

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA

UNAN – Managua

Recinto Universitario Rubén Darío

Facultad De Ciencias e Ingenierías



TITULO

**“PROPUESTA DE GUÍA DE INSPECCIÓN CUALITATIVA PARA
PUENTES EN NICARAGUA”**

**Tesis monográfica para optar al título de
Ingeniero civil.**

**Autor: Br. María Auxiliadora Barba Martínez.
Br. Mario José Molina Zambrano.**

**Tutor
Ing. Bayardo Altamirano.**

Managua, Agosto 2012.

AGRADECIMIENTO

A nuestro señor, Jesús quien nos dio bienestar, salud, sabiduría y perseverancia para terminar este trabajo e iniciar nuestros caminos de éxito profesional.

A nuestros padres quienes nos alentaron, nos apoyaron y nos llenaron de sueños prometedores que hoy se hacen una realidad.

A nuestros maestros quienes fueron forjadores de nuestro aprendizaje a través de estos años desde el maestro que tomó nuestra mano y nos enseñó a escribir hasta los nos enseñaron las cosas más complejas para desarrollarnos como profesionales.

Barba & Molina

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado a través de estos años salud, bienestar, sabiduría y perseverancia para culminar mis estudios y convertirme en un profesional.

A mis mamás Catalina Hernández, Norma Ordeñana y Guadalupe Martínez quienes me dieron su amor, su apoyo y me guiaron al buen camino que permitió que hoy culminaran mis estudios profesionales.

A mi esposo Mario José Molina Zambrano quien ha compartido conmigo mis anhelos y sueños siendo también un amigo y un compañero de clases culminando juntos este trabajo monográfico.

Al maestro e ingeniero Bayardo Altamirano nuestro tutor en este trabajo monográfico y quien nos brindó su tiempo, sus conocimientos y su paciencia.

María Auxiliadora Barba Martínez.

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico Primeramente a DIOS por haberme dado la sabiduría necesaria para culminarlo, la salud para enfrentarme a las adversidades y una MADRE y un PADRE quienes me guiaron desde mis primeros pasos.

A mi Mama Eneyda Zambrano y a mi Papa Erwin Molina, ya que gracias al apoyo y los consejos de ellos me encuentro alcanzando una de las metas propuestas.

A mi Esposa María Auxiliadora Barba que a lo largo de esta etapa ha estado en las buenas y las malas, siendo una amiga y una excelente mujer.

A mi Tía Ing. Thelma Zambrano quien nos ayudó en nuestra Tesis Monográfica.

A cada uno de los docentes que nos dedicaron su tiempo y su sabiduría, en especial al Ing. Bayardo Altamirano.

Mario José Molina Zambrano.

INDICE

1. Introducción.....	7
1.1 Planteamiento del Problema.....	10
1.2. Limitaciones.....	11
1.3. Objetivos.....	12
2. Puentes en Nicaragua.....	13
2.1 Inventario de puentes en Nicaragua.....	14
2.2 Tipos de Puentes más comunes en Nicaragua.....	15
3. Marco Referencial	
3.1. Conceptos y Definiciones.....	16
3.2. Determinación de Inspección en Puentes.....	19
3.3. Daños típicos encontrados en puentes.....	20
3.4. Métodos para la evaluación de puentes.....	26
3.4.1. Métodos Cuantitativos.....	26
3.4.2. Métodos Cualitativos.....	32
34.2.1. Guía de evaluación de puentes utilizado en Colombia.....	34
34.2.2. Guía de evaluación de puentes utilizado en Colombia.....	37
4. Propuesta de guía de inspección cualitativa de puentes en Nicaragua.....	40
4.1. Frecuencia de Inspección.....	41

1. INTRODUCCION

Los puentes son tan antiguos como la civilización misma, estos son estructuras que permiten salvar un accidente geográfico o cualquier otro obstáculo físico. Su aparición inicia de una de las grandes civilizaciones en este caso los romanos, la construcción de puentes no sufrió cambios sustanciales durante mucho tiempo superando las técnicas de los romanos en esta rama hasta en los últimos dos siglos. Los materiales empleados en la construcción de los puentes han sido sucesivamente la madera, las piedras, el hierro, el acero, el concreto armado y finalmente el concreto pretensado siendo este último en la actualidad el que más se emplea contribuyendo al desarrollo de los mismos.

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 del Sistema Nacional de Carreteras del país. En muchos casos, los puentes son el componente más vulnerable de una carretera esto hace que sea evidente el requerimiento de una supervisión y rehabilitación constante para la conservación de los mismos.

Los primeros puentes carreteros en Nicaragua se construyeron a principios de 1900¹, La mayoría eran puentes angostos de madera que a veces solo permitía el paso de peatones. Para el año de 1940 la red total que existía en Nicaragua estaba constituida por 201 Km² de caminos estos se caracterizaban por tener muchos puentes de madera, que en ese momento tenían alrededor de 40 años en servicio siendo ya ineficientes en comparación con el desarrollo económico que se venía presentando en el país. Con la construcción de la carretera panamericana y la carretera al Rama se inició a construir puentes de estructuras metálicas todos construidos entre 1940 y 1945³ que vinieron a suplir las necesidades de mejoras a la infraestructura en carreteras y puentes en Nicaragua pues no debemos olvidar que para el país el traslado de mercancías y personas a los centros de producción y consumo son de gran importancia, y por lo tanto conservar el buen estado del funcionamiento vial nos permitirá alcanzar los planes de desarrollo que como meta se fija nuestro país.

¹ Ing. Bayardo Altamirano. "Apuntes de puentes", Managua, Nicaragua. (2007).

²Ministerio de transporte e infraestructura "Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes." NIC-2000. (1999).

³Ing. Bayardo Altamirano. "Apuntes de puentes" Managua, Nicaragua. (2007).

El crecimiento de las actividades económicas generó la expansión de la red vial hasta cubrir las necesidades primarias de circulación por medio de vías que cada vez fueron aumentando sus características tecnológicas contando en la actualidad con una extensa red vial constituida por 21,975.38 Km⁴. Además comprende la vía de transporte internacional más importante del país como es la carretera Panamericana, ubicado a nivel del kilómetro 119 de la misma el puente mixto Las Lajas tomado como muestra de aplicación de la propuesta de guía en nuestra tesis.

El puente Las Lajas se encontraba localizado en la región IV teniendo como centro geométrico la estación 119 + 355.64 sirviendo de cruce al río del mismo nombre. Este se trataba de un puente carretero de un solo claro con una longitud de 46.52 m construido hace aproximadamente 67 años⁵. Durante mucho tiempo este puente fue parte importante de la Carretera Panamericana sin embargo luego de muchos estudios realizados con apoyo de la Cooperación Japonesa se llegó a la decisión de sustituir dicho puente dejando de ser utilizado en marzo de 1996 cuando culminó la construcción de un puente que presenta condiciones similares.

La construcción del puente se inició en junio de 1995 fue ejecutado por la Empresa Constructora Hazama Corporation de origen Japonés quienes financiaron este proyecto en la modalidad de cooperación no reembolsable, el proyecto fue supervisado por la empresa Central Consultant, Inc. La culminación del proyecto fue en el año 1996 lo que nos indica que el puente tiene 16 años de estar en servicio podemos decir que es un puente relativamente nuevo lo que no quiere decir que su estado a través de estos años sea el mejor pues los puentes en servicio deben ser evaluados, por lo menos, una vez al año para la identificación y evaluación de daños.⁶

En las últimas décadas en nuestro país hemos observado como durante cada invierno son más los daños que se producen en los elementos de los puentes habiéndose presentado casos en los cuales los puentes han sido destruidos en su totalidad.

⁴Ministerio de transporte e infraestructura "Manual para la revisión del diseño estructural de puentes carreteros y cajas puentes." (2008)

⁵Ministerio de la construcción y transporte MCT "Evaluación y diagnóstico del puente Las Lajas ubicado en el departamento de Rivas". (1991).

⁶Manual para la inspección visual de puentes y pontones vol.1 Bogotá, Colombia. (2006).

Las experiencias del pasado en nuestro país demuestran las repercusiones socioeconómicas cuando una infraestructura importante como un puente, sufre un colapso estructural.

Se conocen diversos métodos e instrumentos utilizados para revisar el estado estructural y físico de los elementos de los puentes, lamentablemente nuestro país no cuenta con los recursos económicos que nos permitan hacer uso de estos instrumentos, De ahí surge la necesidad de elaborar una propuesta de guía de inspección visual para puentes que permita cuantificar los daños que presenta los elementos que lo constituyen y determinar la condición actual del mismo para tomar las medidas necesarias para evitar daños mayores en el futuro.

1.1. Planteamiento del problema.

El deterioro evidente en los elementos que componen las estructuras de los puentes en Nicaragua es producto del poco o casi ningún mantenimiento rutinario que se les debe aplicar a los puentes, Esto quizá se debe a factores económicos que están presentes en las instituciones que tienen como función brindarles a estas estructuras el mantenimiento necesario para conservarlos en buen estado, pues es necesario realizar una inspección visual a cada elemento para determinar que magnitud de mantenimiento es requerido según la condición que el puente presente.

La causa primordial que ha incurrido en estos problemas es el hecho que el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) en su unidad de puente a quien se le ha asignado como función realizar dichas inspecciones no cuenta con una guía o manual que proporcione los requerimientos y métodos necesarios para la realización de una inspección visual a los elementos que conforman un puente y tomar medidas de prevención para evitar daños severos en los mismo y que cumplan su vida útil con un nivel de servicio eficiente y seguro.

1.2. Limitaciones.

Como en todos los trabajos de investigación en cualquiera de la ramas en estudio podemos encontrar diversos tipos de limitaciones en nuestro caso una de las principales es el hecho que el Ministerio de transporte e infraestructura específicamente la unidad de puentes no cuenta con un inventario detallado de los puentes existentes en Nicaragua, así como la localización exacta de los mismo ni el tipo de puente.

Otro aspecto es que la bibliografía referente a inspecciones cualitativas o visuales en Nicaragua es mínima pues no existen documentos anteriores aplicables a nuestro trabajo fundamentándonos en referencias de otros países donde este tipo de inspección es aplicada bajo criterios de manuales o guías.

La aplicación de nuestra propuesta de guía se realizó solamente en un puente ubicado en el departamento de Rivas por no contar con los recursos económicos necesarios para cubrir los gastos a los que conllevaría realizar inspecciones en otros puentes cabe señalar que la propuesta de guía de inspección visual de puentes es aplicable a otros puentes existentes en Nicaragua.

1.3 Objetivos

Objetivo General

Proponer una guía de inspección cualitativa para Nicaragua adaptada del Manual de inspección visual de puentes y pontones de Colombia.

Objetivos Específicos

1. Identificar y caracterizar las causas del deterioro de los puentes.
2. Cuantificar los daños existentes en el puente mixto Las Lajas.
3. Diagnosticar el estado actual de los elementos del puente mixto Las Lajas ubicado en el departamento de Rivas aplicando la propuesta de guía de inspección cualitativa de puentes.

2. PUENTES EN NICARAGUA.

Los puentes son estructuras que los seres humanos hemos ido construyendo a lo largo de los tiempos para lograr superar las diferentes barreras naturales con las que nos encontramos y poder transportar así mercancías, permitiendo la circulación de personas y el traslado de sustancias de un sitio a otro.

Las características que presentan los puentes están ligadas a las de los materiales con los que se son construidos⁷ de entre los cuales podemos mencionar los puentes de madera que a pesar de ser rápidos de construir y de bajo costo son poco resistentes y duraderos, ya que son muy sensibles a los agentes atmosféricos, como la lluvia y el viento, por lo que requieren un mantenimiento continuo y costoso (ver figura 1). En el caso de los puentes de piedra son resistentes, compactos y duraderos, aunque en la actualidad su construcción es muy costosa.



Figura 1. Puente de Madera. Tomado de página web: www.plataformaarquitectura.cl.com.

Otro tipo de puente son los puentes metálicos en los cuales su forma puede ser muy variada y se construyen con rapidez permitiendo hacer diseños de grandes claros, sin embargo estos tienden a tener costos económico de construcción y mantenimiento elevados por estar sometidos a la acción corrosiva producto de los agentes atmosféricos

El ultimo tipo de los puentes, son los puentes de concreto armado estos son de montaje rápido, ya que admiten en muchas ocasiones elementos prefabricados se consideran muy resistentes, los gastos de mantenimiento son muy escasos, ya que son altamente resistentes a la acción de los agentes atmosféricos(ver figura 2).

⁷ Página web: www.scribd.com

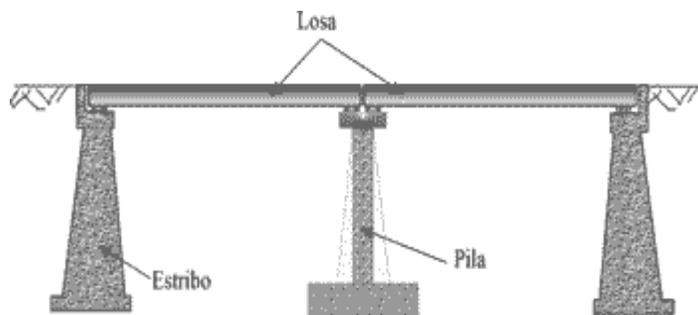


Figura2. Puente de losa maciza de Concreto Armado. Tomado de página web: ingenierocivilinfo.com.

2.1 Inventario de puentes en Nicaragua.

El Ministerio de Transporte e Infraestructura es el ente encargado de llevar un control de los puentes existentes en el país así como su localización y el estado en que estos se encuentran lamentablemente por factores económicos y de tiempo por el hecho de ser relativamente nueva la unidad de puente en el Ministerio no se ha logrado tener un inventario completo de los puentes existentes.

A pesar de no contar en Nicaragua con un inventario detallado de los puentes que existen en nuestro país se tiene cifras aproximadas al número exacto contando actualmente con alrededor de 664 puentes⁸. (Ver anexos tabla 1.1).

Entre los cuales encontramos:

- a) Un puente de madera en carretera pavimentada con una longitud de 12.7 m y 125 puentes de madera en carreteras no pavimentadas teniendo un total de 126 puentes de madera.
- b) 81 puentes Mixtos en carreteras pavimentadas y 185 puentes Mixtos en carreteras no pavimentadas teniendo un total de puentes Mixtos de 266 puentes Mixtos.
- c) 214 puentes de concreto en carreteras pavimentadas y 58 puentes de concreto en carreteras no pavimentadas teniendo un total de puentes de concreto de 272 puentes de concreto.

⁸Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central (CEPRENAC), Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA), "Manual centroamericano de gestión del riesgo en puentes,"(2010).

2.2 Tipos de puentes más comunes en Nicaragua.

Tomando en consideración los puentes construidos más frecuentemente en Nicaragua. Encontramos tres tipos de Puentes carreteros según el Manual para la revisión del diseño estructural de puentes carreteros y cajas puentes caracterizándolos de la siguiente manera:

Los puentes Carreteros Tipo I se encuentra formado en su superestructura por una losa de concreto reforzado la misma que servirá como superficie de rodamiento cubierta por asfalto esta será soportada por largueros o vigas de acero, el mismo presentara además andenes peatonales de concreto reforzado con sus respectivos barandales. La subestructura estará constituida de vigas de asiento y pilas de concreto reforzado en el caso que se requiera apoyos intermedios y estribos de concreto reforzado o mampostería.

Para los puentes Carreteros Tipo II los encontramos constituidos en la superestructura por una losa de concreto reforzado se encontraran soportadas por largueros de concreto pretensado y Compuestos por andenes peatonal con sus barandales. La subestructura del Puente Tipo II está formada por vigas de asiento, estribos y pilas de concreto reforzado.

En la superestructura del puente Carretero Tipo III encontramos la losa de concreto reforzado y Largueros de concreto reforzado prefabricado, incluyendo los andenes peatonales con sus barandales. En la subestructura del Puente Tipo III encontramos vigas, estribos de asiento y pilas de concreto reforzado.

Basados en investigaciones hemos determinado que el tipo de puente más construido en Nicaragua en la actualidad según la clasificación anterior⁹ es el puente carretero tipo I clasificación asignada al puente Las lajas que fue tomado como muestra de aplicación de la propuesta de guía de inspección cualitativa de puentes.

⁹Ministerio de transporte e infraestructura "Manual para la revisión del diseño estructural de puentes carreteros y cajas puentes." (2008)

3. MARCO REFERENCIAL.

3.1 Conceptos y Definiciones.

3.1.1 Definición de puente.

Los puentes son construcciones que nos permite superar un accidente geográfico o cualquier otro obstáculo físico como un río, un cañón, un valle, o cualquier otro obstáculo. El diseño de cada puente varía en dependiendo de su función y la naturaleza del terreno sobre el que el puente este construido. Los puentes están divididos en dos partes principales:

La superestructura que podemos decir que es la parte superior de un puente que une la distancia entre uno o más claros y la infraestructura que consiste en todos los elementos que son necesario para soportar el peso de la superestructura y la carretera.

3.1.2 Elementos de la superestructura.

a) Losa.

Consiste en una plancha de concreto reforzado o preesforzado, madera o metal. (Ver fig. 3.1).

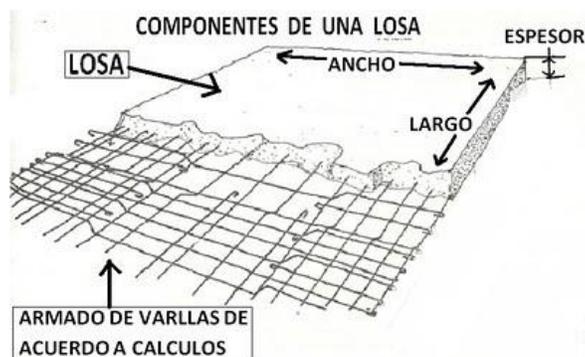


Figura 3.1 Losa de concreto armado. Tomado de página web: blogdelingeniero.com

b) Vigas.

Son elementos estructurales paralelas a la carretera que soportan esfuerzos de componente vertical y transmiten las cargas recibidas a las pilas y estribos del puente.

c) Estructura Metálica.

La armadura es una viga compuesta por elementos relativamente cortos y esbeltos conectados por sus extremos. La carga fija del peso del pavimento y la carga móvil que atraviesa el puente se transmiten a través de las vigas transversales directamente a las conexiones de los elementos.

d) Diafragmas Transversales.

Son considerados como elementos simplemente apoyados que sirven como rigidizante entre vigas, y que a su vez transmiten fuerza a las vigas longitudinales.

e) Barandas

Son elementos de seguridad que se encuentran a los lados del puente. Su función es la de canalizar el tránsito y eventualmente evitar la caída de vehículos o personas. En las normas AASHTO existen 3 tipos de barandas: peatonales, para bicicleta y para tráfico.

f) Calzada

Proporciona el piso para el tránsito de los vehículos y se coloca sobre la cara superior de la losa estructural.

3.1.3 Elementos de la subestructura.

a) Apoyos

Los apoyos son estructuras instalados para garantizar la transferencia segura de las reacciones de la superestructura a la subestructura. Estos deben cumplir requisitos básicos como distribuir las reacciones sobre las áreas adecuadas de la subestructura y ser capaces de adaptarse a las deformaciones elásticas, térmicas y de otras índoles producidas por la superestructura (Ver fig. 3.2).

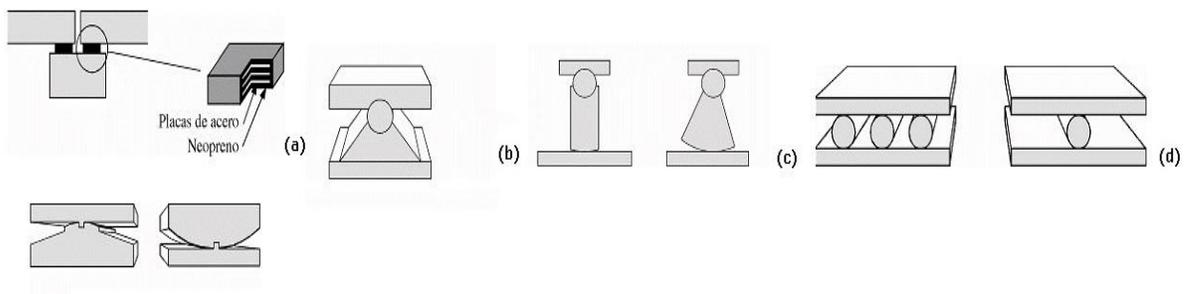


Figura 3.2 Algunos tipos de apoyos en puentes (a. Placas de Neopreno, b. Fijo de Acero, c. Balancín, d. Rodillo) Fuente. Evaluación del estado de los puentes de acero de la red vial nacional de Colombia, 2004. Tomado de Revista ingeniería de construcción. Bogotá, Colombia (2003).

Generalmente los apoyos pueden apoyos fijos y móviles. Los apoyos de fijos permiten únicamente deflexiones angulares restringiendo los desplazamientos horizontales. El tipo de apoyo móvil permite que en el extremo de un puente, en el que existe uno de estos se mueva libremente hacia delante y hacia atrás debido a la expansión o contracción ocasionada por los cambios de temperatura; o debido a los cambios de longitud del puente producto de las cargas vivas.

b) Estribos.

Puede definirse como una combinación entre muro de retención y cimientos que soporta un extremo de la superestructura de un puente y que a la vez transmite las cargas al suelo de cimentación. Los estribos son construidos a base de concreto reforzado, Mampostería reforzada y mampostería de piedra (ver fig. 3.3).

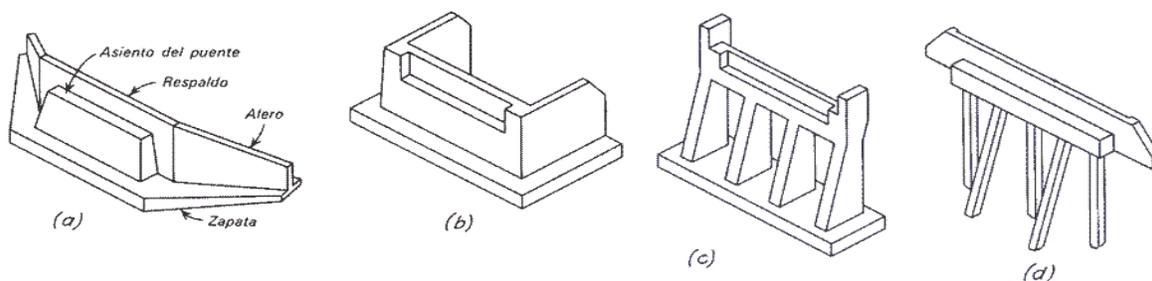


Figura 3.3. Tipos de estribos a) Estribo típico de gravedad con aleros b) Estribo en U. c) Estribo sin muro ni aleros d) Estribo de caballete con aleros cortos en cabezal. Tomado de Revista ingeniería de construcción. Bogotá, Colombia (2003).

c) Fundaciones

Las fundaciones son elementos estructurales que se encargan de transmitir las cargas de la superestructura y subestructura al suelo de cimentación sin sobrepasar su capacidad de carga. La selección y el diseño de la fundación depende de las condiciones de carga específicas en el análisis estructural, de la geometría del elemento de la subestructura en análisis y del puente en general, de las condiciones geológicas del subsuelo, de la interpretación de los datos de campo y las pruebas de laboratorios combinando todos los factores anteriores con el criterio del ingeniero diseñador (ver fig. 3.4).

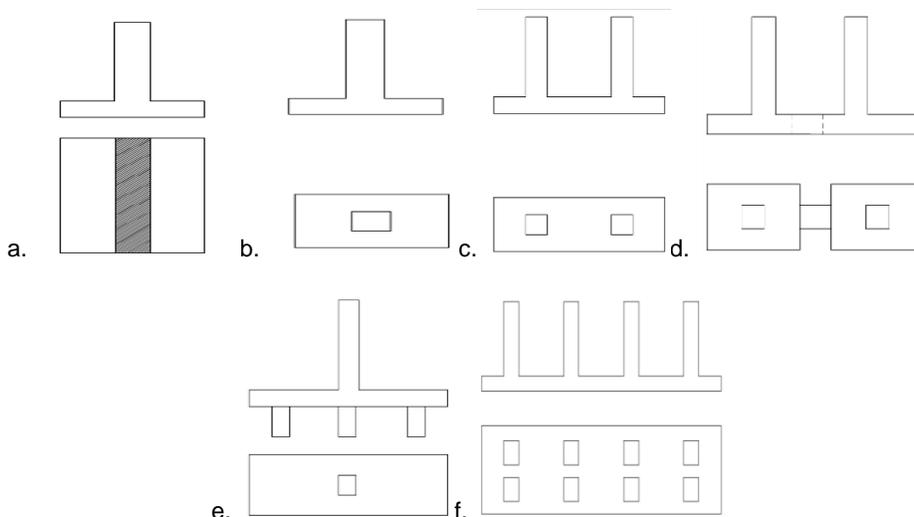


Figura 3.4 tipos de fundaciones (a. Zapata de muro, b. Zapata Aislada, c. Zapata combinada, d. Zapata en Voladizo o Ligadas, e. Cimentación en Pilotes, f. Cimentación flotante o Loa de cimentación. Tomado de Revista ingeniería de construcción. Bogotá, Colombia (2003). Tomado de de Revista ingeniería de construcción. Bogotá, Colombia (2003).

3.2 Determinación de inspección en puentes.

La inspección es el método de exploración física que se efectúa por medio de la vista. Durante este proceso se debe detectar características físicas significativas de su entorno, Observar y discriminar en forma precisa los hallazgos anormales en relación con los normales. Este es un conjunto de acciones de gabinete y campo, desde recopilación de información (historia del puente, expedientes técnicos del proyecto, inspecciones previas, etc.), hasta la toma de datos en campo, a fin de conocer el estado del puente en un instante dado. Tiene como objetivos, asegurar el tráfico sin riesgo sobre la estructura, y detectar las deficiencias existentes, recomendando las acciones para corregirlas.

Se requiere de la inclusión de antecedentes del puente en estudio conteniendo su historial, información estructural, datos estructurales, descripción de la infraestructura y superestructura, información de tránsito, inspecciones anteriores, entre otros aspectos. Dado el avance tecnológico, los procesos constructivos empleados, así como los diferentes materiales, han dado origen a diversos tipos de puentes y estructuras a lo largo de la historia.

Producto de las fuerzas destructivas de la naturaleza, el incremento del tráfico y la presencia de vehículos sobrecargados, las estructuras de los puentes presentan deficiencias o defectos. Para conocer la condición existente y evaluar cada uno de los elementos que componen el puente, es necesario un programa de inspecciones, que se debe realizar en forma organizada.

3.3 Daños típicos encontrados en puentes.

Así como existen diversos tipos de puentes en la red vial de carreteras también podemos encontrar un sin número de fallas que afectan a los distintos elementos que componen al puente como consecuencia de los 3 tipos de daños más comunes¹⁰ que afectan a los puentes de concreto reforzado y de acero.

3.2.1 Puentes de concreto.

a. Daños por diseño:

Entre las fallas más comunes en esta etapa encontramos la ausencia de cálculo, La estimación inadecuada de cargas y condición de servicio, Otro aspecto sería el hecho de no considerar juntas de construcción o el mal dimensionamiento de los elementos estructurales. La falta de especificaciones o uso de especificaciones obsoletas y no considerar las características de los materiales que serán usados al momento de la construcción provoca en algunos casos la ausencia del acero de refuerzo que es parte primordial en una construcción.

Las consecuencias más comunes producto de los daños por diseño son:

Las fisuras podemos decir son el resultado de los esfuerzos que actúan sobre los elementos estructurales. Cualquier elemento de concreto reforzado es propenso a que presente fisuraciones bajo las cargas normales de servicio sin embargo cuando el ancho de fisura es grande (mayor a 0.5 mm) se considera como una manifestación patológicas¹¹ y pueden afectar el funcionamiento de la estructura.

Las fisuras pueden ser por flexión cuando nacen en la fibra inferior y se extienden hasta llegar al eje neutro de la sección, al principio crecen verticalmente y luego se inclinan bajo la influencia del esfuerzo cortante cuando se aproximan a los apoyos (ver fig. 3.5).

¹⁰ Manual para la inspección visual de puentes y pontones vol.1 (2006) Bogotá, Colombia.

¹¹ Sánchez de Guzmán ,Diego "Durabilidad y patología del concreto instituto del concreto".Asocreto.2002

Por cortante cuando forman un ángulo de 45° con la dirección del acero principal y se forman en las zonas cercanas a los apoyos travesando todo el espesor de la viga y por torsión cuando son transversales e inclinadas pero siguen un patrón en espiral o de tipo helicoidal.

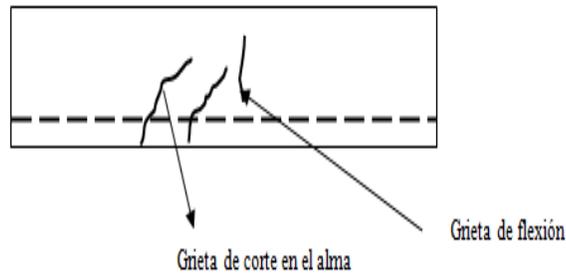


Figura 3.5 fisuras por flexión y cortante. Tomado del blogdelingeniero.com

Otras de las consecuencias de los daños por diseño son las fracturas y grietas por aplastamiento que tienen su origen en la alta concentración de cargas que se presentan en zonas de apoyos de los elementos simplemente apoyados o en las zonas de anclaje. En el caso de los asentamientos se refiere a los movimientos verticales diferenciales, que se pueden presentar en las estructuras cuando no existe un diseño apropiado de la cimentación.

Los Volcamientos puede presentarse directamente en las estructuras por mal dimensionamiento de los elementos, por diseños inadecuados o insuficientes y como resultado de eventos fortuitos no previstos tales como: sismos, deslizamientos y explosiones (ver fig. 3.6). La Vibración excesiva se refiere al movimiento que se percibe en la estructura debido a sobre cargas, fuerzas que no fueron consideradas en el diseño, la falta de rigidez y los diseños deficientes de no controlar esta vibración se produce fatiga que puedan llevar al colapso.



Figura 3.6 volcamiento en una aleta. Puente Pacarni, Choco.2004.Tomado de Manual para la inspección visual de puentes y pontones vol.1 (2006) Bogotá, Colombia.

b. Daños por construcción.

Estos daños pueden originarse inicialmente por la inadecuada interpretación de los planos seguido de la falta de control de calidad en los materiales, El empleo de concreto con dosificaciones inadecuadas, Equivocada localización del acero de refuerzo y las prácticas deficientes en la colocación y compactación del concreto.

Las consecuencias más comunes producto de los daños por construcción son¹²:

Los hormigueros que son agujeros superficiales que quedan en el concreto endurecido, evidenciando zonas vacías en las caras de los elementos. Son causados por falta de vibrado, compactación excesiva, practicas inadecuadas de la colocación del concreto, etc. La segregación definida como la distribución inadecuada de los componentes de la mezcla, manifestando la separación de estos con la pasta (ver figura 3.7).

La fisuración por retracción que ocurre cuando el concreto está en estado fresco generalmente se presenta en superficies horizontales, con relación superficie libre /volumen mayor a 3.5, generando fisuras y microfisuras que se extienden rápidamente. Generalmente son fisuras de poco espesor (0.2 mm a 0.4 mm) su longitud puede variar desde 1 mm hasta 1.5 m.



Figura 3.7 Segregación en el concreto. Tomado de Manual para la inspección visual de puentes y pontones vol.1 (2006) Bogotá, Colombia.

Otras de las consecuencias producto de este daño es el mal diseño de juntas frías o la construcción inadecuada de estas y el recubrimiento inadecuado o exposición del acero de refuerzo pues estas deben tener un recubrimiento adecuado de concreto según el ambiente al cual estarán sometidos y el tipo de elemento estructural que formen cumpliendo con las especificaciones del NIC-2000¹³ (ver figura 3.8).

¹²Manual para la inspección visual de puentes y pontones vol.1 (2006) Bogotá, Colombia

¹³Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes. MTI .sección - 1009 "aceros de refuerzo y cables de alambre". (1999).



Figura 3.8 Recubrimiento inadecuado o exposición del acero de refuerzo. Tomado de Manual para la inspección visual de puentes y pontones vol.1 (2006) Bogotá, Colombia.

c. Daños durante el funcionamiento.

Aparecen durante el periodo de vigencia o vida útil de la estructura por diferentes acciones ya sean físicas, mecánicas, químicas o biológicas. Durante el funcionamiento de la estructura se pueden presentar fallas por incremento de las cargas permitidas, por falta de mantenimiento, reparación o rehabilitación de la estructura.

Presentamos las consecuencias más comunes producto de los daños durante el funcionamiento:

La Infiltración y Eflorescencias que consiste en el depósito de sales lixiviadas fuera del concreto, las cuales se cristalizan luego de la evaporación del agua que las transporta (ver fig. 3.9), La Carbonatación que se presenta entre el dióxido de carbono (CO_2) del aire atmosférico o del suelo con los componentes alcalinos del concreto $\text{CA}(\text{OH})_2$ generando carbonato de calcio (CaCO_3) y La Corrosión del acero de refuerzo.



Figura 3.9 Eflorescencia en el estribo del puente. Tomado de Manual para la inspección visual de puentes y pontones vol.1 (2006) Bogotá, Colombia

Otros agentes agresivos son la contaminación del concreto este no solo afecta la estética, sino que pueden inducir fallas de carácter físico o químico y aumentar el deterioro de daños preexistentes, Las fallas por impacto de vehículos y por materiales arrastrados por el río con gran velocidad que impactan en la subestructura del puente y la socavación que es causada por el agua o por materiales abrasivos transportados por una corriente, la cual genera desgaste del concreto y fallas de estabilidad (ver fig.3.10).



Figura 3.10 Socavación en puente. Tomado de Manual para la inspección visual de puentes y pontones vol.1 (2006) Bogotá, Colombia

3.2.2 Puentes de estructura metálica.

La corrosión es un mecanismo de deterioro en las propiedades físicas y químicas de los elementos metálicos ocasionado por una reacción electroquímica producidas por el contacto con el ambiente, el agua y un electrolito generalmente sales. La corrosión la clasificamos en 3 niveles¹⁴ como son la corrosión leve, corrosión media y Corrosión severa (ver anexo tabla 1.2).

El deterioro de la pintura en los elementos de acero se encuentra directamente asociada con la patología anterior, ya que esta es la principal protección de la estructura ante problemas de corrosión.

a. Daños en perfiles metálicos y miembros de armadura.

Entre los daños más comunes encontramos el Pandeo local que se presenta en miembros que están sometidos axial, En los que algunos de sus elementos tienen una relación entre ancho y espesor muy grande (ver figura 3.11) y el Pandeo general lateral que se presenta en miembros esbeltos sometidos a compresión axial, en los cuales se ha superado la carga crítica.

¹⁴ Manual para la inspección visual de puentes y pontones vol.1 (2006) Bogotá, Colombia.



Figura 3.11 Pandeo local. Tomado de Manual para la inspección visual de puentes y pontones vol.1 (2006) Bogotá, Colombia.

Otros daños comunes son las fisuras en vigas longitudinales y transversales, Las fallas por impacto y la deflexión excesiva.

b. Daños en las conexiones

La excentricidad es el daño más significativo en las conexiones pues el reglamento nacional de construcción¹⁵ establece “Se recomienda el diseño sin excentricidades para las conexiones de miembros a tensión, para evitar los momentos que ocasionen esfuerzos adicionales en las cercanías de la unión.” (ver fig.3.12). Sin embargo no debemos olvidar la ausencia o mal estado de los conectores que podría afectar la integridad de la estructura.

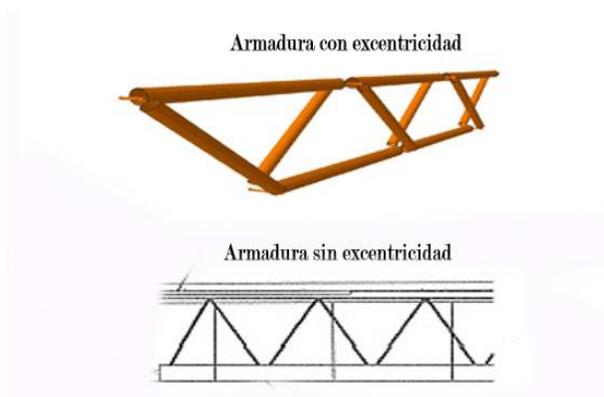


Figura 3.12 Excentricidad en las armaduras de acero. Elaborado por los autores de esta tesis monográfica.

Otros aspectos no menos importantes que encontramos en las conexiones de la armadura son las fallas por tensión en la platina o aplastamiento de la misma, las fallas por desgarramiento, Las falla por corte en el conector, Las falla por bloque de cortante y La rotura de la soldadura (ver fig.3.13).

¹⁵“Reglamento Nacional de Construcción “, publicada en la Gaceta no. 16. (1984).PP. 50



Figura 3.13 Rotura de la soldadura. Tomado de Manual para la inspección visual de puentes y pontones vol.1 (2006) Bogotá, Colombia.

3.4 Métodos para la evaluación de puentes.

Actualmente se reconoce la necesidad de mantener operativas las vías de comunicaciones, tanto por cuestiones económico-sociales en tiempos normales, como por razones de seguridad ante ocurrencia de catástrofes. Sin embargo, en las últimas décadas se ha podido observar un alto grado de deterioro en estructuras de puentes. Lo que hace evidente el requerimiento de estudios previos tales como inspección, evaluación de daño estructural y aptitud sísmica, en base a los cuales se han de desarrollar métodos evaluativos diversos.

Teniendo en cuenta que ningún método de los existentes es capaz de determinar por completo el estado de un puente existen diversos métodos actuales de evaluación que nos pueden proporcionar información crítica sobre el estado de un puente, pero los datos obtenidos deben ser interpretados por un profesional capacitado para las medidas a tomar luego de la evaluación realizada al puente. Los métodos existentes podemos dividirlos en Métodos cuantitativos y Métodos Cualitativos.

3.4.1 Métodos Cuantitativos.

En la actualidad la mayoría de los esfuerzos para determinar la condición de una estructura evaluando el comportamiento de servicio en el rendimiento y detectar daños se está basando en control in situ como son: Las pruebas de campo estático, las pruebas de campo dinámico, el control periódico y el seguimiento continuo, los mismo que también requieren inspecciones de rutina, gestión e interpretación de datos y soporte de decisiones por los especialistas.

Entre los métodos cuantitativos encontramos:

a. Métodos de ensayos destructivos.

Los métodos de ensayos destructivos son aquellas en los que las probetas sufren cambios irreversibles como producto de la prueba sin embargo estos son eficientes para el diagnóstico del estado de los elementos que componen el puente¹⁶.

Existen diversos ensayos aplicados a los núcleos extraídos para determinar las propiedades que presentan entre ellos encontramos:

Los ensayos de resistencia a la compresión, este se mide fracturando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos de compresión, la resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de ruptura dividida por el área de la sección que resiste a la carga (ver figura 3.14).



Figura 3.14 Máquina de ensayos de compresión. Tomado de NationalReady mixed concrete association "Documento técnico" (2008).

Ensayo de resistencia a la tracción indirecta, este consiste en someter a una probeta a un esfuerzo axial de tracción creciente hasta que se produce la rotura de la probeta. Este ensayo mide la resistencia de un material a una fuerza estática o aplicada lentamente. Las velocidades de deformación en un ensayo de tensión suelen ser muy pequeñas.

Ensayo de resistencia a la flexión¹⁷, este es una medida de resistencia a la falla por momento en vigas o losas de concreto. La resistencia a la flexión se expresa como módulo de rotura (ver fig. 3.15).

¹⁶ Revista ingeniería de construcción. Bogotá, Colombia (2003).

¹⁷ NationalReady mixed concrete association "Documento técnico" (2008).

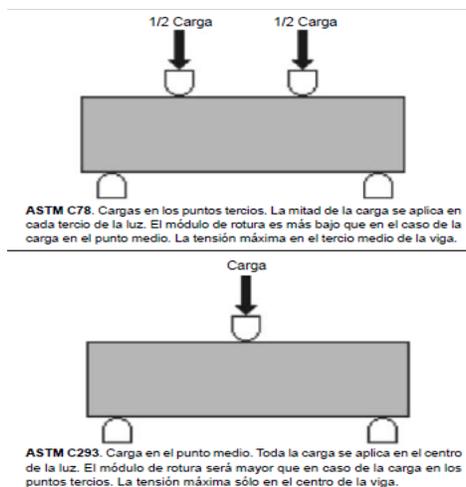


Figura 3.15 Ensayo de resistencia a la flexión. Tomado de National Ready mixed concrete association “Documento técnico” (2008).

Estos ensayos son requeridos cuando existen síntomas de deterioro en las estructuras o se necesita conocer la calidad del concreto de construcciones viejas. El instrumento que se utilizan para la extracción de los núcleos necesarios en los ensayos es un taladro perforados equipado con broca tubular de pared delgada que disponga con una corona impregnada de diamantes en su borde cortante. Las muestras que presentan defectos por extracción no pueden ser utilizadas en los ensayos.

b. Métodos de ensayos no destructivos.

Los procedimientos estándares de la AASHTO emplean conceptos y suposiciones similares a los utilizados durante el diseño para evaluar los puentes, lo cual tiende a ignorar aspectos como deflexión de los parapetos y los bordes de acera, soportes fijos, etc. Estas guías de diseño muchas veces desestiman la verdadera capacidad de un puente existente lo cual causa que algunos puentes tengan señales de límite de carga y sean cerrados al tráfico sin necesidad.

Como resultado se han adoptado métodos de ensayo de carga no destructivos ¹⁸ para obtener una predicción más precisa de la capacidad de los puentes.

El método de carga no destructivo usado para evaluar el comportamiento de los puentes se divide en:

Los ensayos de Diagnóstico los cuales son generalmente empleados cuando los planos del diseño original de un puente no existen para crear un modelo analítico y representativo.

¹⁸Revista internacional de desastres naturales, accidentes e infraestructura civil (2006).

La implementación de este se basa en la utilización de un vehículo de ensayo siendo este un camión el cual se encontrara cargado con asfalto o material base. El puente es cargado a un nivel por debajo de su límite elástico (ver fig. 3.16) de una manera estática o semi-estatica.

Existen 3 posibles situaciones para la recopilación de datos, la primera es que el camión de ensayo con carga se mantiene estacionario en una posición especifica mientras los datos son obtenidos, la segunda es que los datos son adquiridos en distintos puntos transversales a lo largo del puente mientras el camión de ensayo es conducido a baja velocidad y el tercero es que el camión de ensayo atraviese el puente a altas velocidades para determinar los efectos de impacto dinámico.

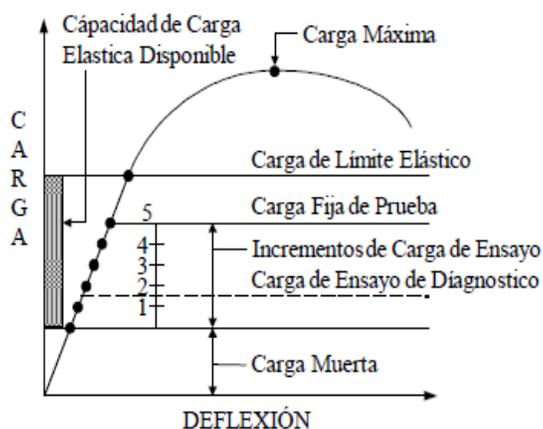


Figura 3.16 Curva de carga contra depresión del puente. Tomado de la revista internacional de desastres naturales, accidentes e infraestructura civil.

Otro tipo de ensayo dentro de los métodos no destructivos es el ensayo de prueba este representa un intento para determinar si un puente puede resistir con seguridad una carga de un vehículo de ensayo. En situaciones donde un modelo analítico no puede ser desarrollado como resultado de la inexistencia de planos de diseño o cuando el puente ha sufrido daños severos, el ensayo de prueba es preferido. Antes que el ensayo sea ejecutado una carga de prueba es determinada, para alcanzar este alto nivel de carga una variedad de sistemas de carga han sido empleados incluyendo tractores y tráileres.

La primera opción puede ser ejecutada más rápidamente pero es más susceptible a causar daños en el puente, la segunda opción provee un ensayo de carga más controlado porque las transformaciones y deflexiones máximas pueden ser monitoreadas durante cada incremento de carga para asegurar que el ensayo de la carga proceda como ha sido planeado.

El ensayo es terminado cuando se ha alcanzado la carga fijada o la reacción del puente llega a ser no lineal.

Los métodos de ensayos no destructivos que son más comúnmente utilizados en la industria se clasifican de acuerdo al alcance que poseen en cuanto a la detección de fallas clasificándose de la siguiente manera:

- Discontinuidades superficiales.

Ensayos de líquidos penetrantes, existen dos tipos de líquidos penetrantes, fluorescentes y no fluorescentes. Los líquidos penetrantes fluorescentes¹⁹ (ver fig. 3.17) contienen un colorante que fluoresce bajo la luz negra o ultravioleta y los líquidos penetrantes no fluorescentes contienen un alto contraste bajo la luz blanca.

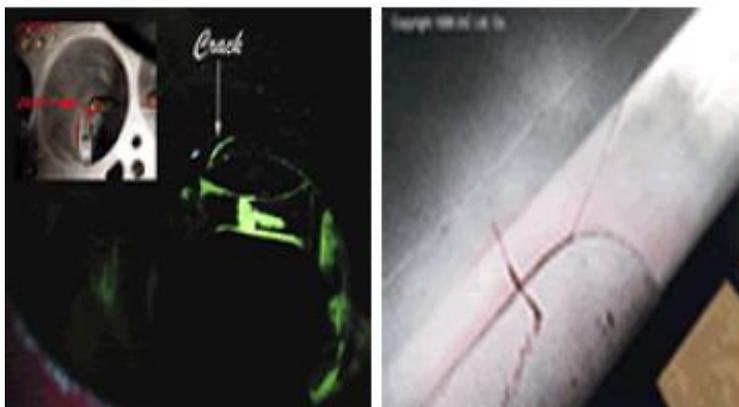


Figura 3.17 Líquidos penetrantes y no penetrantes. National Readymixed concrete association "Documento técnico" (2008).

Ensayos de partículas magnéticas, este se utiliza para localizar discontinuidades superficiales y sub-superficiales en materiales ferromagnéticos. El proceso consiste en someter la pieza, o parte de esta, a un campo magnético.

- Discontinuidades internas.

Ensayo radiográfico (ver fig. 3.18) se basa en la absorción diferenciada de radiación penetrante por la pieza que se está inspeccionando, esto nos indicara la existencia de fallas internas o defecto en el material. La radiografía industrial es entonces usada para detectar variaciones de una región de un determinado material que presenta una diferencia en espesor o densidad comparada con una región vecina, en otras palabras, la radiografía es un método capaz de detectar con buena sensibilidad defectos volumétricos.

¹⁹National Readymixed concrete association "Documento técnico" (2008).



Figura 3.18 Equipo de generación de rayos x. Tomado de página web: Thermoequipos.com.ve.

Ensayo ultrasónico, este mide el tiempo de recorrido de una onda ultrasónica dentro del concreto, entre un transductor emisor y un transductor receptor, acoplados al concreto que se ensaya. La velocidad de propagación obtenida tiene una relación directa con los parámetros elásticos del material (E , v) e indirecta con las propiedades resistentes. Este se utiliza también para detectar discontinuidades internas, tanto en la calidad de los materiales como en el caso de grietas y fisuras. (Ver fig.3.19).

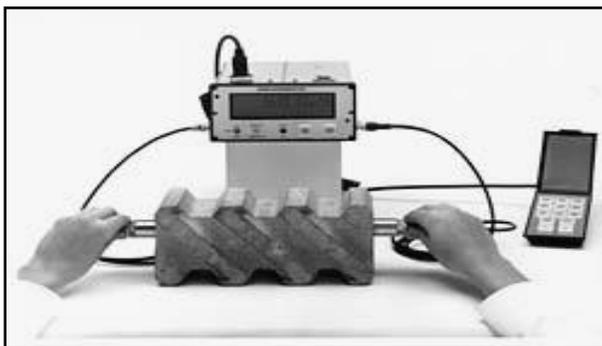


Figura 3.19 Equipo ultrasónico para concreto. Tomado de página web: blogdelingeniero.com.

Los recientes avances a través de tecnologías de detección y métodos de evaluación han venido desarrollando instrumentos cada vez más sofisticados entre estos encontramos: El esclerómetro (ver fig.3.20) este es un instrumento de medición, empleado generalmente para la determinación de la resistencia a compresión en concreto ya sea en pilares, muros, pavimentos entre otros. Los sensores de distancia y fuerza permiten monitorizar la fuerza y el desplazamiento en las pruebas de carga de puentes concentrando los esfuerzos al identificar los puntos problemáticos.



Figura 3.20 Esclerómetro de concreto. Tomado de página web: blogdelingeniero.com.

3.4.2 Método Cualitativo.

La condición de los puentes de la red vial varía considerablemente, muchas estructuras generalmente sufren daños por falta de mantenimiento más que por su antigüedad. Pese a este creciente deterioro y a la importancia estratégica de este tipo de estructuras como son los puentes. Los presupuestos para mantener, reparar o rehabilitar puentes son siempre limitados por las condiciones económicas que se evidencian a nivel mundial.

Debido a la necesidad de mantener la fluidez en las vías primordiales del país y al no contar con los medios económicos para la implementación de instrumentos sofisticados producto a esto se ha popularizado en diversos países como Perú, Colombia y otros el método cualitativo para inspección en puentes.

La inspección visual²⁰, es sin duda una de las Pruebas No Destructivas (PND) más ampliamente utilizada, ya que gracias a esta, podemos obtener información rápidamente, de la condición superficial de los elementos que se estén inspeccionando, con el simple uso del ojo humano. Sin embargo este debe recibir ayuda de algún dispositivo óptico (ver imagen 3.21), ya sea para mejorar la percepción de las imágenes recibidas por el ojo humano (anteojos, lupas, etc.) o bien para proporcionar contacto visual en áreas de difícil acceso.



Figura 3.21 Lupas para precisión óptica. Tomado de página web: todoother.com.ar.

²⁰ Ministerio de Transporte y Comunicaciones. "Guía para inspección de puentes", Perú (2006).

La inspección de un puente tiene dos objetivos principales²¹:

1. Asegurar el tráfico vehicular seguro sobre la estructura.
2. detectar las deficiencias existentes.

Una inspección bien documentada es esencial para determinar los requerimientos de mantenimiento y así realizar recomendaciones prácticas, sugiriendo acciones que permitan corregir las deficiencias o impedir el crecimiento de estos defectos.

Los puentes durante su servicio deben ser evaluados una vez al año y los componentes sumergidos cada 3 años durante el periodo de estiaje para facilitar la inspección.

La inspección visual²² nos permite determinar el agrietamiento, corrosión y deformaciones en la superestructura, subestructura y dispositivos de seguridad que se encuentren como componente del puente en inspección.

Cabe señalar que la inspección visual que se realiza a los puentes nos arroja resultados del estado en que se encuentran los elementos del puente para proporcionar a las instituciones que tienen como función la rehabilitación de los puentes recomendaciones que corrijan o mitiguen los daños o proponer que se realicen pruebas más detalladas cuando se sospecha de daños que atenten con la integridad de la estructura y por ende de la seguridad de los usuarios sin embargo tiene como limitación el hecho de diagnosticar si se debe o no hacer una reconstrucción total o cambio de la estructura del puente en el que se realiza dicha inspección.

El método de evaluación cualitativa en puentes es uno de los métodos más utilizados actualmente en países tan desarrollados como Dinamarca, Estados Unidos, Chile, Colombia entre otros. Este nos permite caracterizar y calificar defectos superficiales que se encuentran en los elementos del puente y dar un diagnóstico acertado sobre el estado que presentan en determinado momento dichos elementos²³.

Al haberse popularizado este método de evaluación cualitativa en diferentes países alrededor del mundo se ha venido desarrollando guías o manuales que presentan los procedimientos necesarios para la realización de la inspección visual en puentes.

²¹Ministerio de obras públicas y Transporte. "Manual de inspección de puentes". Costa Rica (2007).

²² Manual para la inspección visual de puentes y pontones vol.1 (2006) Bogotá, Colombia.

²³Ministerio de obras públicas y Transporte. "Manual de inspección de puentes". Costa Rica (2007).

Describiremos el procedimiento utilizado en algunas de las guías o manuales existentes:

3.4.2.1 Guía de evaluación de puentes utilizado en Colombia.

Dentro del estudio e investigación del estado actual de las obras de la red nacional de carreteras en Colombia y como necesidad de hacer un inventario de los daños existentes en las estructuras para su posterior rehabilitación nace en octubre del año 2006, “La Guía de Inspección visual de puentes y pontones” en coordinación con la Universidad Nacional de Colombia, el Ministerio de transporte y el Instituto Nacional de vías (INVIAS).

Este manual presenta algunas recomendaciones para que un ingeniero civil, con un grupo de auxiliares que este considere necesario, lleve a cabo la inspección visual en puentes o pontones y el inventario de los daños que afectan los elementos intervenidos en la estructura. Este presenta una serie de herramientas que permiten identificar el tipo, la magnitud, la severidad y la localización del elemento afectado.

El procedimiento de la inspección visual que se presenta en esta guía la definimos de la siguiente manera:

1. Se debe elaborar un esquema general en planta de la localización de la estructura, especificando el nombre del río u obstáculo que salva, el sentido de la corriente, el tipo de puente y demás características generales del puente que se pretende inspeccionar.
 2. Tomar mínimo dos fotografías panorámicas de la estructura del puente en superficie y perfil.
 3. Verificar al momento de la realización de la inspección visual cada uno de los elementos de la estructura siguiendo el siguiente orden, primero se debe inspeccionar los equipamientos, luego la superestructura, después los elementos de la subestructura y finalmente el cauce.
 4. Registro fotográfico de cada uno de los daños identificados en el puente.
 5. Registro de observaciones, mediciones y posibles fallas de relevancia que deban ser reportados en el registro.
- a. Elementos y Equipos.

Para la realización de la inspección en los elementos del puente se requiere de la implementación de algunos elementos y equipos que nos faciliten durante el procedimiento de inspección, la observación en lugares donde no es perceptible a

la vista o elementos para recopilar la información. Entre los elementos y equipos encontramos:

- Cámara fotográfica preferiblemente digital o cámara de video.
- Binoculares.
- Cinta métrica.
- Linterna.
- Formatos de captura de información.
- Crayolas o marcadores para resaltar fisuras.
- Elementos de seguridad y protección.

b. Inspección por elemento.

La inspección y evaluación de las estructuras se deberá realizar para cada elemento especificado. Se recomienda realizar la inspección en el orden especificada en el formato para prevenir cualquier omisión.

Componentes considerados en la inspección del puente:

- Superficie y Equipamiento:
Superficie del puente y acceso.
Juntas de expansión.
Andenes y bordillos.
Barandas.
Iluminación.
Señalización.
Drenajes.
- Subestructura:
Aletas.
Estribos.
Pilas.
- Superestructura en concreto:
Losas.
Vigas.
Riostras.
Arcos en mampostería y concreto.
Apoyos.
- Superestructura metálica:
Cables / pendolones.
Perfiles Metálicos (Alma Llena).
Armaduras.
Conexiones.
- Otros:
Acceso peatonal.
Cauce.
Puente en general.

Después de haberse realizado la inspección se debe preparar el informe general del estado de la estructura inspeccionada, donde se presente en forma ordenada y clara la descripción de la estructura y los diferentes daños visibles existentes y si es necesario recomendar una inspección más detallada o realizar ensayos más específicos para prevenir daños irreversibles en la estructura.

Al informe de inspección se le deben de anexar los formatos de captura de información (ver figura 3.22) y el registro fotográfico de los daños existentes.

FORMATO PARA INSPECCIÓN VISUAL DE PUENTES Y PONTONES

EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LAS OBRAS DEL CONTRATO No. _____ DE _____

REGIONAL: [] - [] - [] FECHA: [] - [] - []

LEVANTÓ: [] HOJA: [] DE: []

NOMBRE DE LA VÍA: _____ CÓDIGO DE LA VÍA: _____ VÍA EN CONCESIÓN:

MANTENIMIENTO INTEGRAL: GRUPO ADM.VIAL:

ID.	PR. DEL PUENTE				DIMENSIONES GENERALES			
	NOMBRE DEL PUENTE							
	OBSTÁCULO QUE SALVA			EVIAJAMIENTO				
	TIPO DE PUENTE (1)	LONGITUDINAL			TRANSVERSAL			

ELEMENTO	REGISTRO DE DAÑOS				OBSERVACIONES
SUPERFICIE DEL PUENTE Y ACCESOS	Pare daños presentes en superficies tipo 01 y 02 diligenciar, los formatos establecidos para levantamientos de pavimentos				
Tipo (2):					
JUNTAS DE EXPANSIÓN	Sello	Perfiles	Guardacantos	Otros	
Tipo (3):					
ANDENES / BORDILLOS	Desportillamiento	Acero expuesto	Dimensión insuficiente	Otros	
Dimensiones:					
BARANDAS	Pintura	Postes	Pasamanos	Otros	
Material (4):					
ILUMINACIÓN	Verificar la existencia de elementos de iluminación y el funcionamiento de los mismos				
SEÑALIZACIÓN	Horizontal	Vertical	Reductores	Otros	
DRENAJES	Taponamiento	Ausencia	Long. Insuficiente	Otros	
ALETAS	Diseño	Construcción	Funcionamiento	Otros	
Material (5):					

Figura 3.22 Fragmento de formato de captura de información utilizado por el Instituto Nacional de vías en Colombia. Tomado de Manual de Inspección visual de puentes y pontones.

3.4.2.2 Guía de evaluación de puentes utilizado en Costa Rica.

El Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) con una donación de la Agencia de Cooperación Japonesa (JICA) durante el “Estudio sobre el Desarrollo de Capacidad en la Planificación de Rehabilitación, Mantenimiento y Administración de Puentes, basado en 29 puentes de la Red de Carreteras Nacionales en Costa Rica”, se desarrolló el “Manual de Inspección de Puentes”.

Este manual brinda una guía paso a paso con tareas, definiciones y actividades requeridas para el funcionamiento del sistema vial. El objetivo principal de este manual es describir los procedimientos y métodos para realizar el inventario de puentes y evaluar el deterioro que los mismos presentan en un determinado momento.

La información recopilada durante la inspección de puentes es fundamental para programar el mantenimiento oportuno, de la calidad de la información recopilada dependerá el buen funcionamiento del sistema dado, que las estructuras continúan envejeciendo y deteriorándose, una evaluación precisa y completa es esencial para mantener en servicio una red vial confiable.

Con el fin de que la información anterior sea la correcta, se debe contar con un grupo de ingenieros e inspectores calificados que comprendan todos los conceptos, responsabilidades y deberes contenidos en este manual. Se utiliza un diagrama de flujo (ver figura 3.23) de las actividades de la inspección para llevar un control específico en este.

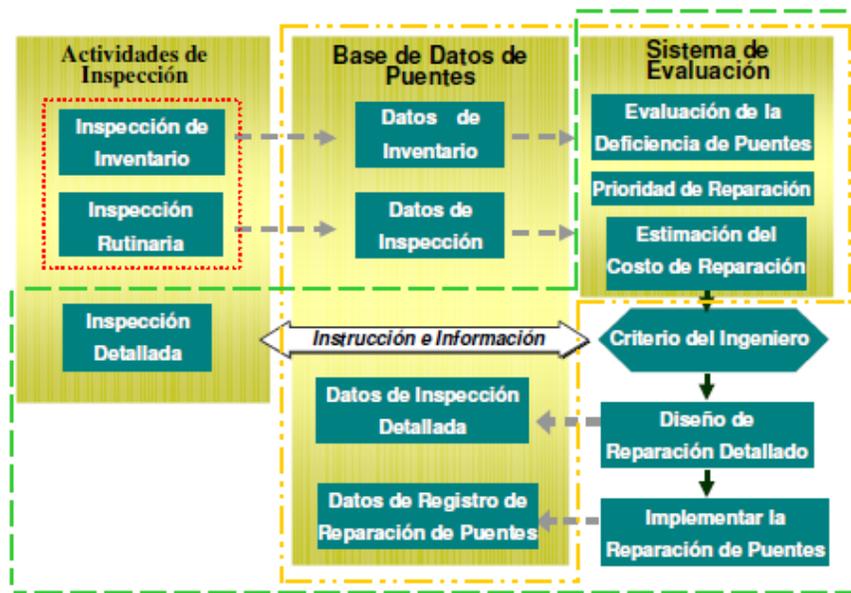


Figura 1-1 Actividades de Mantenimiento de Puentes y Flujo de Información

- Actividades a realizar por los inspectores
- Actividades a realizar por los ingenieros
- .-.-.-.- Actividades del sistema de cómputo

Figura 3.23 Diagrama de flujo de las actividades de inspección. Tomado del Manual de Inspección de Puentes Costa Rica.

Normalmente, la inspección inicia con la losa y los elementos de la superestructura y luego se procede con la subestructura. Sin embargo, la secuencia de la inspección depende de diversos factores, como:

1. Tipo de puente.
2. Condición de los componentes del puente.
3. Condición general.
4. Requerimientos específicos de la agencia de inspección.
5. Tamaño y complejidad del puente.
6. Condiciones del tráfico.
7. Procedimientos especiales.

Es importante asegurarse que se lleve a cabo una inspección completa de la estructura desarrollando la secuencia de inspección indicada(ver tabla 3.1).

Componente del puente	Elementos a inspeccionar
Accesorios	1. Losa de aproximación
	2. Características de seguridad del tráfico
	3. Superficie de rodamiento o pavimento
	4. Juntas de expansión
	5. Aceras y barandas
	6. Drenajes
	7. Señalización
	8. Electricidad/ iluminación
	9. Barreras y otros dispositivos para el control del tráfico.
Superestructura	1. Losa
	2. Elementos principales
	3. Elementos secundarios
	4. Servicios Públicos instalados (teléfono, acueducto,etc)
	Subestructura
	1. Apoyos
	2. Bastiones
	3. Pilas
	4. Protección del talud
	5. Fundaciones
	6. Pilotes
Río	1. Perfil del río y alineamiento
	2. Lecho del río
	3. Diques
	4. Condición de las márgenes
	5. Apertura hidráulica
	6. Nivel máximo y normal
	7. Signos de socavación

Tabla 3.1 Secuencia de inspección. Tomado del Manual de inspección de puentes Costa Rica.

En la ejecución de la inspección se debe realizar la descripción apropiada de la estructura de tal forma que la inspección se realice mediante un sistema de numeración de los miembros. Este sistema deberá coincidir con la numeración que posean los elementos en los planos, lo que permite de manera ordenada, desarrollar la secuencia de inspección y seguir los procedimientos de inspección apropiados.

La documentación es esencial para el sistema de administración de puentes. El inspector debe reunir suficiente información para asegurar un informe completo y detallado según los formatos descritos en este manual (ver figura 3.24). Luego se debe de realizar un informe detallado de la inspección.

										NO.									
										1	2	3							
PROVINCIA	ALAJUELA		ADMINISTRADO POR	Region I CONAVI						DIA	MES	AÑO							
CANTON	ORECIA		LATITUD NORTE	10	'	1	"	21,4	"	FECHA DE DISEÑO	1	7	1968						
DISTRITO	PUENTE DE PIEDRA		LONGITUD ESTE	84	'	21	"	32,3	"	FECHA DE CONCLUSION DE CONSTRUCCION	15	9	1974						
No.	2	UBICACION	Superficie de rodamiento			No.	3	UBICACION	Vista General										
																			
0	NOTA					DIA	MES	AÑO	NOTA				DIA	MES	AÑO				
5						4	10	2005					4	10	2005				
No.	5	UBICACION	Vista inferior			No.	6	UBICACION	Vista cauce del río										
																			
0	NOTA					DIA	MES	AÑO	NOTA				DIA	MES	AÑO				
5						4	10	2005					4	10	2005				

Figura 3.24 Fragmento del formato de inventario básico del puente. Fotografías. Tomado del Manual de inspección de puentes Costa Rica.

4. PROPUESTA DE GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL EN PUENTES.

Durante la operación de los puentes es de suma importancia brindarle el mantenimiento adecuado para conseguir que el puente alcance su vida útil en buen estado, según lo que señala el Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras²⁴. Esta es una forma efectiva de reducir la vulnerabilidad ante desastres, protegiendo el entorno de la estructura del mismo.

Debido a los factores económicos que nuestro país presenta y por no contar con instrumentos de tecnología de punta para diagnosticar el estado de los elementos del puente se inicia a utilizar métodos cualitativos para lograr definir el estado de un puente iniciando con una inspección visual del mismo.

Nicaragua no cuenta actualmente con una guía o manual para inspección visual de puentes motivo por el que hemos considerado la realización de dicha guía basados en el Manual para la inspección visual de puentes y pontones de Colombia adaptando la información existente en dicho documento a la situación actual que presentan las estructuras en nuestro país.

El objetivo general de esta adaptación es proponer metodologías para la evaluación física de puentes de concreto y acero para analizar las posibles técnicas de rehabilitación integrales que puedan ser aplicadas en nuestro país e incorporadas a las normativas vigentes. Como resultado de este se debe presentar un esquema general de la estructura del mismo y un informe general con reporte de daños.

4.1 Frecuencia de inspección.

Los puentes en servicio deben ser evaluados, por lo menos, una vez al año, por parte de personal con conocimientos específicamente para la identificación y evaluación de daños. Los componentes sumergidos del puente deben ser inspeccionados cada tres 3 años con personal especializado.

La época más recomendable para realizar esta inspección es el periodo de estiaje o sea al término de la temporada de lluvias, cuando la disminución de los niveles de agua facilite el acceso bajo las obras y se observa los indicios de socavación. En casos extraordinarios donde el inspector considere se deberá disponer de Inspecciones Especiales.

²⁴Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras, Sección 1000 –Puentes.

4.2 Seguridad del personal durante la inspección.

Generalmente las estructuras de los puentes están a la vista, pero en muchos casos será imposible la observación detallada sin los medios auxiliares de acceso a los distintos puntos de la misma. Dentro de los medios auxiliares que facilitan la aproximación y seguridad del personal de la inspección a las distintas partes de la estructura incluyen medios básicos (ver figura 4.1) Como casco, cinturones de seguridad, etc.



Figura 4.1 Medios Básicos de seguridad. Tomado de Guía para inspección de puentes Perú.

4.3. Equipos y/o herramientas para las inspecciones.

Para efectuar las inspecciones, se requiere de los siguientes equipos y/o herramientas:

a. Herramientas para Limpieza:

- Cepillo de alambre.
- Cinturón de herramientas.
- Pala plana.
- Chalecos reflectantes.
- Casco.
- Botas.
- Gafas.

b. Herramientas para ayuda visual:

- Binoculares.
- Fluxómetro o cinta métrica delgada de 5 m.
- cinta métrica de 30 m.
- Plomadas.
- Crayola o tiza.

c. Herramientas para documentación:

- Cámaras fotográficas.
- Libreta de campo.
- Video cámara.

d. Equipo de señalamiento para inspección de calzadas:

- Conos de plástico.
- Triángulos.

4.4. Procedimientos de inspección.

Generalmente se debe emplear un procedimiento sistemático, lo que quiere decir que se debe seguir una rutina de inspección en todos los puentes. Las cuadrillas de personal de mantenimiento y el cuerpo de inspectores de puentes deben trabajar en coordinación.

Los inspectores son la fuente principal para identificar las necesidades de mantenimiento. Una inspección bien documentada es esencial para determinar los requerimientos de mantenimiento y dar recomendaciones prácticas, sugiriendo acciones para corregir las deficiencias o impedir el incremento de estos defectos.

Además de los defectos que pueda haber, las inspecciones deben buscar las condiciones que puedan indicar posibles problemas futuros. Para la recopilación de la información se utilizará los formatos que se adjuntan como tabla en anexos que servirán para la toma de datos en la inspección, así como en los procedimientos de calificación de componentes del puente. Cuando se lleve a cabo una inspección en el campo se debe seguir los siguientes pasos:

4.4.1 Acciones realizada con anterioridad a la inspección de campo.

Se debe revisar detenidamente el inventario de daños existente del puente que será inspeccionado y los informes de inspecciones anteriores.

A fin de tomar conocimiento si existen circunstancias especiales, como daños observados anteriormente, o elementos estructurales que necesiten una inspección más detallada. Para enfocarse en el estado presente de dichos daños después de las reparaciones correspondientes en el caso de haberse realizado de lo contrario buscar posibles consecuencias a la estructura del puente producto de dichos daños.

4.4.2 Acciones a tomar en el campo.

a. Captura de información:

❖ Localización de la estructura:

Este se debe de identificar primeramente con el nombre de la vía y el código de la misma según donde se encuentre, tanto en estacionamiento con respecto a la ruta como coordenadas del lugar.

❖ Identificación de la estructura:

Para la identificación de la misma debemos considerar:

- Puntos de referencia para la ubicación del mismo.
- El nombre del puente.
- El obstáculo que salva ya sea nombre del rio, quebrada, riachuelo, etc.
- Tipo de puente²⁵ según el Ministerio de Transporte e Infraestructura.
- Dimensiones generales del puente. (Longitud total de la estructura del puente y el ancho de la calzada, estas se deben expresar en metros).

b. Inspección por elemento:

La inspección y evaluación se debe de realizar para cada uno de los elementos especificados registrando los datos correspondientes en el formato de captura de información.

Existen 3 formatos de captura de información el primero es el formato de identificación de la estructura y sus características (ver anexos tabla 1.3), donde se reflejan los datos generales del puente, los componentes de la subestructura y superestructura así como la posible existencia de rutas alternas al puente.

El segundo es el formato de condición global del puente donde se refleja que tipo de daño presenta y en que elemento del puente lo presenta (ver anexos tabla 1.4) marcando con una x la casilla correspondiente.

El último es el formato de inventario de daños donde encontramos el nivel de daño que presenta cada elemento y una fotografía donde se señala el daño existente (ver anexos tabla 1.5).

²⁵Ministerio de transporte e infraestructura (2008), Manual para la revisión del diseño estructural de puentes carreteros y cajas puentes.

Se recomienda realizar la inspección en el siguiente orden para evitar alguna omisión (ver anexo1.6).

❖ Superficie y equipamiento:

- Superficie del puente y acceso: Este corresponde al material de la superficie de rodadura de la estructura y los accesos. Aproximadamente 10 m antes y después de la superestructura.
- Juntas de expansión: Son elementos que permiten los movimientos o rotaciones entre dos partes de una estructura. De no permitirse estos movimientos relativos se producirían esfuerzos no considerados en el diseño y dimensionamiento de la estructura provocando deformaciones. Las dos más importantes clasificaciones de juntas de expansión en puentes son las juntas abiertas y juntas cerradas, estas se pueden subdividir en juntas selladas, con placas dentadas y con placa deslizante.
- Andenes y/o bordillos: Se deberán de registrar las dimensiones de largo y ancho en metros de los andenes y/o bordillos especificando su localización con respecto a la estructura en el sentido de la vía (costado derecho o costado izquierdo).
- Barandas: Se debe de verificar el material de construcción predominante en las barandas.
- Iluminación: Se debe de verificar la existencia de elementos de iluminación y el funcionamiento de los mismos.
- Señalización: Se debe de hacer referencia a la señalización existente en el puente. Debe revisarse la presencia, la legibilidad, la visibilidad de las señales tanto verticales como horizontales y los reductores de velocidad.
- Drenajes: En la inspección se debe de verificar que tanto el drenaje transversal de la vía como el longitudinal funcionen correctamente evitando el estancamiento del agua sobre la superficie del puente.
- Apoyos: Los apoyos requieren de una inspección detallada ya que al tener esfuerzos elevados y contaminación en esta zona puede generar daños.

❖ Elementos de concreto reforzado:

- Aletas y Estribos: La inspección debe realizarse en forma minuciosa poniendo especial atención en la parte visible de la cimentación (zapata), en el cuerpo del estribo, en los muros de contención, el concreto expuesto, la unión aletas – estribos y las juntas de mortero en la mampostería.
- Pilas: se deberá inspeccionar en forma detallada las zapatas en las pilas para verificar posibles daños de socavación, en el concreto expuesto se debe verificar la existencia de fisuras, indicios de corrosión en la armadura de refuerzo y deterioro superficiales en el concreto.
- Losa, Vigas y riostras: Las losas de concreto deben revisarse verificando que no existan fisuras, descascaramiento, exposición del acero de refuerzo, infiltración de agua o cualquier evidencia de deterioro. Las vigas y riostras deberán examinarse para verificar que no exista desintegración del concreto o deflexiones excesivas.

❖ Superestructura metálica:

- Perfiles metálicos: La forma de captura de información se debe hacer por elementos ya sea vigas, largueros, diafragmas y columnas. Realizando las aclaraciones pertinentes en el formato.
- Armaduras: Se debe verificar el alineamiento vertical y horizontal de la armadura ya que cualquier pandeo puede identificar fallas. Las diagonales y montantes deberán identificar la presencia de fisuras, aplastamientos, doblamientos o presencia de excentricidades en las conexiones entre elementos. En secciones con platinas múltiples conectadas mediante pernos y remaches se debe examinar si existen deformaciones y presencia de humedad que pueda generar corrosión.
- Conexiones en estructuras metálicas: En la inspección se verifica la presencia de grietas en el área de soldadura de las conexiones, se deben inspeccionar las condiciones de los pasadores, constatando que las tuercas u las arandelas se encuentren en su lugar. Los daños se deberán registrar por tipo de conexión (soldada, con pasadores y con conectores).

- Acceso peatonal: Se debe de realizar una inspección en las conexiones losa- acceso, peldaño de las escaleras, losa de las rampas, vigas y barandas. se verificara la condición de las conexiones, examinar la presencia de corrosión y el estado de la pintura.
- ❖ Cause: Deberá reportarse cualquier falla o anomalía que se presente bajo la estructura, en las márgenes y en el lecho del río describiendo las posibles causas de las fallas.

4.5 Ejecución de la inspección.

La inspección visual nos permite determinar el agrietamiento, corrosión, las deformaciones y las flechas en la estructura del puente. Los diferentes elementos a ser inspeccionados serán agrupados en tres grandes divisiones:

Cimentaciones.

Superestructura.

Dispositivos básicos de protección.

a. Cimentaciones.

Normalmente la inaccesibilidad a la cimentación hace que las posibles fallas tengan que ser detectadas indirectamente, a través de signos en la superestructura o en forma de movimientos excesivos, fisuración, etc. En los estribos, pilas y sistemas de apoyo generalmente se encuentra una amplia variedad de defectos y deterioros observables, los cuales puedan ser indicios de otros problemas relacionados con la cimentación, estabilidad, infiltración y el mal funcionamiento de apoyos, etc.

b. Superestructura.

La inspección de los elementos de la superestructura y los daños que estos presentan varían notablemente en función al tipo de puente.

c. Dispositivos básicos de protección.

Los dispositivos básicos de protección también necesitan una constante inspección, que comprenden a los siguientes: barreras de concreto, barandas, dispositivos básicos de transición y contención, losas de transición, estribos, cortinas, alas,

juntas de dilatación, drenaje, pavimentación, aparatos de apoyo y señalización.

En general se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones básicas para la inspección de un puente:

❖ Inspección del cauce.

Con la anticipación a los problemas y tomando adecuadas medidas de protección, se pueden minimizar serias dificultades posteriores. Con ese motivo, es conveniente investigar las siguientes condiciones:

- Si existe adecuado espacio bajo el puente para permitir el paso de las aguas. Los depósitos de arena y/o grava, pueden reducir este espacio.
- Si hay estabilidad y buen comportamiento de los bordes y protección de orillas.
- Posible obstrucción del cauce con maleza, palizadas o crecimiento de plantas que puedan contribuir a la socavación o riesgo posible de incendio. Un registro del perfil del cauce da información valiosa sobre la tendencia del río a erosionar, cambiar de curso, de gradiente, etc.

El registro debe mantenerse actualizado, particularmente cuando existan variaciones de importancia. Estas indicaciones ayudan a proyectar protecciones a las pilas o estribos, sobre todo a sus cimentaciones.

❖ Estribos y pilas

Cuando se inspeccionan los estribos o pilas de concreto, debe observarse defectos de cualquier tipo. Los más frecuentes son los siguientes:

- Deterioro del concreto en la línea de agua.
- Deterioro del concreto en la zona de los apoyos.
- Grietas en los estribos, especialmente en el encuentro entre el cuerpo y las alas. Estas grietas deben observarse a través del tiempo para ver si aumentan. Cuando estas grietas se pronuncian, indican que hay movimiento estructural que puede ser causado por problemas de cimentación.

❖ Aparatos de apoyo

Los aparatos de apoyo, sean fijos o móviles, deben ser examinados para asegurar

que funcionen debidamente. El mal comportamiento de los apoyos puede ser causa de movimiento de pilares o estribos. Si existe este tipo de problema debe efectuarse la siguiente inspección:

- Observar si los pernos de anclaje están dañados o si las tuercas necesitan ajuste.
- Verificar si los elementos de expansión permiten el movimiento de acuerdo a su diseño.
- Verificar si hay suciedad o escombros alrededor de los aparatos de apoyo.
- Observar si hay exceso de deformación o rotura en las placas de neopreno.
- Observar los rodillos y su condición de apoyo móvil.
- Los aparatos de apoyo pueden sufrir daños por causa del tráfico pesado, por suciedad acumulada. Si se advierte un mal funcionamiento, debe notificarse de inmediato.

❖ Vigas y largueros.

Estos elementos pueden ser fabricados en madera, acero o concreto. Cada material presenta problemas específicos para su mantenimiento, los cuales deben ser investigados.

- Vigas de madera.

Los defectos más comunes en las vigas de madera son los siguientes:

Rajaduras, deterioro, roturas, ataque de insectos y hongos, Falta de tratamiento superficial que permite que se desarrollen grietas longitudinales y se extiendan a todo lo largo de la viga, Aplastamiento en la zona de apoyo que normalmente indica debilitamiento o reducción de capacidad del material, Pérdida de conexiones o de diafragmas entre largueros.

- Vigas de acero.

Los siguientes son los defectos más comunes que se presentan en las vigas de acero:

Oxidación bajo la zona de las juntas de dilatación, Oxidación de la viga debido

a humedad que pasa por grietas del tablero, Deterioro de la pintura, Conexiones flojas, Corrosión y rajaduras alrededor de remaches y pernos en la unión de elementos de una viga, Fisuras en la soldadura y el metal de base.

- Vigas de concreto.

Los defectos más comunes en estas vigas son:

Desintegración de la losa de una viga de sección T, Inoperancia de los aparatos de apoyo, Exposición del acero de refuerzo por corrosión, Grietas en los extremos de las vigas.

Cualquiera de los defectos mencionados con respecto a vigas de concreto, son muy significativos en vigas de concreto pretensado. Si se encuentra una grieta abierta en un elemento pretensado esto debe ser advertido y notificado de inmediato.

❖ Reticulados

Los reticulados pueden ser clasificados en tres categorías, según su posición respecto al tablero de rodadura: de tablero superior, intermedio o de tablero inferior. La inspección debe iniciarse observando la línea del sardinel o de la baranda para ver si hay desalineamiento en los elementos tanto en el plano vertical como en el plano horizontal. Cada miembro del reticulado debe ser inspeccionado, incluyendo lo siguiente:

Observar el alineamiento del reticulado y su gradiente, Verificar en los aparatos de los apoyos extremos y en las placas de expansión, que se asegure el libre movimiento, Comprobar que los elementos en compresión no estén torcidos, Observar si los arrostamientos han sido dañados por el tráfico, o tienen mal comportamiento, Examinar la pintura y la extensión de la corrosión, principalmente alrededor de pernos y cabezas de remaches, Comprobar si los pines de las conexiones están en su sitio, Verificar la existencia de pernos o remaches sueltos faltantes u oxidados, Examinar los cordones en tensión, para detectar fisuras, especialmente en las conexiones, Observar si hay pérdida de sección por corrosión en el acero.

❖ Tableros.

Los tableros deben examinarse para determinar si hay riesgo de deslizamiento de los vehículos sobre su superficie debido a falta de rugosidad en el piso. Debe observarse que no haya empozamiento de agua por la obstrucción de los drenajes. Verificar que estos funcionen sin afectar partes estructurales o al tráfico

que pasa en un nivel inferior.

- Tablero de madera.

Deben ser examinados para detectar si hay deterioro en la zona de contacto con los largueros o entre capas de madera laminada. Hay necesidad de mantenimiento cuando hay clavos sueltos, piezas rotas o deterioradas, aberturas que dejan pasar suciedad hacia los pilares o estribos.

- Tableros de acero.

Deben examinarse para ver si hay corrosión o soldaduras en malas condiciones, si hay suciedad acumulada en los pisos de parrilla en las zonas de apoyo sobre largueros o si hay planchas sueltas o si la pintura está deteriorada.

- Tableros de concreto.

Deben examinarse para detectar grietas, descascaramiento u otros signos de deterioro. Debe observarse con cuidado el acero de refuerzo para determinar su estado. Las grietas en el concreto permiten que la humedad afecte al acero de refuerzo el cual al oxidarse se expande y causa desprendimiento del concreto.

- ❖ Superficie de rodadura.

El deterioro en la losa del puente, puede ser causado tanto por agentes naturales como por el incremento de cargas rodantes, así como también por daños producidos por impactos de vehículos y por el tiempo de servicio o período de diseño de vida útil. Cualquier tipo de superficie de rodadura puede ocultar los defectos del tablero.

Esta superficie debe observarse con mucho cuidado para buscar evidencia del deterioro del tablero. En algunos casos se debe remover pequeñas secciones para facilitar una mejor investigación. Las acciones del tráfico vehicular inciden directamente en la superficie de rodadura, lo que produce el agotamiento por fatiga o el desgaste de sus componentes.

El deterioro por desgaste o abrasión son causados generalmente por el exceso de cargas, descarrilamiento de autos, colisiones del tráfico con las estructuras, etc. Cuando se producen estos daños, aunque no constituyan un peligro inmediato para el buen funcionamiento de la estructura, el Inspector debe registrar en el formato de evaluación, el grado de desgaste que presenta, describiendo los daños, complementando la información con fotografías, de tal manera que se pueda monitorear en caso no hayan sido reparados oportunamente los daños.

❖ Acceso al puente.

Son importantes por su conexión al puente y deben estar a nivel con el tablero. Si la transición no es suave, los efectos del impacto pueden aumentar la energía de las cargas que ingresan al puente, causando daño estructural. El pavimento de los accesos debe observarse para detectar la presencia de baches, asentamientos o excesiva rugosidad.

La junta entre las losas de aproximación y los estribos, diseñada para el movimiento causado por las variaciones de temperatura, debe ser examinada para comprobar su debida abertura y sello apropiado. En la evaluación de los accesos al puente se considerará también el estado de los guardavías, taludes y drenaje.

4.6 Cuantificación de los daños en la inspección de puentes.

En dependencia del tipo de estructura ya sea de concreto o de acero existen así diversos daño que afectan a las misma y su cuantificación de igual manera difiere según el tipo de daño.

a. Puentes de concreto.

❖ Daños por diseño.

- Fisuras: El padrón de fisuramiento se debe de realizar según las dimensiones de la misma como son: espesor, longitud, dirección de la fisura y distancia entre estas.
- Aplastamiento, asentamiento, volcamiento: La cuantificación para estos daños se debe de hacer por el número de elementos que se encuentran afectados en la estructura del puente.
- Vibración excesiva: En la inspección realizada al puente es posible detectar la vibración excesiva en la estructura a través de la percepción de los usuarios. Se debe de incluir en el informe si es necesario realizar un estudio más detallado.

❖ Daños por construcción.

- Hormigueros, Segregación, Fisuración por retracción: La cuantificación para estos daños debe de realizarse por área afectada (m²) en la estructura del puente.
- Construcción inadecuada de juntas frías: La cuantificación para la construcción de juntas frías inadecuadas debe de realizarse por metro lineal tomando la mayor dimensión del daño que se presente en el elemento del puente.

- Recubrimiento inadecuado y exposición del acero de refuerzo: La cuantificación de este daño debe de hacerse por área afectada (m²).
 - ❖ Daños durante el funcionamiento.
 - Infiltración y eflorescencia, carbonatación: La cuantificación para estos daños debe de hacerse por área afectada (m²).
 - Corrosión: Si la manifestación de la corrosión es mediante fisuras paralelas al esfuerzo esta se cuantificara por metro lineal, si se evidencian manchas en la superficie del concreto la cuantificación se hará por área afectada (m²).
 - Contaminación del concreto: La cuantificación del mismo se hará por área afectada (m²).
 - Fallas por impacto: La cuantificación del daño de fallas por impacto se deberá de realizar por área afectada (m²).excepto cuando sea en las barandas donde se cuantificara por el número de elementos afectados.
 - Socavación: Este daño se evaluara independiente para cada elemento en que se presente, el daño se registrara por área afectada (m²).Aclarando el grado de avance de la socavación y si es incipiente o alta.
- b. Puentes de estructuras metálicas.
- ❖ Corrosión: Según el deterioro del elemento metálico se puede calificar en forma cualitativa como: Leve, madia y severa. En los tres casos se deberán cuantificar los elementos que presenten este problema en unidades afectadas por la severidad del daño.
 - ❖ Pintura deteriorada: En este se cuantificara el porcentaje de elementos afectados en el puente.
 - ❖ Perfiles metálicos y miembros de armaduras:
 - Pandeo general y lateral torsional: Estos daños se cuantificaran por el número de elementos pandeados en la estructura del puente.
 - Fisuras en vigas longitudinales y transversales: Se debe especificar la cantidad de elementos en los cuales se presente este daño. Incluyendo además la ubicación, extensión y espesor de la fisura.
 - Fallas por impacto: La cuantificación de este daño se debe realizar por número de elementos afectados por ese daño. Se debe especificar la magnitud, ubicación y de ser posible la implicación estructural que conlleva.

- Deflexión excesiva: La cuantificación de este daño se debe de realizar por número de miembros deformados en la totalidad de la estructura.
- ❖ Daños en las conexiones:
 - Ausencia o mal estado de los conectores: Se cuantificara contabilizando el número de conexiones en los cuales falte o presente mal estado los conectores.
 - Excentricidad: Este daño se cuantificara por número de conexiones en los que se presenten excentricidades.
 - Fallas por tensión en la platina: Se cuantificara por número de conexiones en los cuales se presenten fallas.
 - Aplastamiento en la platina: La cuantificación se hará por número de conexiones en las cuales se presente por lo menos una deformación de la platina por aplastamiento.
 - Falla por desgarramiento: Se cuantificara por número de conexiones con potenciales problemas de desgarramiento.
 - Falla por corte en el conector: Se cuantificara por número de conexiones en los cuales se presente en por lo menos un conector este tipo de daño.
 - Falla por bloque de cortante: Se cuantificara el número de conexiones en los cuales se presenta pérdida o fisura que manifiestan susceptibilidad a este tipo de falla.
 - Rotura de la soldadura: Se cuantificara por número de conexiones en los cuales se presente este daño y si es posible especificar la longitud y posición de la fisura.

5. INSPECCIÓN DEL PUENTE LAS LAJAS UBICADO EN EL DEPARTAMENTO DE RIVAS.

La implementación de la propuesta de guía para inspección de puentes en Nicaragua fue realizada en el puente llamado Las Lajas este lleva el orden establecido anteriormente en la guía y los formatos que fueron llenados durante la inspección al igual que el análisis del estado del mismo evaluado según los parámetros también ya establecido en la misma guía.

Siendo realizado de la siguiente manera:

5.1 Identificación del puente Las Lajas.

El puente Las Lajas se encuentra ubicado en el departamento de Rivas, en el municipio de San Juan del Sur, en la estación 119+ 362 en el tramo de carretera NIC-2 que comprende los municipios de Managua-El Crucero-Jinotepe-Peñas Blancas dicha carretera la clasificamos como troncal principal (ver mapa de ubicación figura 5.1).

Fue un proyecto ejecutado por la empresa constructora Hazama Corporation de origen japonés. El código de identificación del Puente Las Lajas es RIV-1500A-015.00.



Figura 5.1 Tomado de “evaluación y diagnóstico del estado actual del puente Las Lajas, Rivas”, MCT, 1999.

5.2 Importancia del puente Las Lajas.

El puente Las Lajas es poseedor de gran importancia por ser parte vital de la carretera panamericana. Por su valor turístico por ser la carretera que conduce a uno de los balnearios preferidos por los turistas tanto nacionales como extranjeros como es la bahía de San Juan del sur como por el paso de transporte internacional que sale de Nicaragua hacia países del sur o bien sea que entra al país con mercancías para el comercio.

Al presentarse problemas de circulación el tráfico internacional y local de carga se vería seriamente afectado provocando incluso una paralización a nivel centroamericano. Este puente permanentemente contribuye al desarrollo económico tanto de las zonas cercanas como de la economía general del país.

5.3 Obstáculo que salva.

El puente Las Lajas es utilizado como cruce del río que lleva su mismo nombre, dicho río inicia en el gran lago de Nicaragua y tiene una extensión aproximada de 15 km (ver figura 5.2).

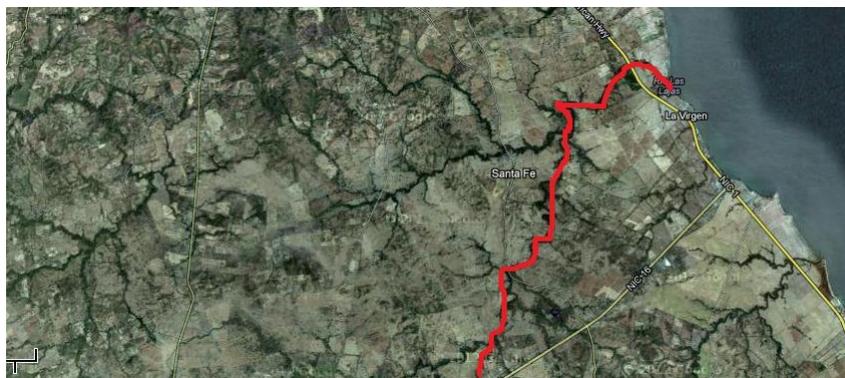


Figura 5.2 Río Las Lajas Rivas. Tomado de googleheart 2010.

— Carretera Panamericana.
— Río Las Lajas.

5.4 Tipo de puente.

Según el Manual para la revisión del diseño estructural de puentes carreteros y cajas puentes y tomando en consideración la superestructura y subestructura del puentes Las Lajas lo tipificamos como Puente carretero tipo I. Por estar constituido por una Losa de concreto reforzado cuya superficie sirve como superficie de rodamiento y su sección transversal tiene un peralte variable, vigas de acero en

forma de I encontrándose integrados a la losa de concreto reforzado que soportan, por medio de conectores de acero, estribos de concreto reforzado y aletones ubicados a los lados de la zona central del estribo.

5.5 Características geométricas del puente.

El puente las Lajas presenta un solo claro de 50 metros de longitud este no posee pilas, cuenta con un ancho de calzada de 7.0 metros, un ancho total de 12 metros y un galibo de 3 metros.

La superficie de rodamiento es de asfalto y podemos clasificarlo según el Ministerio de transporte e Infraestructura como puente metálico.(ver anexos de planos del puente).

5.6 Características Estructurales del puente.

Dentro de las características estructurales del puente encontramos que presenta una superestructura de cercha a paso inferior de acero (ver figura 5.3) y concreto reforzado y la subestructura es de tipo estribo enterrado sólido de concreto reforzado.

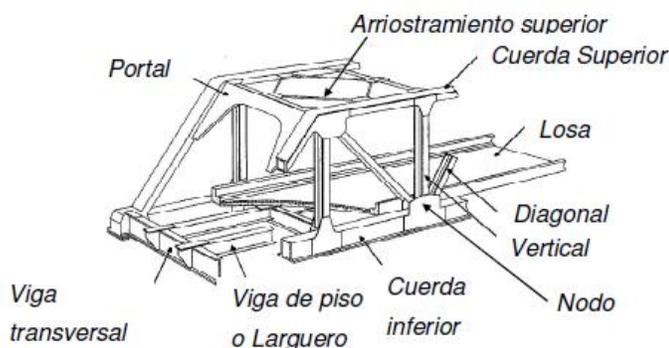


Figura 5.3 cercha a Paso inferior. Tomado de Manual de Inspección de Costa Rica.

5.7 Criterios de diseño del puente.

5.7.1 Especificaciones.

Las especificaciones que se utilizaron en la metodología de diseño del puente Las Lajas que se encuentran especificadas a continuación como documentación del puente fueron las especificaciones estándar para puentes de carretera adoptadas por el estándar japonés de carretera extraídas de los planos traídos por la empresa Constructora Hazama Corporation.

5.7.2 Metodología de diseño.

La metodología de diseño utilizada fue al esfuerzo último o método de diseño de cargas de servicio, lo que quiere decir que el elemento diseñado resiste las cargas aplicadas y que el elemento presenta suficiente rigidez para que las deformaciones no sean excesivas e inadmisibles²⁶.

Todos los datos que se encuentran aquí establecidos fueron extraídos de los planos originales traídos por la compañía Japonesa Hazama Corporation quien diseño el puente las Lajas.

a. Cargas:

- Carga viva (calzada).....HS 20 x 1.25
 (Aceras).....350 kg/m²
- Carga muerta(acero estructural).....7850 Kg/m³
 (concreto).....2500 Kg/m³
- Materiales de relleno (tierra).....1900 Kg/m³
- Coeficientes para empuje de tierra
 Tierra a tierra.....0.2972
 Tierra a concreto.....0.3085
 Coeficiente para cargas de sismo.....0.22

b. Esfuerzo admisible:

- Acero estructural SS 400.....fy:4100 kg/m² (mínimo).
 SM490Y.....fy:5000 kg/m² (mínimo).
- Concreto resistencia del concreto a los 28 días.
- Losa de concreto.....f'c:4100kg/m² (mínimo).
- Infraestructura.....f'c: 5000kg/m² (mínimo).
- Acero de refuerzo.....fy: 5000kg/m² (grado 60).

c. Esfuerzos admisibles de corte y adherencia.

Acero

Tipo de acero	Corte z ₀ kg/m ²
S S 400	800
S M 490 Y	1200

²⁶Universidad de Los Andes, Facultad de Arquitectura y Diseño, Sistemas Estructurales, Venezuela.(2000).

Concreto

Esfuerzo f_c (kg/m ²)	Corte z_0 kg/m ²	Adherencia l_0 (kg/m ²)
240	3.9	16
210	3.6	14

5.8 Construcción

5.8.1 Especificaciones

Toda la obra cumplió con las especificaciones generales para la construcción de carreteras, calles y puentes requerida por el MCT²⁷ hoy conocido como MTI.

5.8.2 Metodología de diseño

- Todas las dimensiones mostradas en los planos están milimetradas a menos que se indique lo contrario.
- Todos los niveles de estructura mostrados en los planos están en metros. El punto topográfico de referencia que determina estos niveles está mostrado en los planos de carretera.

a. Concreto:

La resistencia especificada a los cilindros de concreto será:

Miembro estructural	Resistencia a la compresión a los 28 días.	Tamaño máximo del agregado grueso.
Losa del tablero	240 Kg/ cm ²	25mm
Infraestructura	210 Kg/ cm ²	25mm
Cimentación de concreto	180 Kg/ cm ²	25mm

b. Acero de refuerzo.

Todo el acero de refuerzo será de barras corrugadas con corrugaciones conforme a la norma ASTM A – 615 (grado 60).

c. Todos los bordes expuestos del concreto serán biselados 20 mm.

d. Todas las dimensiones son referidas al centro de barras y la cobertura mínima desde la superficie del concreto a la cara de cualquier barra será 50 mm a la infraestructura.

²⁷Ministerio de la construcción y transporte Nicaragua.

5.8.3 Excavación.

La excavación para las estructuras se hizo de más de 50 cm a los lados del borde de la cimentación.

5.8.4 Apuntalamientos o puntales.

Este fue diseñado por el contratista sujeto a la aprobación del consultor.

5.8.5 Encofrado.

El encofrado fue construido y sellado de tal manera que soportara las cargas contempladas.

5.9 Ficha de recopilación de datos de inspección anterior.

En la propuesta de guía de inspección cualitativa para puentes adaptada a Nicaragua encontramos que se requiere de datos generales del puente como el tipo de puente que se va a inspeccionar, localización del mismo, entre otros. Hasta datos más específicos del puente en estudio como inspecciones realizadas con anterioridad y el grado de daño que este presentaba en este momento.

La última inspección visual realizada al puente Las Lajas por parte de la Unidad de Puentes del Ministerio de Transporte e Infraestructura fue en Septiembre del año 2009 lo que nos quiere decir que en el momento que realizamos la inspección ya habían transcurrido dos años y seis meses sin haberse inspeccionada cuando se debe de realizar una inspección anual a los puentes en existencia.

Esta ficha de recopilación de datos es que se utiliza en la actualidad por el Ministerio de transporte e Infraestructura observando que los datos encontrados para la determinación de su estado son mínimos, el reporte fotográfico no presenta los daños sin embargo encontramos reflejado que el puente Las Lajas para el año 2009 presentaba un grado de daño 2. (ver tabla 5.1)

Tabla 5.1 ficha de inspección del puente Las Lajas realizada por el Ministerio de transporte e infraestructura.

OFICINA DE DIAGNOSTICO Y EVALUACION DE ESTRUCTURAS DE PUENTES					
INFORME DE INSPECCION DE PUENTES CON DAÑOS RELEVANTES					Nº
Nombre:	Las Lajas	Fecha Inspección:	09-sep-09	Daño Grado:	2
Tramo:	NIC-2	Nombre del Tramo:	Managua - El Crucero - Jinotepe - Rivas - Peñas Blanca.		
Clasif. Carretera:	Troncal Principal	Estación:	118+520	PKM:	118+520
Departamento:	Rivas	TPDA:	3148	Longitud:	50 m
Municipio:	San Juan del Sur	Coordenadas:	X: 633.727	No. Claros:	1
Superficie Puentes:	Asfalto		Y: 1, 259.691	Ancho total:	12.5 m
Carga de Diseño:	HS-20+25%	Resistencia:	100%	Ancho calzada:	7 m
Nº Registro:	298	Inspector:	MGF	Gálibo:	3.3 m
Tipo de puente:	Metalico	Superestructura:	Cercha Metálica superior de paso inferior de acero	Material:	Compuesto: Acero y conc. ref.






Recopilado en marzo del 2012 a través de la unidad de puentes del Ministerio de Transporte e Infraestructura.

5.10 Reporte fotográfico de la inspección del puente Las Lajas.

En la realización de la inspección del puente se requiere de un reporte fotográfico tanto del puente en sí y sus características como de los daños que presente el mismo.

A continuación presentamos el reporte fotográfico descriptivo del puente en inspección en este caso el puente Las Lajas:

5.10.1 Identificación del puente las Lajas.

1. Vista Panorámica de la carretera y el Puente Las Lajas.

Fotografía tomada de Norte a Sur de la carretera Panamericana a nivel del kilómetro 119 donde se ubica el puente.



2. Elevación del Puente Las Lajas.

Esta fotografía nos muestra la elevación de la estructura del puente así como el cauce del río que atraviesa llamado también Las Lajas este presenta una extensión de 15 km iniciando su recorrido en el gran lago de Nicaragua.



5.10.2 Descripción del puente Las Lajas.

1. Juntas de expansión.

Las juntas de expansión que posee el puente Las Lajas es de tipo Brof conjunta N-Línea recta horizontal de acero.



2. Estribos.

Los estribos del puente son de tipo enterrado construidos de concreto reforzado.



3. Apoyos.

Los apoyos ubicados en los estribos del puente son de tipo móvil y fijo de acero.



5.11 Formatos de captura de información.

Los formatos de captura de información utilizados son de vital importancia en nuestro estudio para determinar el estado del puente y para la comprensión del lector sobre el tipo de puente en estudio y sus características físicas, así como los daños existentes y la localización del mismo.

IDENTIFICACION Y UBICACIÓN			
1	Nombre del puente: Las Lajas	Tramo:Managua-El Crucero-Jinotepe-Peñas Blancas	
	Tipo de puente:Metálico	Dpto. político:Rivas	
	Region: IV	Dpto. vial:Rivas	
	Kilometraje:119 + 362	Municipio:San Juan del sur	
		Poblado mas cercano:Santa teresita	
DATOS GENERALES			
2	Puente sobre: Rio	Nombre: Las Las Lajas	
	Longitud total(m):50	Numero de vias transito:2	
	Ancho de calzada (m):7	Sobre carga diseño: hs - 20-44	
	Trafico(TPDA):3148	Año construcción:1995	
	Año:2011	Ultima inspeccion (dd/mm/aa):09 sep 2009	
TRAMOS			
3	Numero de tramos:1	Longitud total(m):50	Longitud restante(m):
	Tramos:1	Longitud segundo tramo(m):	
	Claro principal(m):48.80	Longitud tercer tramo(m):	
	Tramo 1 (Principal)	Tramo 2	
	Categoria/ tipo:	Categoria/ tipo:	
	Características secundaria:	Características secundaria:	
	Material predominante:Acero y concreto.	Material predominante:	
TABLERO DE RODADURA			
4	Losa	Viga	
	Material:concreto	Tipo: I	
	Espesor (m):0.20	Numero de vigas:	
		Material:Acero	
		Peralte(m):0.25	
SUBESTRUCTURA			
5	Estribo izquierdo	Estribo derecho	
	Elevacion / Tipo:Enterrado	Elevacion / Tipo:Enterrado	
	Elevacion / Material:Concreto Reforzado	Elevacion / Material:Concreto Reforzado	
	Cimentacion / Tipo:Zapata excentrica	Cimentacion / Tipo:Zapata excentrica	
	Cimentacion / Material:Concreto Reforzado	Cimentacion / Material:Concreto Reforzado	
PILAS			
6	Pila 1	Pila 2	Pila 3
	Elevacion / Tipo:	Elevacion / Tipo:	Elevacion / Tipo:
	Elevacion / Material:	Elevacion / Material:	Elevacion / Material:
	Cimentacion / Tipo:	Cimentacion / Tipo:	Cimentacion / Tipo:
	Cimentacion / Material:	Cimentacion / Material:	Cimentacion / Material:
DETALLES			
7	Barandas	Andenes y Bordillos	
	Tipo:Rigida	Ancho anden(m):0.50	
	Material: Acero	Altura bordillo(m):0.10	
		Material:Concreto	
	Apoyo 1	Apoyo 2	Apoyo 3
	Tipo:Movil	Tipo:Movil	Tipo:
	Material:Acero	Material:Acero	Material:
	Ubicación:Estribo 1	Ubicación:Estribo 2	Ubicación:
	Jointas de Expansion	Drenaje de Calzada	
Tipo:Brof conjunta N-Linea recta horizontal.	Tipo:Bajantes		
Material:Acero	Material:Acero		

ACCESOS		
8	Acceso Izquierdo	Acceso Derecho
	Longitud transicion(m):0	Longitud transicion(m):0
	Alineamiento:	Alineamiento:
	Ancho de calzada (m):7	Ancho de calzada (m):7
SEGURIDAD VIAL		
9	Acceso Izquierdo	Acceso Derecho
	Señal informativa:No	Señal informativa:No
	Señal preventiva:No	Señal preventiva:No
	señal reglamentaria:No	señal reglamentaria:No
	Señal horizontal:si	Señal horizontal:si
SOBRECARGA		
10	Carga de diseño:: hs - 20-44	Carga maxima actual:
		Señalización de carga:No
RUTA ALTERNA		
11	Tipo otras rutas:	
	Vado	Puente Paralelo
	Distancia de puente (KM):	Posibilidad de construir:
	Periodo de funcionamiento(meses):	Longitud total (m):
	Profundidad de aguas minimas(m):	Subestructura:
	Naturaleza del suelo:	Tipo:
	Variente existente:	
Necesidad de construirlo:		
CONDICION DEL SECTOR DE LA CARRETERA		
12	Condicion de la carretera:Muy buena	
COMENTARIOS,OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES		
13		
	Inspector: Maria Auxiliadora Barba Martinez	Firma:
	Inspector: Mario Jose Molina Zambrano.	Firma:
Fecha inspeccion 04/04/2012		

5.12 Tablas de condición global del puente Las Lajas.

Las tablas de la condición global del puente Las Lajas están orientadas a dar un orden específico acerca de los daños existentes en el puente y el elemento que está siendo afectado por dicho daño para comprender de una manera clara que tan afectado puede estar el puente. Para mejor visualización de las tablas de condición global del puente ver anexos.

5.12.1 Daños en concreto.

En esta tabla de la condición global del puente encontramos reflejados los daños que presenta el puente y en que elemento del mismo lo presenta dentro de los elementos de concreto que constituyen al puente Las Lajas.

Condicion Global del Puente																	
Nombre de puente:Las Lajas										Año de construccion:1995							
Tipo de puente:Metalico										Sobrecarga:Hs - 20-44							
Municipio:San Juan del sur										Longitud total:50 m							
Region:IV										Ancho de calzada:7 m							
DAÑOS EN CONCRETO		SUPERFICIE Y EQUIPAMIENTO					SUBESTRUCTURA			SUPERESTRUCTURA CONCRETO				SUPERESTRUCTURA METALICA		OTROS	
Daños por diseño		Superficie	Juntas de Expansion	Andenes y Bordillos	Barandas	Señalización	Drenajes	Aletas	Estribos	Pila	Losa	Vigas	Apoyos	Riostras	Armadura	Conexiones	Cause
fisuras				X													
Aplataamiento																	
Asentamiento																	
Volcamiento																	
Vibracion excesiva																	
Daños por construccion																	
Hormigueros																	
Segregacion																	
Fisuracion por retraccion																	
construccion inadecuada de juntas frías								X									
Recubrimiento inadecuado																	
Exposicion del acero de refuerzo																	
Daños durante el funcionamiento																	
Infiltracion									X		X						
Eflorescencia				X				X	X		X						
Carbonatacion																	
Contaminacion del concreto									X		X						
Fallas por impacto															X		
Socavacion																	

5.12.2 Daños en estructuras metálicas.

En esta tabla se presenta los daños que fueron encontrados en las estructuras metálicas que posee el puente Las Lajas.

Condicion Global del Puente																
Nombre de puente:Las Lajas										Año de construccion:1995						
Tipo de puente:Metálico										Sobrecarga:Hs - 20-44						
Municipio:San Juan del Sur										Longitud total:50 m						
Region:IV										Ancho de calzada:7 m						
DAÑOS EN ESTRUCTURAS METÁLICAS	SUPERFICIE Y EQUIPAMIENTO						SUBESTRUCTURA			SUPERESTRUCTURA CONCRETO				SUPERESTRUCTURA METÁLICA		OTROS
	Superficie	Juntas de expansion	Andenes y Bordillos	Barandas	Señalización	Drenajes	Aletas	Estribos	Pila	Losa	Vigas	Apoyos	Riostras	Armadura	Conexiones	
Corrosion				X		X					X	X		X		
Pintura deteriorada				X							X	X		X		
Daños en perfiles metálicos y miembros de armadura																
Pandeo general y transversal																
Fisuras en vigas longitudinales y transversales																
Fallas por impacto																
Deflexion excesiva																
Daños en conexiones																
Ausencia o mal estado de las conexiones																
Excentricidad																
Fallas por tension en la platina																
Aplataamiento en la platina																
Falla por desgarramiento																
Falla por corte en el conector																
Falla por bloque de cortante																
Rotura de la soldadura																

5.13 Análisis de resultado de la inspección realizada al Puente Las Lajas.

La inspección al puente Las Lajas ubicado en el municipio de San Juan del sur en el departamento de Rivas fue realizada el día miércoles 4 de abril del 2012 y luego de los datos recogidos en dicha inspección y presentados mediante formatos de captura de información encontramos:

Para el análisis de información se utilizaron los formatos de inventario de daños donde se muestra la calificación obtenida o mejor dicho el grado de daño que presenta cada elemento acompañado por una fotografía donde se refleja el daño especificado indicado a través de líneas de color amarillo o rojas para la mejor interpretación. Las tablas de inventario de daños del puente se encuentran en Anexos Tabla 1.8.

En el análisis de nuestros resultados obtuvimos lo siguiente:

5.13.1 Superficie y equipamiento.

La superficie y equipamiento del puente está constituida por los andenes, Bordillos, Barandas y drenajes.

- **Andenes y bordillos:** Se encontraron pequeñas fisuras por retracción plástica catalogando dicho daño como daño por construcción pues ocurre durante el concreto se encuentra en estado fresco durante las primeras seis horas después de su colocación producto de la pérdida de agua por evaporación, por el proceso de endurecimiento del concreto y si el elemento se encuentra restringido de movimiento por la formaleta.

Las fisuras encontradas presentan entre 0.05 m y 0.1 m de longitud y espesores de entre 0.2 mm y 0.4 mm, asignándole una calificación cuantitativa de 1 lo que indica que no presentan daños esenciales al elemento inspeccionado.

- **Barandas:** Es evidente la presencia de corrosión ocasionado por una reacción electroquímica producida por el contacto con el ambiente, agua y electrolito generalmente sales encontrándose en un nivel leve. La pintura que presentan los elementos se encuentra deteriorada en un 50 %.
- **Drenaje:** En la inspección a este elemento se detectó que presenta corrosión producto del constante contacto de este con el agua que evacua, el nivel de corrosión es leve.

5.13.2 Subestructura.

La subestructura del puente Las Lajas está constituida por las aletas y los estribos.

- Aleta: Se encontraron daños producidos durante la construcción del puente causado por el vaciado del concreto en distinto tiempo que no se trató correctamente daño conocido como construcción inadecuada de las juntas frías esto afecta la durabilidad de la estructura permitiendo el acceso a agentes agresivos como sulfatos, cloruros, carbonatos, etc. otro daño encontrado en este elemento es la eflorescencia que en si no constituye un problema de durabilidad de las estructuras, sin embargo afecta la estética de la estructura e incrementa la porosidad del concreto. Ambos daños los calificamos cuantitativamente con 1 lo que nos indica que el estado del elemento es bueno.
- Estribo: Se identificaron daños de Infiltración, Eflorescencia y contaminación del concreto dichos daños afectan la estética de la estructura también pueden inducir daños de carácter físico o químico y aumentar el deterioro de daños preexistentes. La calificación cuantitativa otorgada a estos daños es 1 lo que quiere decir que no causa daños importantes la estructura.

5.13.3 Superestructura de concreto.

La superestructura de concreto del puente Las Lajas está formado por la losa, las vigas y los apoyos.

- Losa: Durante la inspección se observaron daños comunes en el concreto como infiltración, eflorescencia y contaminación en el concreto daños que no son directamente significativos al elemento. Calificados cuantitativamente como 1 lo que quiere decir que no causa afectaciones al elemento.
- Viga: Este presenta daños comunes en elementos de acero como es la corrosión ocasionada por una reacción electroquímica producida por el contacto con el ambiente, en este elemento la corrosión es leve quiere decir que puede solucionarse con la aplicación de pintura. Otro daño presente en el elemento es la pintura deteriorada importante pues es la única protección de la estructura ante la corrosión.

- Apoyos: Los daños presentes en este elemento son mínimos el porcentaje de pintura deteriorada en este es del 5 % y la corrosión presente en el elemento la calificamos cualitativamente como leve.

5.13.4 Superestructura de acero.

La superestructura del acero del puente Las Lajas es constituida por la armadura.

- Armadura: Se evidencio daños por impacto en la armadura de acero que no provoco fisuramiento o fallas de consideración en el elemento impactado cuantificándolo según el número de elementos involucrados en el impacto en este caso siendo 2 diagonales de la estructura.

De igual manera se observó la presencia de pintura deteriorada en los elementos que componen la estructura cuantificándola con un 20%.

La Corrosión evidenciada en la estructura podemos calificarla de manera cualitativa como leve.

6. CONCLUSIONES.

Al analizar los componentes que integran al manual de inspección visual de puentes y pontones de Colombia, se procedió a realizar una adaptación de varios elementos del documento que permitan que nuestra propuesta de guía sea eficiente en Nicaragua, debido al sin número de limitaciones con las que contamos como es la necesidad de medios humanos y técnicos que nos permitan tener un conocimiento completo y actualizado del estado del puente pues este procedimiento es utilizado recientemente en nuestro país para definir los recursos necesarios para la conservación del funcionamiento eficiente del mismo.

Teniendo por entendido los daños que afectan a los diversos elementos que conforman al puente como son los daños en la construcción, daños de diseño y daños durante el funcionamiento además de los factores que los provocan se procedió a realizar la implementación de nuestra propuesta de guía como medio para probar la eficiencia del mismo, esta fue realizada en el Puente Mixto Las Lajas ubicado en el departamento de Rivas, en el Municipio de San Juan del Sur.

Se realizó un inventario de los daños existentes en los elementos del puente Las Lajas mencionando los aspectos más relevantes como son:

- La presencia de eflorescencia, infiltración y contaminación del concreto en los elementos de este tipo.
- En los elementos de acero se observó la presencia de corrosión y deterioro de pintura la cual podemos calificar el estado de manera cualitativa como media.
- Se encontró la presencia de daños por impacto en la armadura de la estructura superior del puente ubicando el daño a mano izquierda de norte a sur de la carretera Panamericana afectando 2 elementos de la armadura sin embargo el daño a la estructura es mínimo.
- Otro aspecto relevante en la inspección del puente las Lajas es que al ubicarse en la parte inferior del puente la vibración emitida al paso de los vehículos pesados es excesiva.

Podemos concluir que la utilización de la propuesta de guía para inspección cualitativa de puentes cumplió con nuestros requerimientos y nos ayudó de gran manera en la realización eficiente de la inspección del puente Las Lajas y Luego del inventario de daños obtenido de la inspección visual de los elemento del puente Las Lajas y basados en la tabla de calificación cuantitativa(ver tabla anexo 1.6) con escala de 1 al 5 diagnosticamos que el estado en general del puente Las Lajas ubicado en el departamento de Rivas presenta un grado de daños 2 descrito en dicha tabla como condición regular lo que nos quiere decir que los elementos primarios que conforman al puente Las Lajas están en buen estado pero hay elementos secundario que presentan pequeños daños que no ponen en riesgo la integridad del puente.

6.1 Recomendaciones.

1. Se recomiendan períodos de inspección más cortos para los puentes más importantes, como los que conectan a Nicaragua de manera internacional.
2. Al realizarse una inspección visual de determinado puente y determinar los daños tomar medidas para corregirlos.
3. Se recomienda la aplicación de esta propuesta de guía en otros puentes de Nicaragua para la verificar la eficiencia de la misma.
4. En el caso del puente Las Lajas y basados en nuestra inspección recomendamos la aplicación de pintura anticorrosiva a todos los elementos de acero que forman al puente.
5. Se requiere de la instalación de señalización que indique la existencia del puente las Lajas a determinada distancia.
6. Al haberse señalado la vibración excesiva del puente recomendamos realizar estudios más detallados acerca de dicho problema para evitar cualquier problema futuro.

7. BIBLIOGRAFÍA.

1. American Concrete Institute .Control de fisuración en estructuras de hormigón.
2. Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central (CEPREDENAC), Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA),” Manual centroamericano de gestión del riesgo en puentes,”(2010).
3. Ing. Bayardo Altamirano. “Apuntes de puentes”, Managua, Nicaragua.
4. Ministerio de la construcción y transporte MCT “Evaluación y diagnóstico del puente Las Lajas ubicado en el departamento de Rivas”. (1991).
5. Ministerio de Transporte y Comunicaciones. “Guía para inspección de puentes”, Perú (2006).
6. Ministerio de obras públicas y Transporte. “Manual de inspección de puentes”. Costa Rica (2007).
7. Ministerio de transporte e infraestructura “Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes.” NIC-2000. (1999).
8. Ministerio de transporte e infraestructura (2008) “Manual para la revisión del diseño estructural de puentes carreteros y cajas puentes.”
9. Manual para la inspección visual de puentes y pontones vol.1 (2006) Bogotá, Colombia.
10. NationalReadymixed concrete association “Documento técnico” (2008).
11. “Reglamento Nacional de Construcción “, publicada en la Gaceta no. 16 (1984).
12. Revista ingeniería de construcción. Bogotá, Colombia (2003).
13. Revista internacional de desastres naturales, accidentes e infraestructura civil (2006).
14. Universidad de Los Andes, Facultad de Arquitectura y Diseño, Sistemas Estructurales, Venezuela(2000).

7. ANEXOS

Tabla 1.1 Datos aproximados de la cantidad de puentes. Tomado del sitio web del Ministerio de Transporte e Infraestructura.

Descripción	Mixtos		Concreto		Madera		Total	
	Cantidad (c/u)	Longitud (ml)	Cantidad (c/u)	Longitud (ml)	Cantidad (c/u)	Longitud (ml)	Longitud (ml)	Cantidad (c/u)
Puentes en Carreteras Pavimentadas	81	3,514.45	214	3,522.60	1	12.70	296	7,049.75
Puentes en Carreteras no Pavimentadas	185	5,019.30	58	1,344.25	125	2,210.60	368	8,574.15
TOTAL	266	8,533.75	272	4,866.85	126	2,223.30	664	15,623.00

Tabla 1.2 Descripción de los niveles de corrosión. Tomado de Manual para la inspección visual de puentes y pontones vol.1 (2006) Bogotá, Colombia.

Nivel de Corrosión	Descripción
Corrosión leve	En este estado de corrosión no se ha perdido parte de la sección transversal del elemento y puede solucionarse mediante la aplicación de pintura.
Corrosión media	En este estado ya se ha afectado alguna parte de la sección transversal del elemento y ha perdido parte de su capacidad estructural, esto requiere procedimientos más complejos o del reemplazo total para su rehabilitación.
Corrosión severa	En este punto el elemento ya ha perdido gran parte o la totalidad de la sección transversal y de su capacidad estructural, por lo tanto requiere de un reemplazo inmediato del mismo para evitar problemas graves en la estructura.

Tabla 1.3 formatos de captura de información de la identificación y características del puente inspeccionado.

IDENTIFICACION Y UBICACIÓN			
1	Nombre del puente:	Tramo:	
	Tipo de puente:	Dpto. político:	
	Region:	Dpto. vial:	
	Kilometraje:	Municipio:	
		Poblado mas cercano:	
DATOS GENERALES			
2	Puente sobre:	Nombre:	
	Longitud total(m):	Numero de vias transito:	
	Ancho de calzada (m):	Sobre carga diseño:	
	Trafico(TPDA):	Año construccion:	
	Año:	Ultima inspeccion (dd/mm/aa):	
TRAMOS			
3	Numero de tramos:	Longitud total(m):	Longitud restante(m):
	Tramos:	Longitud segundo tramo(m):	
	Claro principal(m):	Longitud tercer tramo(m):	
	Tramo 1 (Principal)	Tramo 2	
	Categoria/ tipo:	Categoria/ tipo:	
	Caracteristicas secundaria:	Caracteristicas secundaria:	
	Material predominante:Acero y concreto.	Material predominante:	
TABLERO DE RODADURA			
4	Losa	Viga	
	Material:	Tipo:	
	Espesor (m):	Numero de vigas:	
		Material:	
		Peralte(m):	
SUBESTRUCTURA			
5	Estribo izquierdo	Estribo derecho	
	Elevacion / Tipo:	Elevacion / Tipo:	
	Elevacion / Material:	Elevacion / Material:	
	Cimentacion / Tipo:	Cimentacion / Tipo:	
	Cimentacion / Material:	Cimentacion / Material:	
PILAS			
6	Pila 1	Pila 2	Pila 3
	Elevacion / Tipo:	Elevacion / Tipo:	Elevacion / Tipo:
	Elevacion / Material:	Elevacion / Material:	Elevacion / Material:
	Cimentacion / Tipo:	Cimentacion / Tipo:	Cimentacion / Tipo:
	Cimentacion / Material:	Cimentacion / Material:	Cimentacion / Material:
DETALLES			
7	Barandas	Andenes y Bordillos	
	Tipo:	Ancho anden(m):	
	Material:	Altura bordillo(m):	
		Material:Concreto	
	Apoyo 1	Apoyo 2	Apoyo 3
	Tipo:	Tipo:	Tipo:
	Material:	Material:	Material:
	Ubicación:	Ubicación:	Ubicación:
	Juntas de Expansion	Drenaje de Calzada	
	Tipo:	Tipo:	
	Material:	Material:	

ACCESOS									
	Acceso Izquierdo	Acceso Derecho							
8	Longitud transicion(m):	Longitud transicion(m):							
	Alineamiento:	Alineamiento:							
	Ancho de calzada (m):	Ancho de calzada (m):							
SEGURIDAD VIAL									
	Acceso Izquierdo	Acceso Derecho							
9	Señal informativa:	Señal informativa:							
	Señal preventiva:	Señal preventiva:							
	señal reglamentaria:	señal reglamentaria:							
	Señal horizontal:	Señal horizontal:							
SOBRECARGA									
10	Carga de diseño:	Carga maxima actual:							
		Señalizacion de carga:							
RUTA ALTERNA									
Tipo otras rutas:									
	Vado	Puente Paralelo							
11	Distancia de puente (KM):	Posibilidad de construir:							
	Periodo de funcionamiento(meses):	Longitud total (m):							
	Profundidad de aguas minimas(m):	Subestructura:							
	Naturaleza del suelo:	Tipo:							
	Variante existente:								
	Necesidad de construirlo:								
CONDICION DEL SECTOR DE LA CARRETERA									
12	Condicion de la carretera:								
COMENTARIOS,OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES									
13	<table border="1" style="width: 100%; height: 100px;"> <tr><td> </td></tr> </table>								
	Inspector: Maria Auxiliadora Barba Martinez	Firma:							
	Inspector: Mario Jose Molina Zambrano.	Firma:							
Fecha inspeccion 04/04/2012									

Tabla 1.4 formatos de captura de información condición global del puente.

Condicion Global del Puente																
Nombre de puente:										Año de construccion:						
Tipo de puente:										Sobrecarga:						
Municipio:										Longitud total:						
Region:										Ancho de calzada:						
DAÑOS EN CONCRETO	SUPERFICIE Y EQUIPAMIENTO						SUBESTRUCTURA			SUPERESTRUCTURA CONCRETO				SUPERESTRUCTURA METALICA		OTROS
	Superficie	Juntas de expansion	Andenes y Bordillos	Barandas	Señalización	Drenajes	Aletas	Estribos	Pila	Losa	Vigas	Apoyos	Riostras	Armadura	Conexiones	
Daños por diseño																
fisuras																
Aplataamiento																
Asentamiento																
Volcamiento																
Vibracion excesiva																
Daños por construccion																
Hormigueros																
Segregacion																
Fisuracion por retraccion																
construccion inadecuada de juntas frias																
Recubrimiento inadecuado																
Exposicion del acero de refuerzo																
Daños durante el funcionamiento																
Infiltracion																
Eflorescencia																
Carbonatacion																
Corrosion																
Contaminacion del concreto																
Fallas por impacto																
Socavacion																
DAÑOS EN ESTRUCTURAS METALICAS																
Corrosion																
Pintura deteriorada																
Daños en perfiles metalicos y miembros de armadura																
Pandeo general y transversal																
Fisuras en vigas longitudinales y transversales																
Fallas por impacto																
Deflexion excesiva																
Daños en conexiones																
Ausencia o mal estado de las conexiones																
Excentricidad																
Fallas por tension en la platina																
Aplataamiento en la platina																
Falla por desgarramiento																
Falla por corte en el conector																
Falla por bloque de cortante																
Rotura de la soldadura																

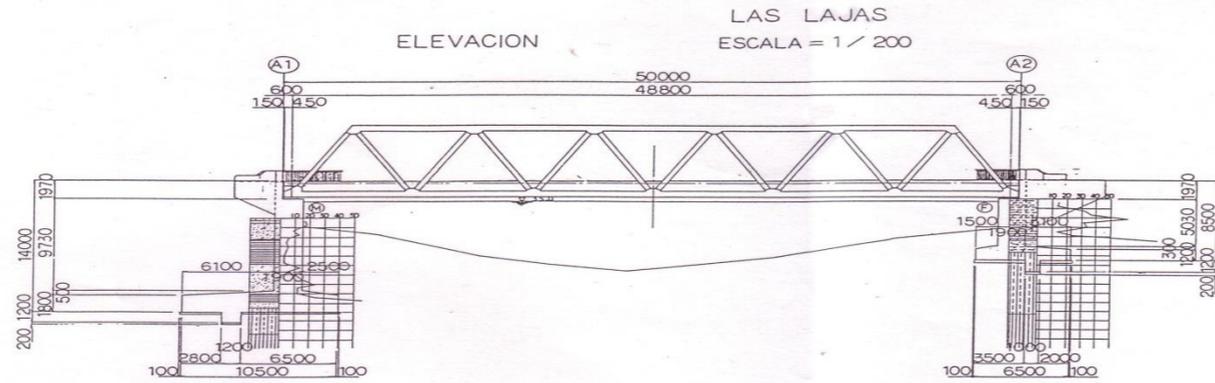
Tabla 1.6 tabla de secuencia de Inspección. Elaborada por los autores de la tesis.

Componente del puente	Elementos a inspeccionar
Superficie y equipamiento	Superficie del puente y acceso
	Juntas de expansión
	Andenes y/o bordillos
	Barandas
	Iluminación
	Señalización
	Drenajes
	Apoyos
Elementos de concreto reforzado	Aletas y Estribos
	Pilas
	Losa, Vigas y riostras
Superestructura metálica	Perfiles metálicos
	Armaduras
	Conexiones en estructuras metálicas
	Acceso peatonal
Cause	

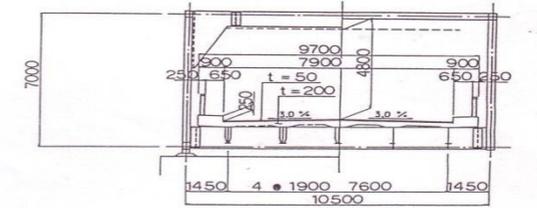
Tabla 1.7 Calificación del estado actual del puente tomado del Manual de inspección de puentes y pontones de Colombia.

CALIFICACION	DESCRIPCION DE LA CONDICION
0	MUY BUENO: No se observa problemas.
1	BUENO: Hay problemas menores. Algunos elementos muestrandeterioro sin importancia.
2	REGULAR: Los elementos primarios están en buen estado, pero algunos secundarios muestran deterioro, algo de pérdida de sección, grietas, descascaramiento o socavación pérdida de sección avanzada.
3	MALO: La pérdida de sección, deterioro o socavación afectan seriamente a los elementos estructurales primarios.Hay posibilidad de fracturas locales, pueden presentarserajaduras en el concreto o fatigas en el acero.
4	<p>MUY MALO: Avanzado deterioro de los elementos estructurales primarios.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grietas de fatiga en acero o grietas de corte en el concreto. - La socavación compromete el apoyo que debe dar la infraestructura. - Conviene cerrar el puente a menos que este monitoreado.
5	<p>PESIMO: Gran deterioro o pérdida de sección presente en elementos estructurales críticos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desplazamientos horizontales o verticales afectan la estabilidad de la estructura. - El puente se cierra al tráfico pero con acciones correctivas se puede restablecer el tránsito de unidades ligeras.

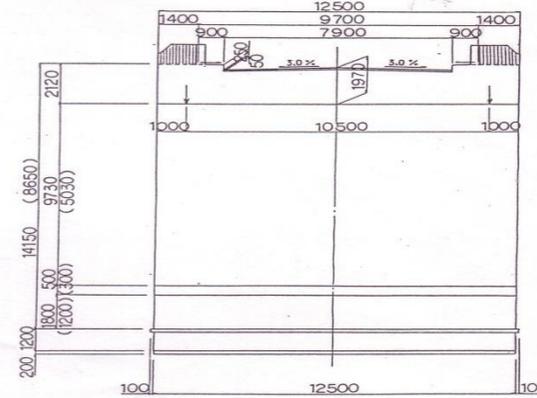
Plano 1.1 Plano General del Puente Las Lajas. Tomado de los planos originales traídos por la empresa Hazama Corporation.



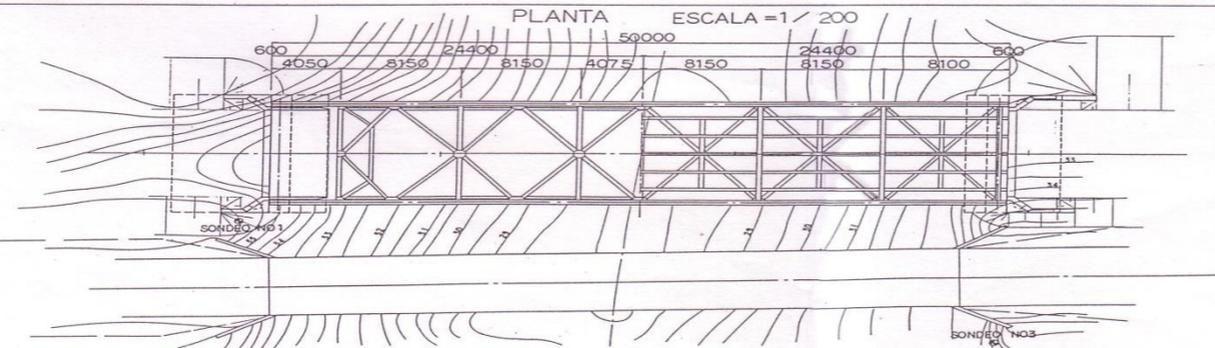
SECCIÓN TRANSVERSAL ESCALA=1/100



A1 (A2)



ALINEACION VERTICAL	NIVEL			
ALTURA PROPUESTA		37.713		37.713
NIVEL DEL SUELOS	36.720	36.720	36.790	36.790
DISTANCIA	1.000		1.000	
ESTACION	119+940	119+940	119+940	119+940
ALINEACION HORIZONTAL				



MINISTERIO DE CONSTRUCCION Y TRANSPORTE DE LA REPUBLICA DE NICARAGUA	
EL PROYECTO DE LA RECONSTRUCCION DE LOS PUENTES EN CARRETERAS PRINCIPALES, LA PRIMERA FASE	
PLANO GENERAL	
DIRECTOR DEL PROYECTO	DISCRADO POR: <i>S. Aguirre</i>
	PLANO POR: <i>A. Yanez</i>
	FECHA: Feb. 1995
	ESCALA: 1 : 200
CENTRAL CONSULTANT INC. Y KATAHIRA & ENGINEERS INTERNATIONAL INC. DEL JAPON	
2 — 47	

Plano 1.2 Plano Estructural de la Superestructura. Tomado de los planos originales traídos por la empresa Hazama Corporation.

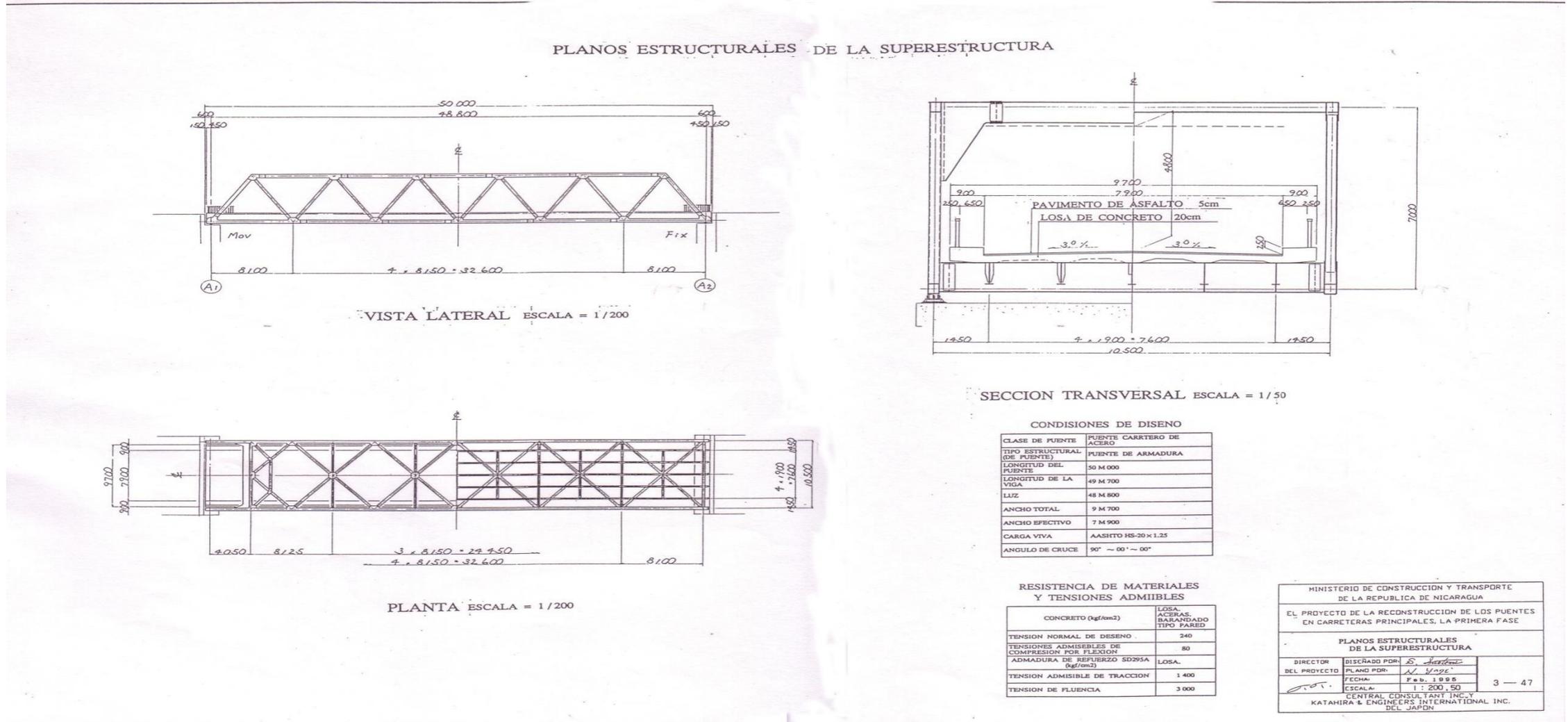
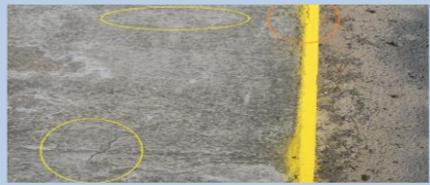


Tabla 1.8 Condición global del puente.

Condicion Global del Puente																Condicion Global del Puente																							
Nombre de puente:Las Lajas										Año de construccion:1995						Nombre de puente:Las Lajas										Año de construccion:1995													
Tipo de puente:Metalico										Sobrecarga:Hs - 20-44						Tipo de puente:Metalico										Sobrecarga:Hs - 20-44													
Municipio:San juan del sur										Longitud total:50 m						Municipio:San juan del sur										Longitud total:50 m													
Region:IV										Ancho de calzada:7 m						Region:IV										Ancho de calzada:7 m													
DAÑOS EN CONCRETO		SUPERFICIE Y EQUIPAMIENTO					SUBESTRUCTURA			SUPERESTRUCTURA CONCRETO				SUPERESTRUCTURA METALICA		OTROS	DAÑOS EN ESTRUCTURAS METALICAS		SUPERFICIE Y EQUIPAMIENTO					SUBESTRUCTURA			SUPERESTRUCTURA CONCRETO				SUPERESTRUCTURA METALICA		OTROS						
		Superficie	Juntas de Expansion	Andenes y Bordillos	Barandas	Señalización	Drenajes	Aletas	Estribos	Pila	Losa	Vigas	Apoyos	Riostras	Armadura	Conexiones	Cause			Superficie	Juntas de expansion	Andenes y Bordillos	Barandas	Señalización	Drenajes	Aletas	Estribos	Pila	Losa	Vigas	Apoyos	Riostras	Armadura	Conexiones	Cause				
Daños por diseño																																							
fisuras				X															Corrosion						X		X												
Aplataamiento																																							
Asentamiento																																							
Volcamiento																																							
Vibracion excesiva																																							
Daños por construccion																																							
Hormigueros																																							
Segregacion																																							
Fisuracion por retraccion																																							
construccion inadecuada de juntas frias								X											Excentricidad																				
Recubrimiento inadecuado																																							
Exposicion del acero de refuerzo																																							
Daños durante el funcionamiento																																							
Infiltracion									X		X								Falla por corte en el conector																				
Eflorescencia				X				X	X		X								Falla por bloque de cortante																				
Carbonatacion																																							
Contaminacion del concreto																																							
Fallas por impacto																																							
Socavacion																																							
																		Observaciones:																					
																		Fecha de inspeccion: 4 de Abril 2012.		Inspector: Maria A Barba.					Inspector: Mario J Molina.														

Tabla 1.9 Inventario de daños del puente Las Lajas.

Inventario de Daños												
Nombre de puente:Las Lajas						Año de construcción:1995						
Tipo de puente:Metálico						Sobrecarga:Hs - 20-44						
Municipio:San Juan del sur						Longitud total:50 m						
Región:IV						Ancho de calzada:7 m						
Tramo:Managua-El Crucero-Jinotepe-Peñas Blanca												
CONDICION DE LOS ELEMENTOS INSPECCIONADOS												
ELEMENTOS	DESCRIPCION	METRADO	UNIDAD	PORCENTAJE	CALIFICACION CUALITATIVA	CALIFICACION CUANTITATIVA					Fotografía	Observaciones
						0	1	2	3	4		
Superficie y Equipamiento												
Andenes y Bordillos	Fisuras	o.o5-0.1m					x					Se observaron pequeñas grietas que en general no se consideran significativas.
Barandas	Corrosion				Media							
	Intercapa deteriorada			50								Es evidente el requerimiento de pintura anticorrosiva en las barandas
Drenajes	Corrosion			10								

CONDICION DE LOS ELEMENTOS INSPECCIONADOS													
ELEMENTOS	DESCRIPCION	METRADO	UNIDAD	PORCENTAJE	CALIFICACION CUALITATIVA	CALIFICACION CUANTITATIVA					Fotografia	Observaciones	
						0	1	2	3	4			5
SUPERESTRUCTURA DE CONCRETO													
Losa	Infiltracio y Eflorescencia	0.01 m ²					x						Se tomo la mayor dimension de daño encontrado en el elemento
	Contaminacion del concreto	0.03 m ²					x						Se tomo la mayor dimension de daño encontrado en el elemento
Viga	Corrosion				Leve								
	Pintura deteriorada			10									
Apoyos	Corrosion				Leve								
	Pintura deteriorada			5									

CONDICION DE LOS ELEMENTOS INSPECCIONADOS													
ELEMENTOS	DESCRIPCION	METRADO	UNIDAD	PORCENTAJE	CALIFICACION CUALITATIVA	CALIFICACION CUANTITATIVA						Fotografia	Observaciones
						0	1	2	3	4	5		
Subestructura													
Aleta	Construccion inadecuada de juntas fria	0.8 m					x						Se tomo la mayor dimension de daño encontrado en el elemento
	Eflorescencia	0.02 m ²					x						Se tomo la mayor dimension de daño encontrado en el elemento
Estribo	Infiltracio y Eflorescencia	0.03 m ²					x						Se tomo la mayor dimension de daño encontrado en el elemento
	Contaminacion del concreto	0.05 m ²					x						Se tomo la mayor dimension de daño encontrado en el elemento

CONDICION DE LOS ELEMENTOS INSPECCIONADOS													
ELEMENTOS	DESCRIPCION	METRADO	UNIDAD	PORCENTAJE	CALIFICACION CUALITATIVA	CALIFICACION CUANTITATIVA					Fotografia	Observaciones	
						0	1	2	3	4			5
SUPERESTRUCTURA DE CONCRETO													
Losa	Infiltracio y Eflorescencia	0.01 m ²					x						Se tomo la mayor dimension de daño encontrado en el elemento
	Contaminacion del concreto	0.03 m ²					x						Se tomo la mayor dimension de daño encontrado en el elemento
Viga	Corrosion				Leve								
	Pintura deteriorada			10									
Apoyos	Corrosion				Leve								
	Pintura deteriorada			5									