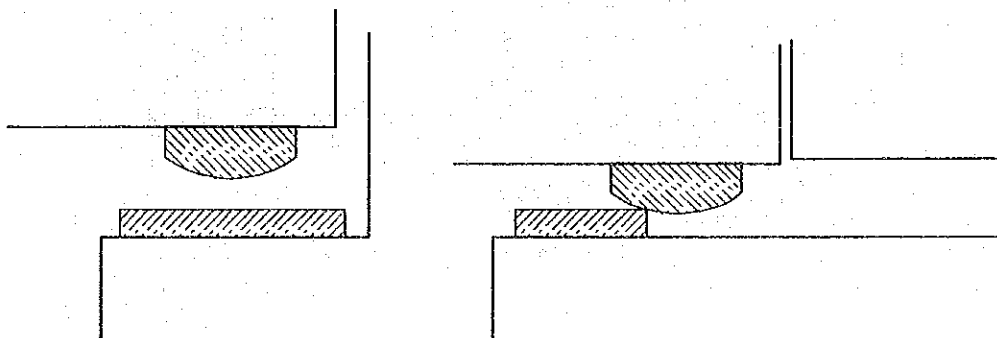


Figura 5-25

5-2-10 Estribos

Los estribos, junto con las cepas, son los elementos estructurales que tienen la importante función de sostener todo el peso del puente. A diferencia de las cepas, los estribos están en los accesos del puente y recibe permanentemente presiones tanto del puente como del terraplén en ambos lados del puente. Por lo tanto, es necesario inspeccionar también los problemas de los terraplenes.

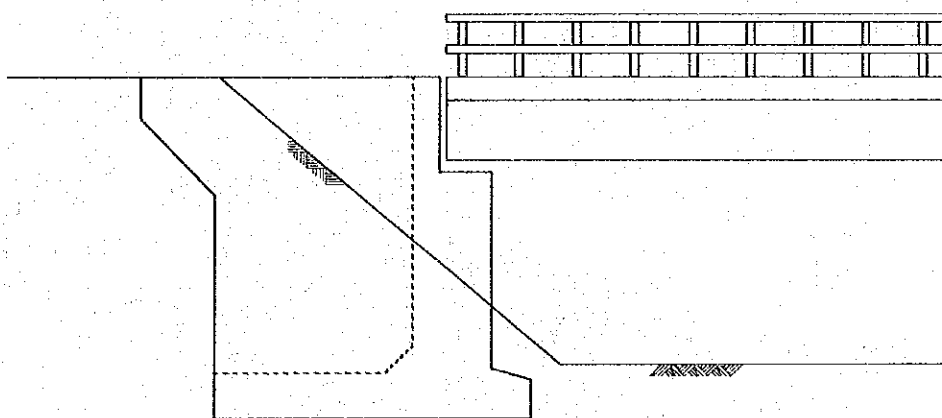


Figura 5-26

(1) Grietas o descascamientos

En cuanto a las grietas que se originen en el concreto de la infraestructura, a diferencia de las fisuras en la superestructura, las pequeñas fisuras carecen de importancia. En cambio, debe prestarse atención a las fisuras debido a las deformaciones de la estructura y especialmente a aquellas que atraviesan todo el cuerpo.

Además de la escala de evaluación debe considerarse los siguientes casos especiales: Si las grietas de más de 1cm de ancho se originan en forma continua y dividen toda la estructura, notándose un cambio en la estructura, se le asignará una evaluación de Nivel 5. Si aparece una grieta continua (de más de 1cm de ancho) pero no hay una gran deformación de la estructura se le asigna un Nivel 4.

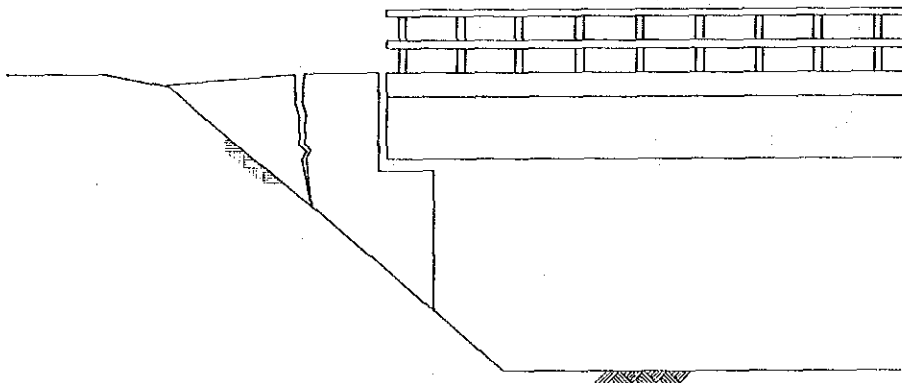


Figura 5-27

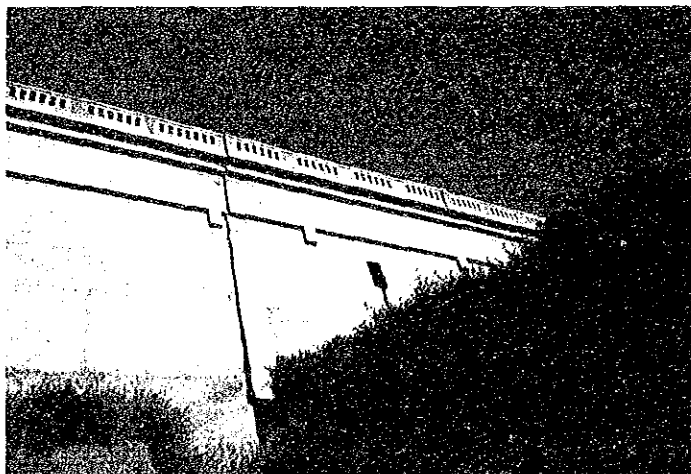


Figura 5-28



Figura 5-29

(2) Fisuras a partir del apoyo

Este ítem de inspección fue descrito anteriormente en el inciso 5-2-9 para los discos del apoyo, aquí nos referimos a la parte inferior de la infraestructura. Debe tenerse especial cuidado con las grietas originadas por las cargas de la superestructura, grietas debido a movimientos horizontales de los anclajes de los apoyos, y con la rotura de la mesa de apoyo debido a deformaciones por flexión de la viga.

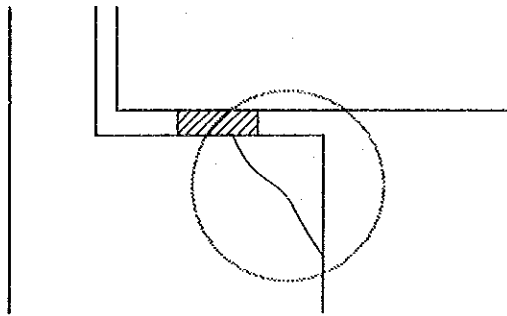


Figura 5-30



Figura 5-31

(3) Rotura del parapeto (espaldar)

El parapeto (también conocido como espaldar) impide que la tierra adyacente al estribo en la parte superior se derrumbe, y tiene además la función de mantener aseguradas las juntas de expansión. De las piezas que componen el estribo, es una de las más gruesas. Debido a que los vehículos pasan permanentemente por encima éste, está expuesto a sufrir muchos daños.

Para su evaluación, se debe hacer una inspección visual desde la superficie del puente y desde la superficie inferior del puente. Los principios de evaluación son los mismos que los del punto (2) (Fisuras a partir del apoyo).

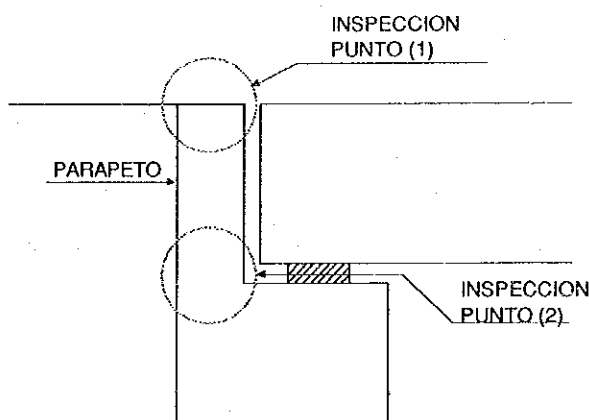


Figura 5-32



Figura 5-33

(4) **Inclinaciones (posición anormal) y desplazamientos**

En este ítem se evalúa los movimientos del estribo, tales como inclinaciones, deformaciones, y/o desplazamientos.

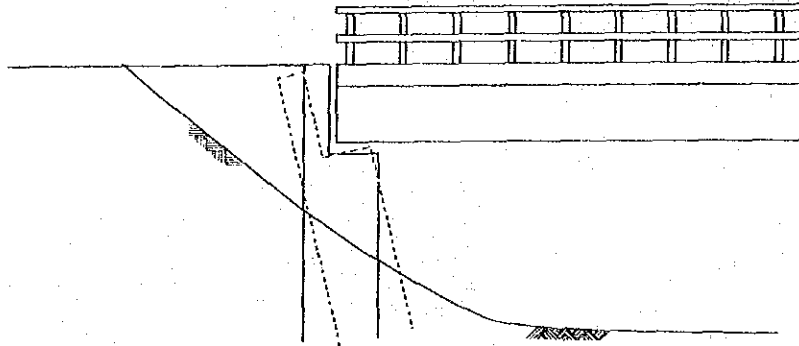


Figura 5-34

(5) **Socavaciones**

Se debe hacer esta inspección en los puentes tendidos sobre los ríos. El criterio de evaluación se basa en la figura y la escala de evaluación de Tabla 5-2.

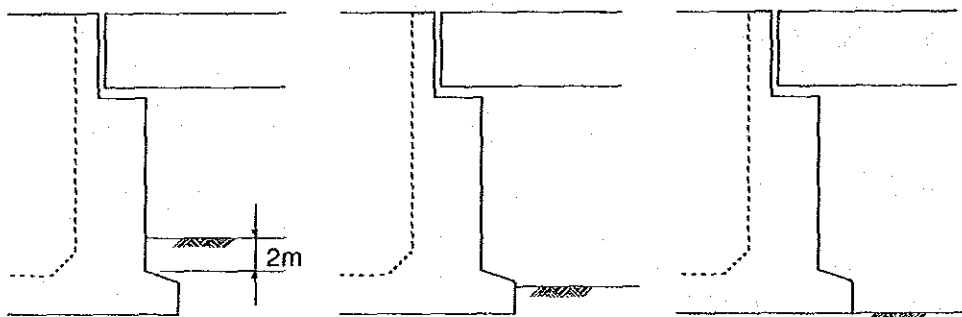


Figura 5-35

5-2-11 **Cepas**

(1) **Grietas o descascaramiento**

Se evalúa del mismo modo que el estribo.

(2) **Fisuras a partir del apoyo**

Se evalúa del mismo modo que el estribo.

(3) **Deformación del cantiléver**

Se hace esta evaluación solo en el caso de puentes con cantiléver, y se procede del mismo modo que el punto (2) Fisuras a partir del apoyo.

(4) Inclinaciones (posición anormal) y desplazamientos

Se procede del mismo modo que en el caso de los estribos. En muchos casos es posible apreciar la inclinación de las cepas a partir de las deformaciones en la superficie del puente. Es necesario tener en cuenta también la posición de las cepas en la superficie y la posición de las juntas de expansión.

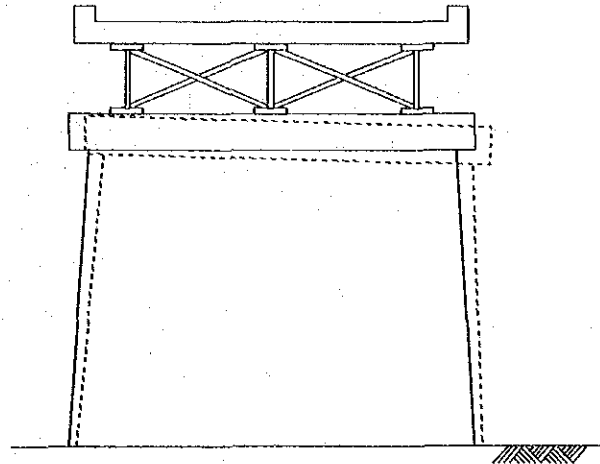


Figura 5-36

(5) Socavaciones

Se procede del mismo modo que en el caso de los estribos.

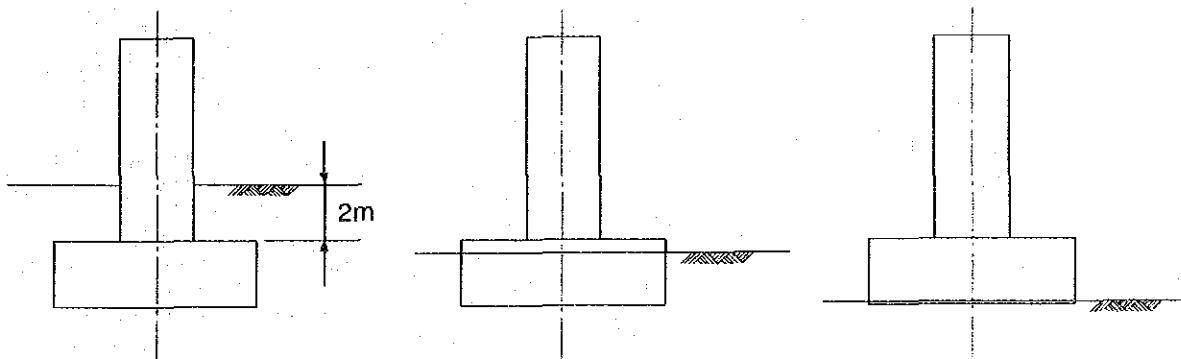


Figura 5-37

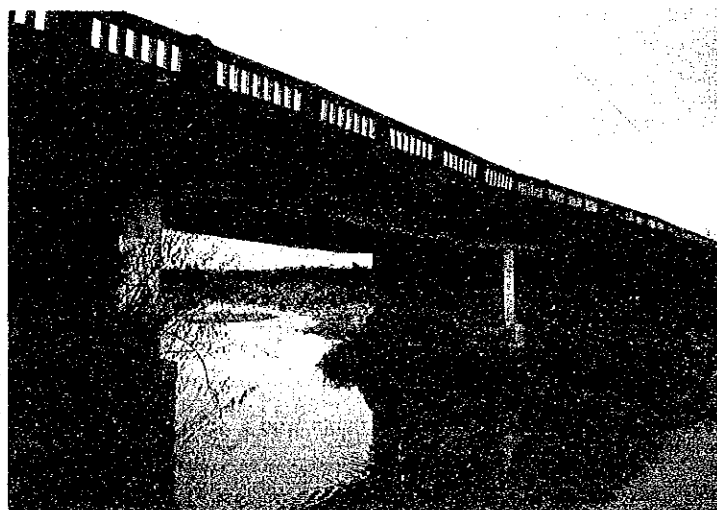


Figura 5-38

6. Métodos estándar de rehabilitación

Tabla 6-1 (1)

NO	ITEM	DESIGNACION	MEDIDA	DESCRIPCION
1	151	ESCOLLERA DE PROTECTION	m ³	Construcción de escolleras de protección de taludes de acuerdo con la forma, ubicación y características que indiquen los planos y especificaciones técnicas especiales del proyecto, y en la Sección 5.707 del Manual de Carreteras.
2	153	GAVIONES	m ³	Construcción de gaviones para protección de taludes de acuerdo con la forma, ubicación y características que indiquen los planos y especificaciones técnicas especiales del proyecto, y en la Sección 5.709 del Manual de carreteras.
3	241	PILOTES IN SITU	m ³	Excavación y confección de pilotes in -situ en los lugares y con las características indicadas en los planos del proyecto.
4	242	PILOTES PREFABRICADOS	m ³	Suministro de materiales y las faenas de confección e hincamiento de pilotes prefabricados hormigón armado, de acuerdo a lo indicado en los planos del proyecto.
5	243	PILOTES DOBLE RIEL	m	Suministro de materiales y las faenas de confección e hincamiento de pilotes de rieles de acuerdo a lo indicado en los planos del proyecto.
6	244	PILOTES TRIPLE RIEL		
7	251	MOLDAJE	m ²	Suministro de todos los materiales y todas las faenas de confección y colocación de los moldajes, alzaprims, andamios, carreras, amarras, fijaciones, desmoldajes.
8	261	ACERO EN BARRAS A-63-42H	Kg	Suministro, dobladura y colocación de barras de fierro como armadura de refuerzo de hormigón. Se excluyen de esta sección las armaduras de pilotes in-situ, pilotes prefabricados, losas de aproximación, anclajes antisísmicos y vigas postensadas. El acero deberá cumplir con lo especificado en las Normas INN NCh 204 OF 67 y NCh 210 OF 67 para barras de acero, NCh 218E OF 67 pra malla estructural y NCh 219E OF 67 para malla estructural con resaltes.
9	275	HORMIGÓN GRADO 240Kg/cm ²	m ³	Suministro de todo el equipo, mano de obra, materiales, herramientas, transporte a cualquier distancia.
10	341	SUMINISTRO VIGAS METÁLICAS Y ARRIOSTRAMIENTOS	T	Suministro de las vigas metálicas y los perfiles angulares de arriostramiento, incluyendo los conectores de corte y atiesadores.
11	342	LANZAMIENTO Y COLOCACIÓN DE VIGAS METÁLICAS	T	Lanzamiento de las vigas metálicas y su colocación en la posición definitiva, así como la soldadura y colocación de los perfiles angulares de arriostramiento.
12	343	PINTURA DE VIGAS METÁLICAS	T	Limpieza y pintado de las vigas metálicas y arriostramientos.
13	352	BARANDAS EN PUENTES CON PASILLO	m	Suministro, confección, colocación y pintura de barandas. Se excluyen de esta sección el hormigón, moldaje y armadura de los pilares.
14	354	BARANDAS EN PUENTES SIN PASILLO		
15	356	APOYO, ANCLAJES Y BARBACANAS DE DESAGÜE PARA TABLERO DE 8m DE ANCHO	Tr (Tramo)	Suministro y colocación de placas de neopreno para apoyos, de vigas y sistemas de anclajes y barbacanas de desagüe de la superestructura.
16	357	APOYO, ANCLAJES Y BARBACANAS DE DESAGÜE PARA TABLERO DE 6.1m DE ANCHO		
17	511	PUENTES PROVISORIOS O VADOS	GL	Construcción, conservación y desarme de desvíos para mantener el tránsito en aquellos caminos. Las vigas de acceso tendrán un ancho mínimo de 5.0m.

Tabla 6-1 (2)

NO	ITEM	DESIGNACION	MEDIDA	DESCRIPCION
18	521	DESARME Y/O DEMOLICION Puentes existentes	GL	Desarme y/o demolición de los puentes existentes, ya sea antes o después de la construcción del puente nuevo.
19	531	POSTES SEÑALIZADORES	m ²	Mejoramiento del cauce en el sector comprometido con el puente. La limpieza del cauce se efectuará en todo su ancho en el sector comprendido entre 50m aguas arriba y 50m aguas abajo del puente.
20	541		No	Provisión, colocación y pintado de postes señalizadores de tránsito.
21	551	SEÑALIZACION	GL	Suministro, colocación y pintado de las señalizaciones definitiva, de construcción e identificación.
22	805	COLOCACION Y ALARGUE DE BARBACANAS	No	Colocación y/o el alargue de barbancas o tubos de desagüe de acero galvanizado indicados en los planos de geometría de la losa futura.
23	810	IMPERMEABILIZACION DE LOSA DEL PUENTE	m ²	Colocación de una capa de impermeabilización asfáltica sobre la losa superior del puente y bajo la carpeta de rodado asfáltica en toda la longitud del puente.
24	815	REPOSICION CARPETA DE RODADO	m ²	Reparación del pavimento o carpeta de rodado del puente, el que reposición por un nuevo pavimento de concreto asfáltico de 5cm. de espesor en toda la calzada del puente.
25	820	REPARACION DE JUNTAS DE DILATACION	m	Provisión, reposición y colocación de los elementos angulares metálicos para la protección de las aristas de las estructuras en las juntas de dilatación.
26	830	CAMBIO DE BARANDAS	m	Provisión y colocación de las barandas indicadas en la lámina que se entregue a continuación.
27	835	REPARACION Y INYECCION DE GRIETAS Y FISURAS	m	Reparación estructural de grietas y fisuras. Se considera a toda separación del hormigón inferior a 1.5 mm., y grieta a toda separación mayor a 1.5 mm. Las fisuras deberán inyectarse con resinas epoxicas y las grietas, luego de ser limpiadas y preparadas, deben ser reparadas con hormigón (Item 275)
28	840	REPARACION DE HORMIGONES, GRIETAS Y FISURAS	m ²	Reparación estructural del hormigón, en las zonas en que este se observa en mal estado, ya sea por nidos de piedra, degradación, descascaramiento, enfierraduras a la vista y dañadas, grietas y fisuras en losas y fundaciones.
29	845	LIMPIEZA Y PINTADO DE PUENTE	m	Limpiar todas las superficies de hormigón expuestas para lo cual se retirarán restos de alambres, se cubrirán nidos y finalmente se pintará con una lechada de cal o cemento blanco.
30	850	REPARACION Y PINTADO DE BARANDAS EXISTENTES	m	Reparación con reconstrucción y pintado de las barandas existentes, el suministro, confección, colocación y pintado de las barandas de la forma, tipo, calidad y dimensiones correspondientes a las existentes en el puente.
31	855	RECONSTRUCCION DE JUNTAS DE DILATACION	m	Provisión y colocación de juntas de dilatación de la superestructura en los lugares, forma, dimensiones, calidad, niveles y pendientes señalados en los planos del proyecto o instrucciones de la inspección fiscal.
32	860	LIMPIEZA Y REPARACION DE SISTEMA DE APOYOS	SIS	Limpieza y posterior reparación de todos los sistemas de apoyo del puente, ya sean estos metálicos, de neopreno, de cartón alquitranado, plomo, concreto u otro material.
33	880	NIVELACION DE ACCESOS	m	Nivelación de los accesos del puente que se encuentren o presenten hundimientos o mala compactación.
34	885	EJECUCION PLANOS DE CONSTRUCCION	No	Todos los planos que definan claramente la geometría de la totalidad de los elementos estructurales del puente y obras de arte existente que sean reparadas, construidas, reconstruidas, rehabilitadas o repuestas.
35	890	DEMOLICION PASILLOS, PARTE DE LOSA Y BARANDAS	m ³	Demolición del hormigón de los pasillos y partes de losa sin dañar armaduras existentes, con el fin de ensanchar la calzada de 6 a 8 mts.

7. Inspección especializada

7-1 Requerimientos de la inspección especializada

La ejecución de óptimos trabajos de supervisión en rehabilitación, es un factor imprescindible y necesario para un buen aprovechamiento de viaductos, los cuales constituyen importantes costos dentro de lo que es la construcción de caminos, durante la vida útil que se les proporcione. Además, debe considerarse que para efectuar una eficaz supervisión de rehabilitación, es importante la ejecución de trabajos de inspección eficientemente planificados. Es por esto, que los métodos y períodos de ejecución de los trabajos de rehabilitación y refuerzo, se determinan a partir de los resultados de éstas inspecciones.

El procedimiento de las inspecciones especializadas para puentes carreteros se muestra en el diagrama de la Figura 7-1; y las inspecciones especializadas que principalmente se describen en la presente Guía corresponden a las inspecciones periódicas y especiales (o extraordinarias) que se muestran en éste diagrama.

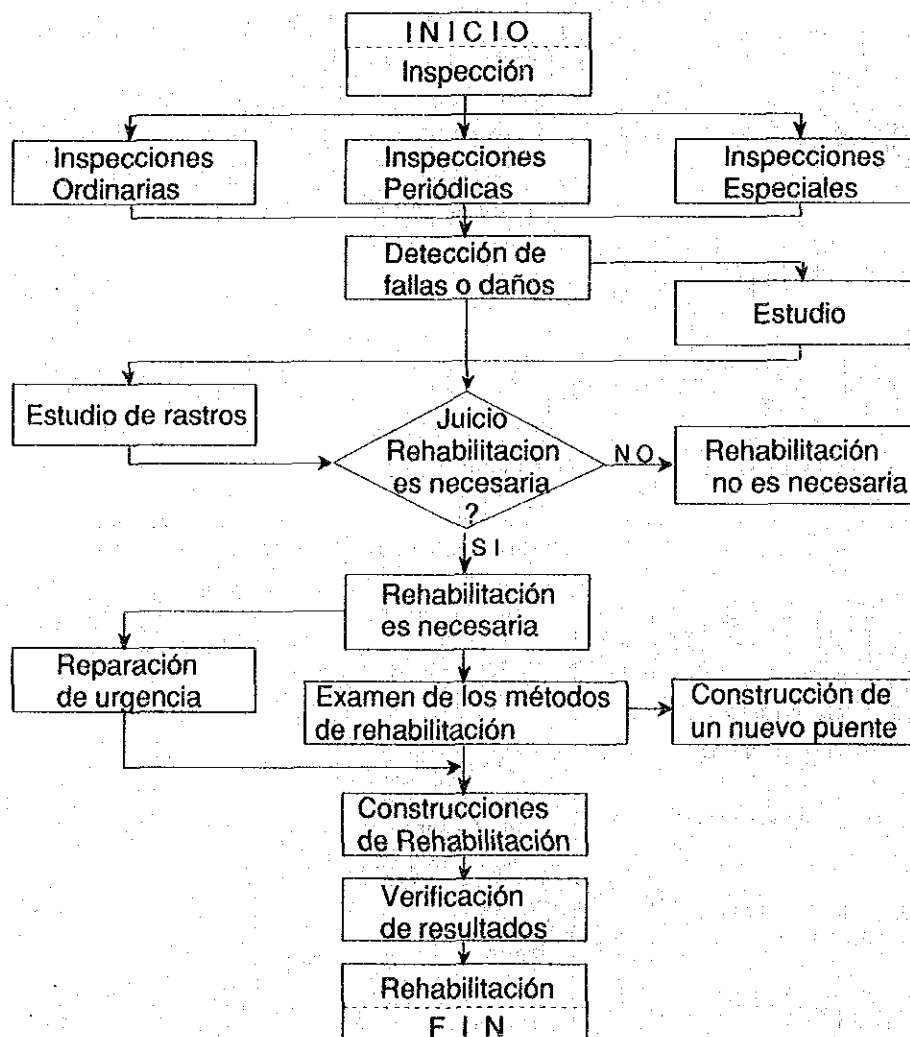


Figura 7-1: Procedimiento de los trabajos de inspección en la administración de rehabilitaciones

(1) Inspecciones periódicas

Se denominan inspecciones periódicas a aquellas cuya frecuencia de ejecución está determinada de acuerdo con el grado de importancia de la estructura. Por ejemplo, si consideramos que es muy grande el efecto social que se ocasiona al realizar interrupciones o restricciones del tránsito, etc., por medio de estructuras especiales en carreteras principales importantes, entonces la frecuencia de las inspecciones debe incrementar.

Por otra parte, el estudio de las inspecciones hace que el registrar las fechas y métodos de inspección sea de significativa importancia; es decir, que inclusive registros de inspecciones en las cuales no se observó anomalía alguna, forman parte de un importante conjunto de informaciones. O sea, esto significa que el objetivo de la inspección de estructuras es el dominio de las partes con anomalías o defectos, siguiendo una metodología y frecuencia determinada, debiéndose registrar la fecha y el método de inspección aún en el caso de partes en las cuales no se hubiera detectado ninguna anomalía.

(2) Inspecciones especiales (o extraordinarias)

Se denominan inspecciones especiales o extraordinarias a aquellas cuya finalidad es confirmar anomalías o posibles daños ocasionados por fenómenos extraordinarios, sismos, colisión de vehículos, incendios, etc. La escala y el rango de éstas inspecciones se determinan según el estado de deterioro o anomalías que se hayan generado. A su vez, el contenido de éstas, varía y se realiza de acuerdo con el listado o inventario de averías y fenómenos acontecidos. Sin embargo, al respecto de la escala y el rango de éstas inspecciones, dependiendo de la experiencia tecnológica, numerosos pueden ser los juicios de evaluación que los expertos sugirieran, pero es necesario que de todos modos ambos sean considerados como urgentes.

7-2 Contenido de la inspección especializada;

(1) A continuación se presentan los ítemes de Inspección y su respectiva descripción.

Tabla 7-1

Tipo de Inspección	Puntos de Inspección		Alcance de la Inspección
Inspección periódica	<ol style="list-style-type: none"> 1) Estado del pavimento 2) Estado de las barandas 3) Estado de las losas Existencia de grietas en el hormigón de las losas 4) Estado de las juntas de expansión Daños en las soldaduras, cambios de forma, grietas, estado de los anclajes 5) Estado de los apoyos Tierra, acumulación de basura, corrosión de materiales, cambios de forma, grietas en los apoyos, pernos flojos, salida de anclajes, etc. 6) Estado de los desagües Tierra, acumulación de basura, corrosión de materiales, cambios de forma 7) Estado de la pintura 8) Movimientos y ruidos del puente 9) Estado de anclajes en el caso de puentes colgantes, etc. 10) Estado de la señalización. 11) Estado de la infraestructura Verificación de la existencia de asentamientos, inclinaciones, desplazamientos, socavación de las fundaciones, cambios del cauce, colisión, desgaste de las paredes de los estribos, depresiones fotográficas o baches en los accesos, etc. 		<p>Se da principal énfasis a la inspección visual pero, de acuerdo al estado del puente, el técnico de inspección puede decidir la ejecución de otros ensayos como ser el "Ensayo de Cargas", etc. u otras inspecciones adicionales de la estructura del puente. Este tipo particular de inspecciones será más necesario a medida que pase el tiempo, cambien las condiciones del tráfico, la importancia del puente en la red vial, el tipo de puente, etc. Esta inspección debe realizarse por lo menos 1 vez cada 10 años.</p>
Inspección de emergencia	<p style="text-align: center;">Infraestructura</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Flujo del río Asentamiento o inclinación es debido a la socavación 2) Deslizamientos Deslizamiento del estribo, rotura de los muros de contención 3) Terremotos Asentamientos, inclinaciones, desplazamientos, fallas o voturas, disgregación 4) Incendios Daños en el hormigón o en las barras de hierro 	<p style="text-align: center;">Superestructura</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Flujo del río Daños en las barandas, deslizamientos o daños en el puente, caída del puente 2) Deslizamientos Desplazamientos debido al empuje en los estribos 3) Terremotos Daños en los apoyos, caída del puente 4) Incendios Daños en las vigas o la losa 	<p>Inspecciones que se realizan cuando hay condiciones meteorológicas especiales, información de carreteras y su transmisión a los centros encargados de la inspección, etc. La intensidad del terremoto (escala) es importante para decidir sobre la necesidad de este tipo de inspecciones.</p>

(2) Contenido de la inspección

Para la evaluación del grado de deterioro del puente, la inspección comprende de los siguientes ítems.

1) Ítems concernientes a piezas de hormigón

1. Medición del ancho, profundidad, e índice de fisuramiento.
2. Verificación del estado de corrosión y oxidamiento de la armadura.
3. Verificación de la existencia de fisuras internas, nidos de piedra, etc.
4. Ensayos de compresión

2) Ítems concernientes a piezas de acero

1. Medición del largo, y profundidad de grietas.
2. Verificación de la insuficiencia de partes internas.
3. Verificación del deterioramiento de la pintura.

Por otra parte, para la evaluación de la seguridad y capacidad portante de los puentes, se requiere la ejecución de los ítems que se mencionan a continuación; además de éstos, existen actualmente, casos en que se deben efectuar ensayos para la verificación del contenido de alcalinidad y sales del hormigón, etc.

3) Otros ítems concernientes a piezas de hormigón

1. Medición del espesor de las piezas de hormigón.
2. Localización de la armadura, y medición de recubrimiento y diámetro de la misma.

4) Ítems concernientes a puentes de acero y de hormigón

1. Ensayos de resistencia de materiales.
2. Medición de los esfuerzos.
3. Medición de la flecha.
4. Estudio de la situación real de tránsito sobre el puente en cuestión (estudio de volúmenes de tránsito y cargas de vehículos).

Al respecto de éstos estudios especializados, existen métodos de inspección en los cuales se utilizan instrumentos de ensayo "no-destructivos", tales como el martillo de Schmidt (para estimar la resistencia del hormigón), o aparatos ultrasónicos, instrumentos eléctricos, etc. que sirven para examinar las deficiencias interiores; o

instrumentos ultrasónicos, electromagnéticos, etc. para medir las dimensiones de piezas de hormigón. Por otra parte, la aplicación de métodos que utilizan instrumentos de radiografía, ultrasonido, electromagnéticos, etc. para la medición de la longitud y profundidad de grietas por fatiga, etc. que son difíciles de distinguir a simple vista en piezas de acero.

Los resultados de los estudios de evaluación, en general toman en cuenta las causas y el grado de los daños, las condiciones de tránsito, condiciones ambientales, etc. Al respecto de los daños que peligrosamente pueden afectar a la seguridad de los puentes, se efectúa el cálculo de seguridad utilizando los resultados del estudio de evaluación de la capacidad portante, etc.

7-3 Métodos que utilizan Instrumentos de medición

A continuación, en los acápites 7-3(1) al 7-3(4), se hace una explicación detallada al respecto de los métodos que utilizan instrumentos de medición y que fueron utilizados en el estudio especializado, los cuales fueron presentados brevemente en el inciso 7-2. Luego, en el acápite 7-3(5), se hace una presentación de otros métodos en que se aplican diferentes instrumentos.

(1) Método de medición aplicando el Martillo de Schmidt

Este es uno de los métodos más simples, dentro de los métodos "no-destructivos" conocidos para estimar el estado de deterioro de estructuras de hormigón, y se basa en la medición de la dureza de su superficie para estimar la resistencia de éste. Puesto que es un método cuya aplicación es muy sencilla, se pueden obtener en corto tiempo una gran cantidad de mediciones del estado de la superficie; sin embargo, con este método no se pueden deducir las condiciones internas de la muestra en estudio.

Por otra parte, existen deficiencias que aunque se realicen rectificaciones o reparaciones por factores que surgen debido al tipo de cemento, armadura u otros materiales, o debido a la vida útil de éstos, o a las condiciones del curado que se hubieran utilizado. Por lo que, la introducción de errores del 15 al 20 por ciento en el valor estimado de la resistencia a la compresión (la cual es un parámetro indicador del estado del hormigón) es inevitable.

Pero, puesto que este es un instrumento comparativamente económico, y que en forma sencilla o sea sin necesitar técnicas sofisticadas, y que además no-destructivamente puede medir la resistencia a la compresión de las estructuras de hormigón, puede ser utilizado ampliamente.

1) Martillo de Schmidt modelo N

Este es un instrumento que fué inventado por Ernest Schmidt el año 1948; y sirve para medir aproximadamente la resistencia a compresión de una superficie de hormigón, por comparación con la dureza, en base a la medición de la altura de rebote de un dispositivo de impacto del cual está provisto (Figura 7-2).

2) Martillo de Schmidt modelo NR

Es una versión mejorada del martillo modelo N mencionado en 1). Este martillo está provisto de un registrador automático (Figura 7-3).

En la Figura 7-4 se muestra la forma en que se efectúan las mediciones con el Martillo de Schmidt.

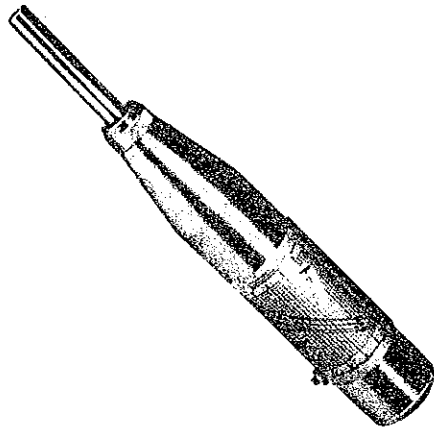


Figura 7-2 : Martillo de Schmidt - Modelo N

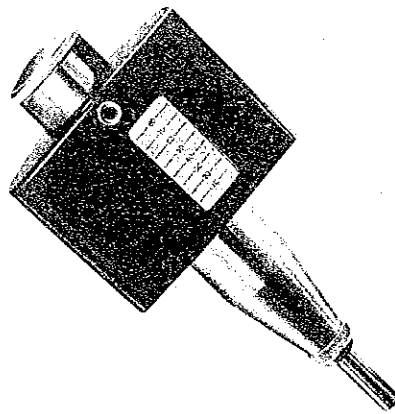


Figura 7-3 : Martillo de Schmidt - Modelo NR



Figura 7-4 : Mediciones con el martillo de Schmidt

Método de medición utilizado en la presente guía

El método que se presenta a continuación, corresponde al método utilizado por la Sociedad de Materiales del Japón. En este método, la medición de la dureza en un punto, el cuál debe estar ubicado a 3cm o más del borde, corresponde al promedio de la dureza medida en 20 puntos distribuidos en intervalos de 3cm o más.

Seguidamente se presenta el método de corrección utilizado para el reajuste de los valores medidos in situ.

Método de corrección (Martillo de Schmidt)

a) Corrección por el ángulo de aplicación:

$$D_i = D_{mi} + \delta R_{mi}$$

donde,

D_{mi} : Valor leído con el martillo de Schmidt

δR_{mi} : Valor de corrección por el ángulo de aplicación del martillo

b) Método de cálculo del valor aplicable:

Se efectúa la medición de 20 puntos, y luego se determina el intervalo comprendido por el valor promedio $\pm 20\%$.

Valores medidos	D_i	$i = 1, 2, \dots, 20$
Valor promedio	A_v	$A_v = (1/20) \cdot \sum D_i$
Valor aplicable	D_{adi}	$0.8A_v \leq D_{adi} \leq 1.2A_v$

c) Ecuación de cálculo de la resistencia:

De acuerdo con la ecuación de la Sociedad de Materiales del Japón:

$$F = 13 \cdot D_0 - 184 \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$$

d) Caída de la resistencia debido a la vida del hormigón

El descenso o caída de la resistencia nominal del hormigón como consecuencia de la vida del mismo se determina con la siguiente ecuación:

$$F_n = \alpha \cdot F \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$$

donde,

α : Factor de corrección por vida del hormigón

Tabla 7-2

Vida (días)	10	20	28	50	100	150	200	300	500	1000	3000
a	1.55	1.12	1.00	0.87	0.78	0.74	0.72	0.70	0.67	0.65	0.63

(2) Profometer

El Profometer es un instrumento de precisión que utilizando un método electromagnético puede examinar el interior de las estructuras de hormigón. Este instrumento utiliza el magnetismo como medio principal. En términos generales, aplica un campo magnético a los materiales que poseen propiedades magnéticas; y por medio de las características que tienen los defectos internos existentes, para hacer variar la permeabilidad magnética y para generar la filtración de un flujo magnético, es que logra efectuar las mediciones.

Puesto que éste es un método que solo se puede utilizar con materiales que tienen propiedades magnéticas, sirve para examinar materiales ferrosos, y está siendo utilizado como un "defectómetro magnético"; pero sin embargo, para el caso de estructuras de hormigón, éste se utiliza más bien para detectar la armadura interna.

Para generar el campo magnético, y para transformar el tamaño del mismo, normalmente utiliza imanes. Por otra parte, ya que este método, que aplica la inducción magnética, es utilizable no solo para materiales magnéticos, sino también para materiales metálicos no magnéticos, es que actualmente se está utilizando ampliamente y en forma óptima, especialmente como los denominados defectómetros para artículos con escalímetros ajustables con la conductividad de fierros con sección circular.

En las Figuras 7-5 y 7-6 se muestran el profometer y una medición in situ respectivamente.

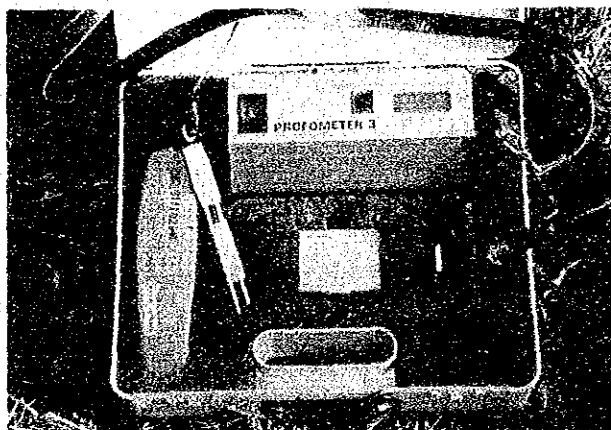


Figura 7-5 : Profometer



Figura 7-6 : Medición efectuada con el Profometer

(3) Ensayo de carbonatación

Este es un ensayo que mide el grado de carbonatación del hormigón con el objeto de estudiar la resistencia y durabilidad de las estructuras de hormigón armado.

1) Definición

Originalmente el hormigón, en el momento de ser vaciado, posee una alcalinidad muy fuerte gracias al hidróxido de calcio que contiene Ca(OH)_2 (aproximadamente alcanza a un Ph igual a 12). Sin embargo, con el transcurso del tiempo, la intemperancia y el contacto con el anhídrido carbónico del aire CO_2 , el contenido de alcalinidad del hormigón decrece.

En general, a medida que la carbonatación progresa, el contenido de alcalinidad decrece; y si éste alcanza niveles inferiores a un Ph igual a 9, se origina un ambiente propicio para la formación de óxidos en el fierro de la armadura, originándose así la corrosión. A su vez, por efecto de la corrosión, el fierro sufre una expansión volumétrica ocasionando la expansión del hormigón, y posteriormente su agrietamiento y descascaramiento; esto a su vez favorece a filtraciones de agua y aire en la armadura, corroborando con el proceso de corrosión y haciendo disminuir notablemente la durabilidad del hormigón.

Este fenómeno es lo que se denomina como la "carbonatación del hormigón", y su evaluación constituye una valiosa información para la de la durabilidad del hormigón.

2) Procedimiento del ensayo

1. Pulverizar una solución de Fenofalina desconcentrada al 1% con alcohol sobre la superficie de hormigón preparada para el ensayo.
2. Si la superficie del hormigón adquiere una coloración violeta-rojo intensa, quiere decir que el hormigón tiene una buena alcalinidad.
3. Si por el contrario, ésta adquiere una coloración blanca o violeta muy tenue, quiere decir que la carbonatación esta progresando. (El grado de carbonatación se evalúa con la ayuda de un espectrograma estándar de PH).
4. Se mide distancia desde la superficie hasta el punto en que el hormigón presenta coloración blanquecina; a esta profundidad se denomina "profundidad de carbonatación" y constituye el indicador de la carbonatación del hormigón.
5. Descubrir la armadura y evaluar el grado de oxidación de acuerdo a la siguiente escala:

Tabla 7-3

Grado de oxidación	Estado de oxidación del fierro
A	Casi no se observa oxidación alguna
B	Se verifica la existencia de algunas partes oxidadas
C	Gran parte del fierro está cubierta por una capa de coloración rojiza por el oxido
D	Existen partes muy afectadas, con grietas o perdida parcial de sección
E	Estado de corrosión y expansión del hierro por laminación del mismo. Expulsa al hormigón de recubrimiento.

A continuación se muestra una secuencia de fotografías relacionadas con este ensayo y el profometer. La Figura 7-7 muestra el equipo utilizado para el ensayo de carbonatación; la Figura 7-8 muestra cómo luego de haberse localizado la armadura, con la ayuda del Profometer, se procede al picado del hormigón; la Figura 7-9 muestra cómo se pulveriza la fenofalina en la superficie de hormigón, una vez que ésta está preparada para el ensayo; finalmente, la Figura 7-10 muestra un ejemplo de la medición de la carbonatación basándose en el espectrograma.

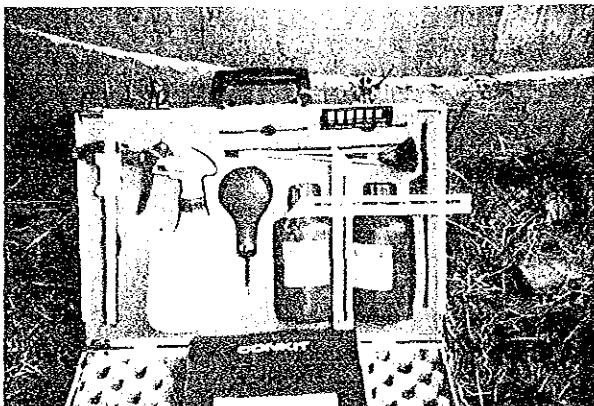


Figura 7-7 :
Equipo del ensayo de carbonatación



Figura 7-8 :
Pulverización de la solución de fenofalina



Figura 7-9 :
Picado del hormigón

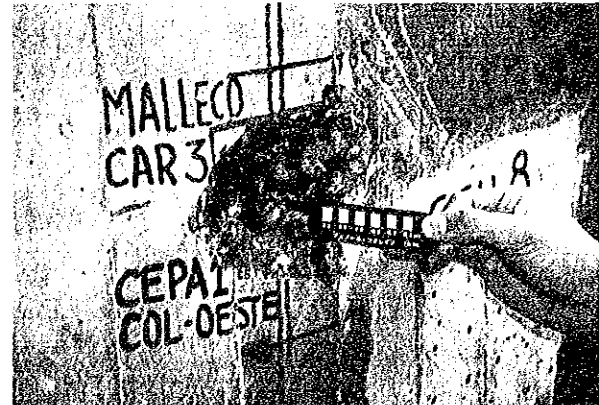


Figura 7-10 :
Medición del grado de carbonatación

(4) Ensayo de dureza de Brinell

La dureza de Brinell es un valor que representa la dureza de la superficie de la muestra metálica en estudio. Por otra parte, éste es, por sus características mecánicas, directamente proporcional a la resistencia a la tracción del metal del que está compuesto la muestra.

Por ejemplo, la relación de la resistencia a la tracción del hierro fundido con la dureza de Brinell se puede representar con el siguiente cuadro:

Tabla 7-4

	FC10	FC15	FC20	FC25	FC30	FC35
Dureza de Brinell (Hb)	131 - 163	156 - 183	174 - 197	187 - 217	197 - 217	207 - 241

Por ejemplo: FC20 representa que la resistencia a la tracción del hierro fundido es mayor o igual a 20 Kg/mm²

La resistencia a la tracción del acero se puede aproximar a partir de la proporcionalidad que representa la siguiente ecuación experimental:

$$\sigma_t = 0.35 \cdot Hb$$

donde, σ_t : Resistencia a la tracción del acero (Kg/mm²)

Hb : Dureza de Brinell (10/3000)

El principio en el que está basado el instrumento "Equotip" para medir la dureza, es la velocidad de impacto y reacción de un dispositivo de impacto que está provisto de un pequeño pistón de diamante y es impulsado por un resorte contra la superficie de la muestra. En ése instante, por medio de un imán, integrado en el dispositivo de impacto, se genera una corriente inducida durante el viaje de ida y retorno del pistón; este voltaje es proporcional a la velocidad y luego su valor es procesado y transformado a unidades estándar de dureza, valor que finalmente es proyectado en la pantalla (ejemplo de valores estándar de dureza: Brinell, Vickers, Rockwell C, etc.).

En esta Guía se utilizan los valores de la dureza de Brinell y mediante su conversión se pueden deducir los valores de la resistencia a la tracción de las piezas metálicas. En las Figuras 7-11 y 7-12 se muestra, respectivamente, el instrumento "Equotip" y una medición in situ con el mismo.

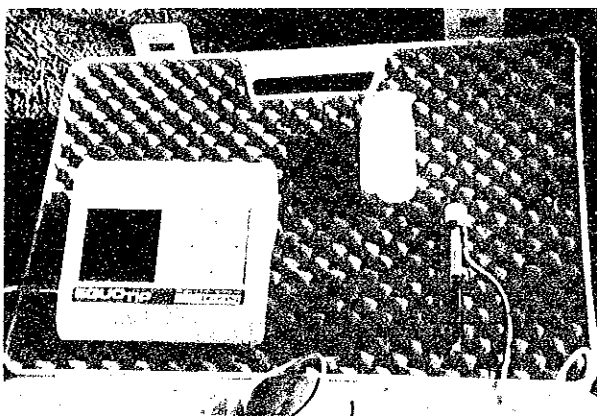


Figura 7-11 :
Instrumento de ensayo "Equotip"

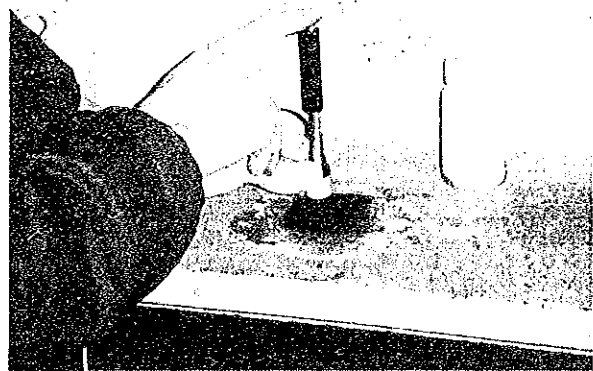


Figura 7-12 :
Medición de la dureza con el "Equotip"

(5) Otros métodos

1) Métodos no destructivos para examinar piezas de hormigón

Tabla 7-5 (1)

Método de determinación de la resistencia

Método	Puntos inspeccionados	Ventajas	Desventajas
Método del martillo Schmitt	Evaluación de la resistencia de la superficie de hormigón Evaluación de la resistencia a la compresión	<ul style="list-style-type: none"> Fácil de medir Se puede hacer la medición sin importar las dimensiones y forma del objeto 	<ul style="list-style-type: none"> Sólo mide superficialmente No es muy preciso Es necesario tener en cuenta el envejecimiento
Ultrasonido	Medición de la resistencia a compresión del hormigón	<ul style="list-style-type: none"> Fácil de medir 	<ul style="list-style-type: none"> No es muy preciso Existe una limitación en el espesor del material
Método de extracción de muestras	Determinación de resistencia del hormigón mediante ensayos de muestras	<ul style="list-style-type: none"> Gran precisión Medición relativamente sencilla 	<ul style="list-style-type: none"> Es necesario hacer los preparativos durante los trabajos de construcción Es necesario reparar después de tomar la muestra

Método de inspección de averías

Ultrasonido	Permite verificar las grietas, fisuras, vacíos, roturas en el hormigón	<ul style="list-style-type: none"> Fácil de medir Limitación según la forma del objeto a medir 	<ul style="list-style-type: none"> La determinación de fallas depende de la temperatura Es difícil mantener un registro No se puede determinar el tamaño de los daños
Método eléctrico	Estado de corrosión de las barras de hierro	<ul style="list-style-type: none"> Medición relativamente fácil Limitación según la forma del objeto a medir 	<ul style="list-style-type: none"> No es muy preciso Es necesario tener mucha práctica en esta prueba
Método de irradiación	Grietas, vacíos, roturas	<ul style="list-style-type: none"> Fácil de determinar Fácil de conservar registros 	<ul style="list-style-type: none"> Instrumentos complicados Existen limitaciones en el uso Es necesario tomar precauciones para la seguridad del trabajo No es posible cuando el material es de gran espesor Muy costoso
Método AE	Daños progresivos (fisuramiento)	<ul style="list-style-type: none"> Es posible hacer la medición en estructuras grandes 	<ul style="list-style-type: none"> Todavía en experimentación Problemas de ruido

Método de determinación de forma

Ultrasonido	Determinación de espesor del hormigón	Facilidad de la medición	
* Método de ultrasonido o método electromagnético	<ul style="list-style-type: none"> Posición de barras de hierro y su diámetro 	<ul style="list-style-type: none"> Medición fácil 	<ul style="list-style-type: none"> Si las barras están bajo una capa densa, es difícil de inspeccionar Es difícil de medir cuando las barras están muy profundas.
Método de irradiación	<ul style="list-style-type: none"> Posición y diámetro de las barras de hierro 	<ul style="list-style-type: none"> Medición fácil Fácil de conservar registros 	<ul style="list-style-type: none"> Maquinaria complicada Existen limitaciones en el uso Es necesario tomar precauciones para la seguridad del trabajo Muy costoso

(*) Método utilizado en el estudio especializado

Tabla 7-5 (2)

Métodos para estimar detectar dimensiones

	Método	Resultados	Ventajas	Desventajas
Métodos de localización de los daños	Método ultrasonic	Es especialmente bueno para las fallas en los materiales, especialmente para grietas. Es fácil de determinar el punto exacto, la forma y el tipo de problema.	<ul style="list-style-type: none"> • Es difícil encontrar las averías pequeñas pero no existen limitaciones en el grosor del material. • Es muy usado y económico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Es difícil de llevar un registro. • Es necesario mantener controles de temperatura. • Es difícil de determinar la forma de la falla. • Cuando la pintura es muy densa, pierde precisión.
	Exámenes radiograficos	Se pueden detectar engeneral fallas en soldaduras, placas, grietas y fisuras, etc.	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil de determinar las fallas • Gran variedad de usos • Fácil de conservar registros 	<ul style="list-style-type: none"> • Instrumentos complicados. • Existen limitaciones en el uso. • Es necesario tomar precauciones para la seguridad del trabajo. • Mala operabilidad • Costos elevadas.
	Método magnético	Sirve para detectar fisuras o grietas en la superficie o cerca de la superficie	<ul style="list-style-type: none"> • Método fácil e ideal para localizar las fisuras 	<ul style="list-style-type: none"> • Sólo útil en materiales magnetizables. • No pueden medirse daños internos. • No pueden descubrirse grietas profundas.
	Método eléctrico	Problemas superficiales o cerca de la superficie, especialmente habil para detectar grietas	<ul style="list-style-type: none"> • Rapidez en la medición • Económico 	<ul style="list-style-type: none"> • Puede usarse sólo en secciones de formas simples. • No pueden hacerse mediciones profundas. • Afecta a otras piezas que no están dañadas. • Es necesario ajustar la temperatura para hacer la medición.
	Método por penetración	Para detectar fisuras y grietas en superficies metálicas y no metálicas	<ul style="list-style-type: none"> • No importa el material • Fácil de operar • Se puede registrar con fotografías, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sólo descubre grietas superficiales. • Inaplicable en superficies porosas o rugosas.
Métodos de medición de espesores de placas	Métodos ultrasónico	Puede medir los espesores	<ul style="list-style-type: none"> • Facilidad en las medisiones • Ampliamente utilizado 	<ul style="list-style-type: none"> • No se pueden conservar registros. • Cuando la pintura es muy densa, pierde precisión.
	Método electromagnético	Medición de espesores	<ul style="list-style-type: none"> • Facilidad en las mediciones. 	
Otros	Medición de tensiones	Medición de la carga viva Medición de fuerzas de tracción en cables		

2) Métodos no-destructivos para examinar piezas de acero

Existen varios métodos no-destructivos para examinar piezas de acero, tales como aquellos que utilizan instrumentos con ultrasonido, defectómetros electromagnéticos u osmóticos; sin embargo, cada cual tiene sus defectos y cualidades para la detección de anomalías en la pieza en estudio.

a) Método osmótico para la detección de daños

Éste es un método que sirve para detectar desde la superficie, daños tales como fisuras cuya detección a simple vista es difícil. Básicamente consiste en lo siguiente: Se remueve la pintura de la sección en estudio, y luego se efectúa una limpieza exhaustiva de ésta. Una vez terminada la limpieza, se unta un líquido osmótico de color rojo sobre la sección; y por sus características, éste se filtrara hacia el interior de la fisura, en caso que existiera alguna. Se deja pasar unos 15 a 30 minutos y al cabo de éstos, se aplica sobre la misma superficie un líquido revelador de color blanco; y por efecto de éste, el líquido osmótico que se hubiera infiltrado en las fisuras, se hace visible tomando una coloración rojiza y haciendo notoria la fisura microscópica que inicialmente fuera difícil detectar.

b) Método electromagnético para la detección de daños

Éste es un método para detectar defectos utilizando como principio básico el fenómeno de inducción electromagnética. Consiste en lo siguiente: Se utiliza un inductor de corriente electromagnética compuesta por un conjunto de bobinas que al ser acercadas a la placa de acero en estudio, generan una similar dentro de ésta; a su vez, a partir de ésta corriente inducida generada en la placa de acero, se genera una fuerza inversa inducida en las bobinas inductoras adyacentes. En el caso de la presencia de daños o fisuras internas, la distribución de ésta corriente inducida varía, y con ella, se generan variaciones en el voltaje de la mencionada fuerza inducida en las bobinas inductoras. De esta manera, de acuerdo a éstas variaciones se puede detectar la presencia de fisuras en la placa.

c) Método ultrasónico para la detección de daños

Éste es un método para detectar defectos utilizando como principio básico el ultrasonido. Consiste en lo siguiente: Se proyectan ondas direccionales muy agudas en la pieza dañada en estudio. Instantáneamente, las ondas ultrasónicas reflejadas a partir de las partes defectuosas (fisuras, partes averiadas, etc.) son captadas mediante un sensor, y luego, amplificadas electricamente para ser proyectadas en un tubo de Braun, pudiéndose de esta manera descubrir las condiciones de defectos o daños. Este método puede ser muy bien utilizado para inspeccionar los pernos de alta resistencia en juntas a tope con cobrejuntas, o para inspeccionar juntas o uniones soldadas.

7-4 Métodos de estudio de las deformaciones de los puentes

7-4-1 Medición de los desplazamientos horizontales y verticales

Se efectúan mediciones del estado de la superficie del puente, utilizando niveles y taquímetro, para verificar si el puente ha sufrido desplazamientos horizontales o verticales.

Para verificar las deformaciones verticales, se efectúa un trabajo de nivelación tomando mediciones en tres líneas base, estas son a la izquierda, en el eje longitudinal y a la derecha, de cada punto de nivelación. Pueden seleccionarse los bordes del extremo inicial y final, y el centro de cada tramo, como puntos de nivelación; o sea, tres puntos de nivelación por cada tramo.

Por otra parte, para verificar los desplazamientos horizontales, se hace un levantamiento en el plano, avanzando en forma continua longitudinalmente al puente, efectuando mediciones de la longitud de cada tramo y los intersticios entre losas sobre cada línea base. Además, instalando el taquímetro sobre los pasillos deben medirse las distancias horizontales (en planta) desde cada línea base al borde exterior de cada losa.

Una vez concluidas las mediciones se procede al trazado de los planos del levantamiento vertical y horizontal con los datos obtenidos (Véase el Anexo 4: Desplazamientos horizontales y verticales).

Cabe señalar que en el análisis de éstos resultados debe considerarse que éstas mediciones incluyen errores de tipo constructivos, y por otra parte, que para mejorar las estimaciones y evaluaciones deben efectuarse en forma periódica. Este comentario es extensivo para las mediciones que se mostrarán en los párrafos a continuación.

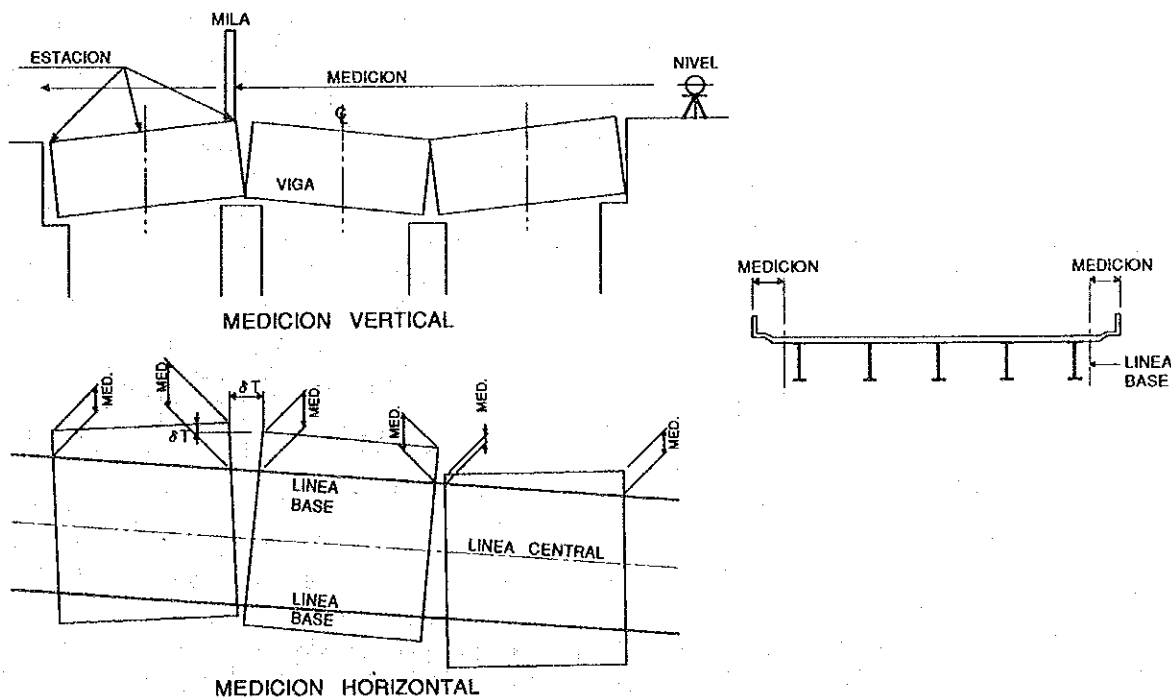


Figura 7-13 : Medición de los desplazamientos horizontales y verticales

7-4-2 Medición de las deformaciones en la viga principal

En esta sección se presenta el análisis de las deformaciones en vigas de hormigón armado con sección tipo "T", y vigas de acero.

(1) Medición de las deflexiones

Si las deflexiones de la viga principal son tan grandes que se pueden apreciar a simple vista, entonces deben efectuarse mediciones de éstas, y luego de analizar y hacer un examen comparativo de los valores obtenidos, y verificar la seguridad del puente.

Las mediciones se efectúan instalando un nivel en la parte inferior del puente y realizando lecturas a lo largo de la viga, ubicando la mira de tal manera de que su extremo superior toque la base de la viga como se puede apreciar en la Figura 7-14 (izquierda). En el caso de puentes de gran altura de gálibo, este método es inaplicable, por lo que debe procederse a las mediciones desde la superficie del puente con la ayuda de un aparato de medición, como se muestra en la Figura 7-14 (derecha).

Las mediciones se efectuarán en puntos tales como los extremos de las vigas, a medio tramo, puntos donde están ubicadas los travesaños, etc., o sea todos los puntos que se juzguen necesarios para el análisis de la flecha.

Puesto que existen muchos puentes en los cuales durante la construcción no se les proporcionó una contraflecha adecuada, se encuentran deformadas ya desde un principio debido a la carga muerta. Esto debe considerarse durante el análisis.

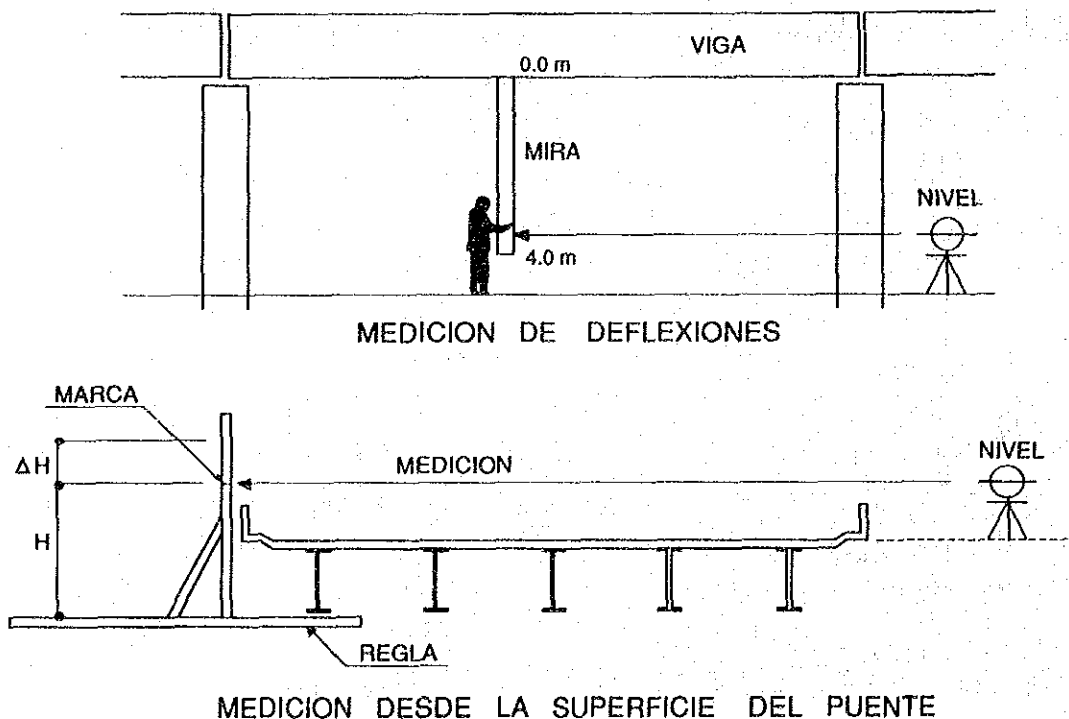
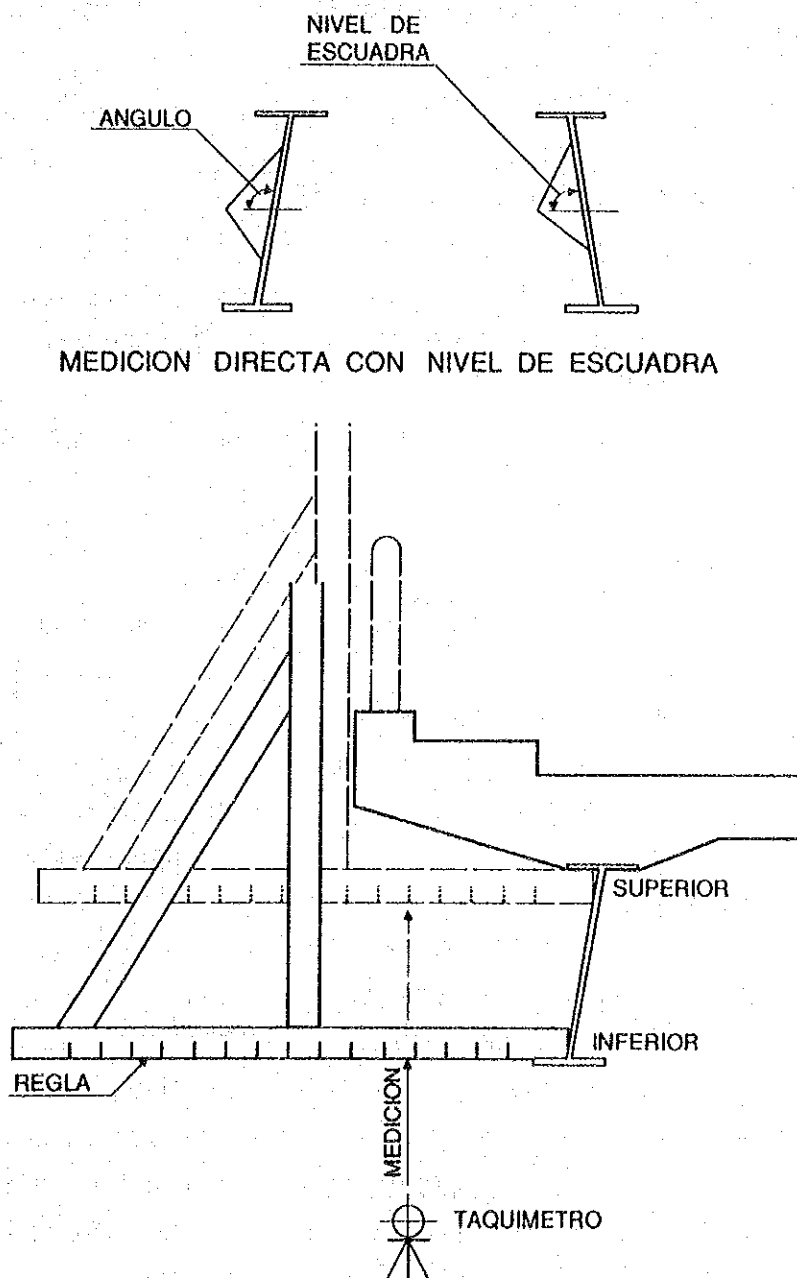


Figura 7-14: Medición de las deflexiones de la viga

(2) Medición de las deformaciones por torsión

En el caso de que se tenga accesibilidad a las vigas para efectuar mediciones directas, éstas pueden efectuarse utilizando un "nivel de escuadra" (Figura 7-15, arriba), tomando medidas en diversos puntos tales como los extremos de la viga, puntos donde están ubicados los travesaños, etc. En caso contrario, o sea cuando la viga es inaccesible a mediciones directas, puede utilizarse el aparato de medición que se muestra en la Figura 7-15 (abajo), y alineando el taquímetro en un eje paralelo a la viga, hacer lecturas sobre la regla del aparato apoyando ésta en la platabanda superior y la inferior. De esta manera, haciendo mediciones a lo largo de toda la viga, puede deducirse el estado de deformaciones de la viga por el efecto de torsión.



MEDICION DESDE LA SUPERFICIE DEL PUENTE
Figura 7-15 : Medición de las deformaciones por torsión

7-4-3 Medición de asentamientos e inclinaciones de la infraestructura

Normalmente las mediciones de los asentamientos de la infraestructura se efectúan situando un punto base de referencia y efectuando mediciones de los niveles de puntos marcados con anterioridad. Sin embargo, hasta cierto grado puede considerarse que éste tipo de mediciones son de largo plazo, por lo que para el caso de una verificación del estado de inclinaciones o asentamientos éstas mediciones pueden efectuarse utilizando niveles y taquímetro como se muestra en la Figura 7-16.

Las mediciones se efectúan en el sentido longitudinal y transversal separadamente. Si la mira no alcanza al tope superior de la cepa, puede alinearse el taquímetro trazando una línea de plomada desde el tope superior de ésta y colocando la mira horizontalmente en la base, puede leerse la inclinación de la cepa.

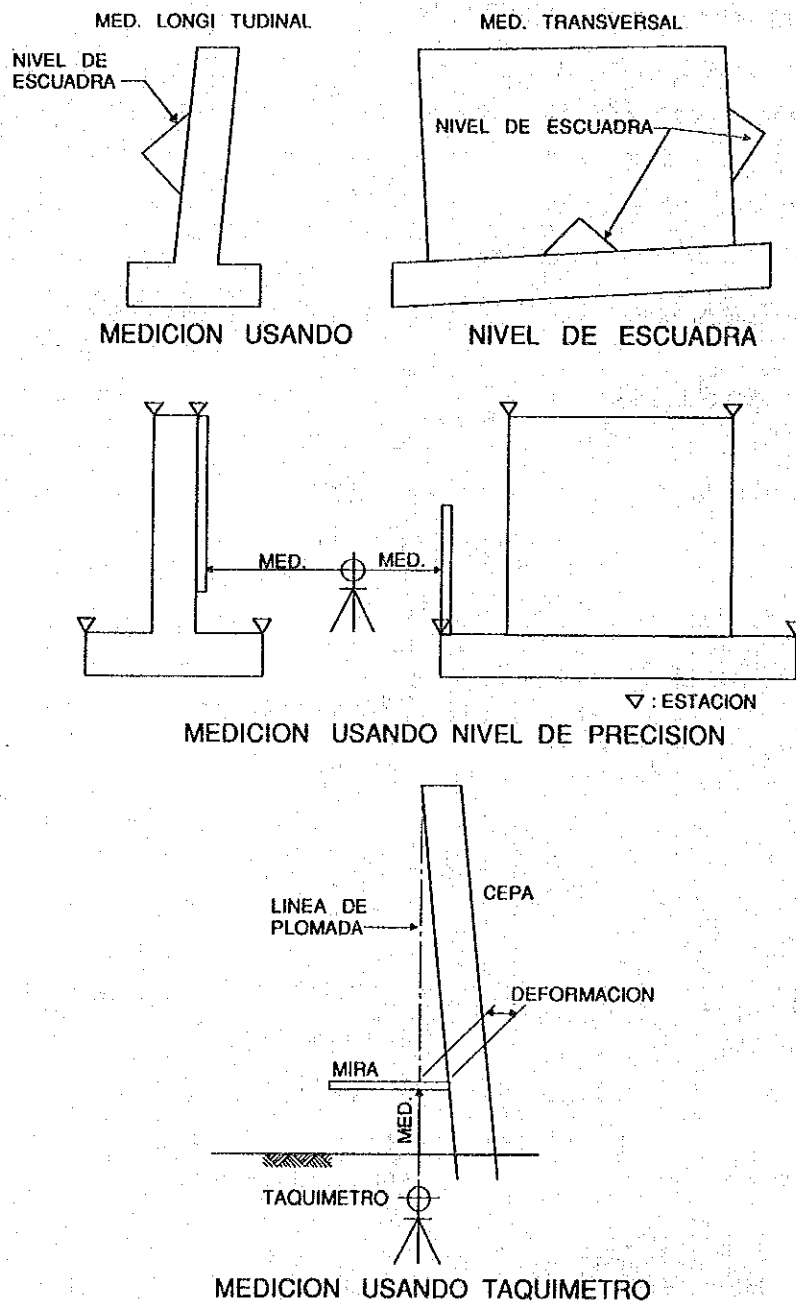


Figura 7-16 : Medición de asentamientos e inclinaciones de la infraestructura

7-4-4 Estudio de fisuramiento

Generalmente el estado de deterioramiento de las estructuras de hormigón puede evaluarse, en términos generales, a partir de las fisuras que puedan detectarse en su superficie. Con éste propósito es que se efectúa un estudio del estado de fisuramiento de los elementos de hormigón del puente. Luego, se determinan las probables causas que originaron las fisuras y se analiza su relación con la resistencia o capacidad portante del puente.

(1) Ítemes del estudio

1. Medición de las dimensiones del elemento estructural, y de la disposición de la armadura.
2. Determinación de las cargas admisibles, suelo de fundación y el medio ambiente.
3. Estudio del estado de fisuramiento: posición, área, ancho, profundidad, longitud, avance y filtraciones de agua.
4. Período de su aparición o detección.
5. Estado del hormigón desde el punto de vista constructivo.

(2) Método de medición

1. Instrumentos y materiales de medición

Planos estructurales, huinchas, calibres vernier, escalímetro transparente, cámara fotográfica, tiza, papel milimetrado transparente.

2. Mediciones

- a) Para determinar la posición, longitud, avance, etc. de las fisuras superponer el papel milimetrado (tamaño de 20 a 50cm) sobre la superficie de hormigón a estudiar, y reproducir con un lápiz todas las fisuras de se divisen.
- b) En el caso de grandes áreas, repasar las fisuras con tiza u otro demarcador, y hacer un levantamiento de las fisuras en el papel milimetrado a una escala adecuada. Si se presentan fisuras especiales pueden tomarse fotografías de éstas.
- c) Debe registrarse la fecha de inspección en el extremo de cada fisura para posteriores análisis y comparaciones para determinar del avance del largo de la fisura.
- d) Utilizando el escalímetro transparente, o el vernier si se requiere, se mide el ancho de cada fisura en diversos puntos. Es conveniente dejar registrados éstos anchos junto a la fisura para poder determinar el avance de éstos.

- e) Con los resultados obtenidos se prepara el plano de fisuramiento, donde se registra su distribución, registrando la posición, ancho, elemento estructural, fecha, etc. Es conveniente incluir también las fotografías que se hubieran tomado.

7-4-5 Estudio de socavaciones

Las partes estructurales que pueden ser afectadas por el fenómeno de socavación son las fundaciones de los estribos, cepas y riberas del cauce. El objetivo de las mediciones es el verificar la seguridad de las fundaciones, evaluar el estado actual y estimar el futuro avance de la socavación. El avance de la socavación del lecho no es un daño que se pueda estimar solo mediante un estudio o análisis detallado; sin embargo, mediante inspecciones y mediciones periódicas, en cierto grado se puede estimar la velocidad del proceso de socavación. Para este efecto es recomendable conservar registros del grado de deterioro de las fundaciones, ubicación del lecho, profundidades, velocidad de escurrimiento, etc.

Para realizar las mediciones se utilizan instrumentos tales como un nivel, miras, jalones, huinchas, plomadas, lienzo, bote de campaña, etc. Primeramente se determina el nivel actual de aguas mediante los instrumentos de nivelación. Seguidamente, se determina la profundidad del río en distintos puntos, utilizando la mira, jalones y plomadas con lienzo, para obtener el perfil del lecho, profundidades en diversos puntos alrededor del puente, e inclusive analizar visualmente el tipo de suelo del lecho. También se deben medir las profundidades de fundación de las zapatas; esto se puede hacer con la ayuda de las miras y jalones, y si esto no es suficiente, puede utilizarse la plomada con el lienzo marcado previamente cual si fuera una huincha. La plomada debe ser de un peso considerable para que no sea arrastrada por la corriente, y conserve en lo posible una "línea de plomada".

8. Ejemplo de método de rehabilitación

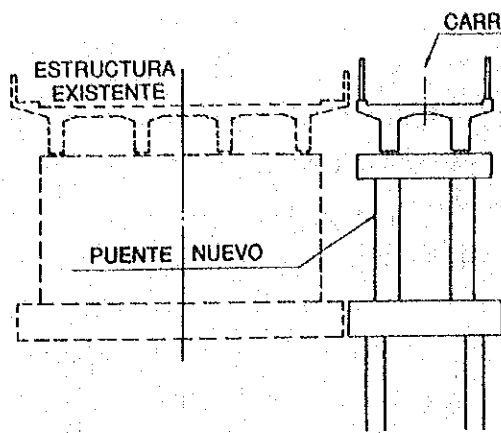
Los métodos normales de rehabilitación empleados actualmente en la República de Chile ya fueron mencionados en el Capítulo 6. En este capítulo se describen los métodos de rehabilitación o mejoramiento más apropiados, diseñados en base a los resultados obtenidos en el estudio especializado (o inspección detallada), considerando los costos incurridos en reparaciones pasadas, la facilidad de aplicación, y otros factores. También se describen algunos métodos, que aunque no se hayan aplicado aún en Chile, pueden servir de referencia en el futuro. Durante las inspecciones se pudo observar, que en forma muy característica, la estructura de la mayoría de los puentes chilenos está subdimensionada para las condiciones de diseño concernientes a la hidrología, fundaciones, sismos, etc. Este es uno de los puntos claves que se debe estudiar en el futuro. En esta sección se hacen algunas consideraciones al respecto y se presentan algunos ejemplos concretos.

8-1 Aumento del tránsito sobre el puente

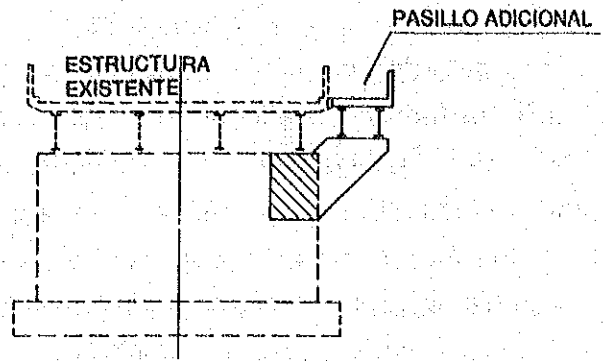
Se presentan ejemplos de contramedidas a adoptarse en el caso que con el desarrollo económico y social del país, el tránsito de vehículos y consecuentemente la carga sobre un puente, incremente tanto que sobrepase su capacidad, y cómo aumentar el número de carriles o implementar otras medidas necesarias.

Al respecto se puede comentar, que en muchos casos es necesario reemplazar por completo el puente existente con uno nuevo que tenga la suficiente capacidad de soportar el tránsito vehicular actual. Obviamente, éstos casos corresponden generalmente a los puentes viejos cuya capacidad ha sido sobrepasada por la demanda de tránsito actual. Sin embargo, si los puentes viejos están aún en buenas condiciones, se puede agregar nuevos carriles o pasillos independientemente, a menos que sea estrictamente necesaria la ampliación completa del puente.

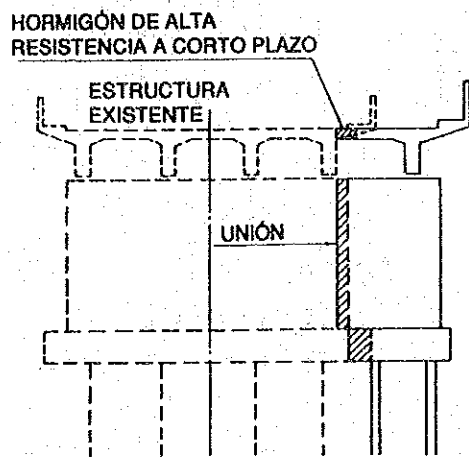
En las figuras que se muestran a continuación se trata de ilustrar algunos casos de ampliaciones del ancho de un puente. En estos casos, la unión entre la losa existente y la nueva, debe hacerse con hormigón de alta resistencia a corto plazo y de gran adhesividad. Sin embargo, inclusive con este método, es necesario interrumpir el tránsito durante 3 a 7 horas para evitar que las vibraciones afecten a las nuevas partes del puente. Si, por razones económicas, no fuera posible hacer una ampliación, puede instalarse un pasillo o limitar el tránsito, usar un bypass, o cambiar el puente a uno de una vía, etc.



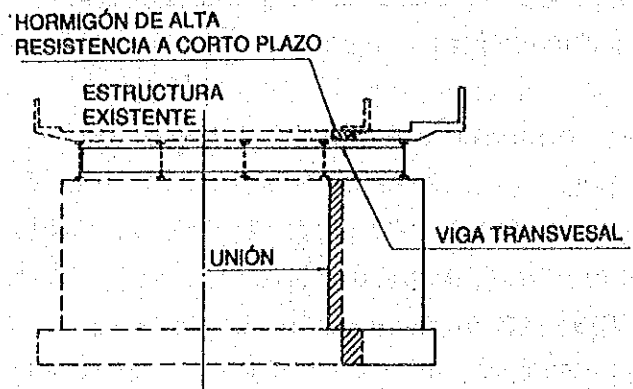
CONSTRUCCIÓN DE CARRIL ADICIONAL



ADICIÓN DE PASILLO



ADICIÓN DE UN CARRIL



ADICIÓN DE UN CARRIL Y UN PASILLO

Figura 8-1

8-2 Métodos de rehabilitación de la viga principal

8-2-1 Puentes con vigas de hormigón armado con sección tipo "T"

Las daños de la viga principal se deben generalmente a la insuficiente capacidad de carga, técnicas de construcción deficientes, envejecimiento, etc. Para la rehabilitación, en el caso de que la capacidad de carga sea insuficiente, se pueden colocar vigas adicionales, incrementar la sección de la viga, o aplicar algún otro método. Sin embargo, de acuerdo al tipo y grado de daños, el costo de rehabilitación suele ser tan grande que a veces es mejor considerar la reposición de toda la superestructura (incluyendo la losa).

A continuación se muestran algunos casos de rehabilitación para mejorar la capacidad de carga:

1) Vigas adicionales

La instalación de vigas adicionales es requerida cuando la capacidad de las vigas actuales, a pesar de estar en buen estado, es insuficiente ante el incremento del tráfico vehicular. Sin embargo, puesto que la remoción de la losa, el vaciado y fraguado del hormigón nuevo, etc. requieren de varios días, éste método de rehabilitación necesita la interrupción del tránsito durante el ese período de tiempo.

2) Incremento de la sección de la viga

Este tipo de solución se utiliza cuando debido a los esfuerzos de tracción, la altura de la viga o la armadura de refuerzo son insuficientes. Para su implementación, es necesario reforzar la sección de tracción incrementando la sección y armadura utilizando hormigón colado. Este método se utiliza también para reparar las secciones que tienen poco recubrimiento, deficiencias constructivas, etc. y que están sometidas a un proceso de deterioramiento severo. La unión del hormigón colado con el hormigón viejo puede mejorarse aplicando resinas epóxicas, mortero de cemento o cemento de rápido endurecimiento. En este caso también es necesario interrumpir el tránsito hasta que el hormigón fragüe adecuadamente, para evitar que sea afectado con la vibración.

3) Encamisado con hormigón armado

Se utiliza cuando la viga está dañada, por ejemplo si está fisurada, etc. o cuando requiere ser reforzada. Para este efecto se coloca un encamisado de hormigón armado (ver figura). En este caso es necesario sacar temporalmente parte de la losa, e instalar la armadura y estribos de refuerzo.

4) Adhesión de placas de acero

En este método se colocan placas de acero unidas a la superficie de hormigón mediante pernos y algún adhesivo, para conseguir una unión sólida. Este método es útil para reparar superficies laterales cerca de los apoyos o superficies inferiores sometidas a flexión a medio tramo.

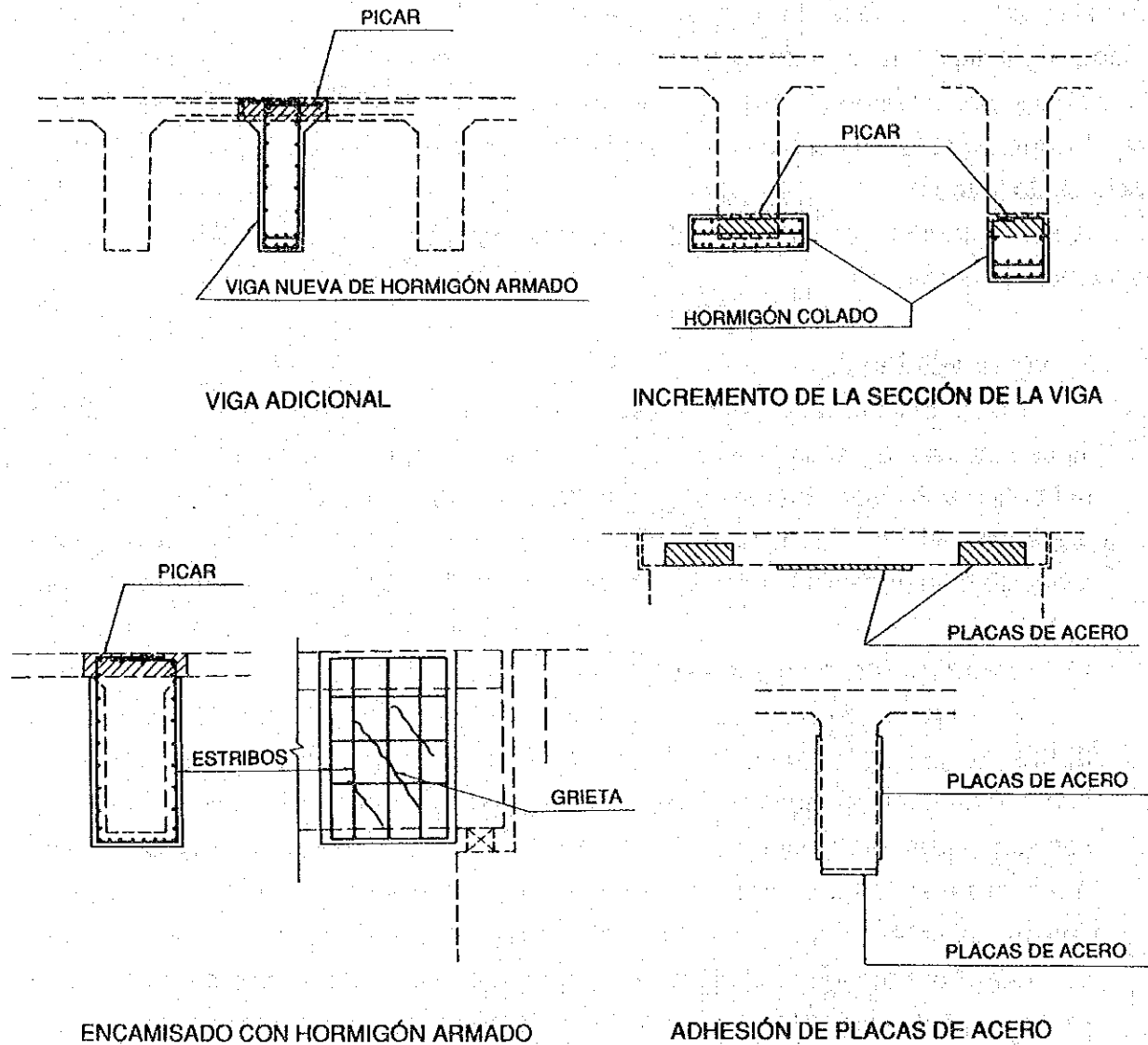


Figura 8-2

8-2-2 Puentes con vigas de acero

En esta sección se estudian los métodos de reparación de los daños más comunes en puentes con vigas de acero, tales como grietas debido a la concentración de tensiones y la corrosión.

Los extremos de las vigas o cada punto de apoyo de éstas, son partes que tienen mucho que ver con la estabilidad del entramado, y que frecuentemente están sometidas a una concentración de tensiones que ocasionan daños tales como fisuras locales, etc.

En las figuras inferiores se muestra un método de reparación y refuerzo por medio de la adición de planchas de acero unidas a la viga con pernos de alta resistencia. En el caso de problemas originados por el incremento de la carga viva se requiere la adición de planchas de refuerzo en las platabandas para compensar la insuficiencia de sección. Este método también se usa para reparar partes afectadas por la corrosión.

Cabe enfatizar que en ningún caso se deben utilizar soldaduras, o sea, las uniones deben hacerse siempre mediante pernos de alta resistencia.

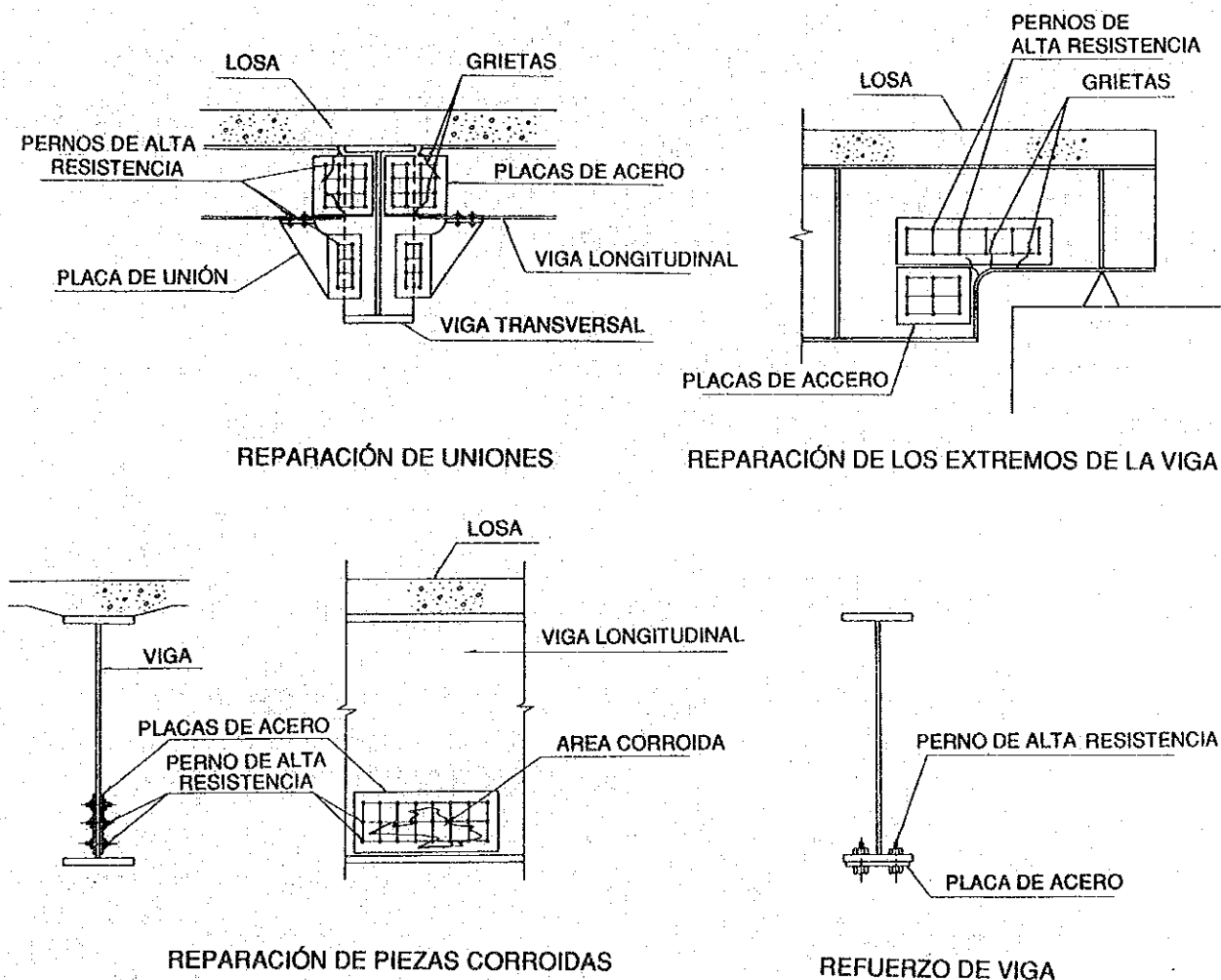


Figura 8-3