



Tipos e intervalos de inspecciones de puentes en servicio

Parte 1: Lineamientos definidos en el nuevo Manual de Puentes de Costa Rica (MP-2020)



Puente sobre el río Toyogres en la RN10
Fuente: LanammeUCR, 2021

George Isaac Isaacs Aguilar,

*Asistente, Unidad de Puentes, Programa de Ingeniería Estructural
george.isaacs@ucr.ac.cr*

Ing. Daniel Johanning Cordero,

*Unidad de Puentes, Programa de Ingeniería Estructural
daniel.johanning@ucr.ac.cr*

Ing. Luis Guillermo Vargas Alas,

*Unidad de Puentes, Programa de Ingeniería Estructural
luisguillermo.vargas@ucr.ac.cr*

Comité revisor:

Ing. Julian Trejos Villalobos,

*Coordinador Unidad de Puentes,
Programa de Ingeniería Estructural*

Ing. Rolando Castillo Barahona,

Coordinador General, Programa de Ingeniería Estructural

Introducción

Los puentes son estructuras que tienen un gran impacto sobre el desarrollo de un país o región, ya que permiten el paso sobre obstáculos como una quebrada, un río, un estero, un lago, un canal, una depresión geográfica o una carretera, y de esta forma permiten comunicar dos puntos geográficos de manera segura y eficiente. Estas estructuras están expuestas constantemente a diversos tipos de acciones externas, entre ellas: el paso de vehículos pesados, el flujo de agua en ríos, empujes laterales del suelo, cambios de temperatura, sismos y posibles impactos de vehículos, las cuales

producen deterioro en los elementos estructurales y no estructurales con el paso del tiempo. Por esta razón, es imperativo realizar inspecciones a los puentes de forma regular, de modo que sea posible identificar oportunamente las deficiencias que en ellos se presenten, y así definir las acciones necesarias para conservar y extender su vida útil.

Se entiende por inspección de un puente al reconocimiento, ya sea visual o a partir de técnicas más especializadas, de los elementos estructurales y no estructurales de un puente y de su condición

por parte de un inspector debidamente calificado. Existen distintos tipos de inspección, los cuales se realizan con diferentes alcances y objetivos en función de las condiciones del puente y en atención a sus necesidades específicas. Cada tipo de inspección debe repetirse después de haber transcurrido un intervalo de tiempo determinado con tal de atender oportunamente estas necesidades.

En el presente boletín se profundizará en el tema de tipos e intervalos de inspección de puentes en servicio de acuerdo con las disposiciones establecidas en referencias nacionales e internacionales. En esta primera parte, se presentarán los tipos de inspección, sus alcances, objetivos e intervalos con base en lo establecido en el nuevo Manual de Puentes de Costa Rica Tomo I (MP-2020), específicamente en el Capítulo 3: Tipos e intervalos de inspección. Este boletín se complementa con una segunda parte, en la cual se comparan los tipos e intervalos de inspección del MP-2020 con la práctica en los Estados Unidos.

Antecedentes y referencias del MP-2020 relativo a los tipos e intervalos de inspección

El MP-2020 es un documento normativo, completo e integral que tiene como alcance los temas de gestión, inspección, conservación y estudios especiales de puentes. Este manual actualmente se encuentra en proceso de oficialización por parte del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT).

En lo que respecta a los tipos e intervalos de inspección, el MP-2020 viene a actualizar, ampliar y complementar las definiciones establecidas en el documento "Actualización del inventario técnico de los puentes de la Red Vial Nacional por medio del SAEP" del Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI, 2015), que constituye el principal antecedente nacional en esta materia. Para esta actualización, el MP-2020 utilizó como principal referencia los documentos que rigen la práctica de inspección de puentes en servicio de Estados Unidos, específicamente:

- *"National Bridge Inspection Standards"* (abreviadas de ahora en adelante como NBIS, por sus siglas en inglés) de la *Federal Highway Administration* (FHWA), que corresponden a las regulaciones federales y estándares establecidos para la inspección de puentes en carreteras públicas de todos los Estados Unidos (FHWA, 2022).

Las NBIS fueron actualizadas recientemente, siendo oficializada la última versión en mayo de 2022.

- *"The Manual for Bridge Evaluation"*, 3.^a edición (abreviado de ahora en adelante como MBE, por sus siglas en inglés) de la *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO), el cual consiste en un manual aplicable al desarrollo de políticas y procedimientos específicos para la inspección y evaluación de puentes en servicio (AASHTO, 2018). A su vez, el MBE sigue lo establecido en las NBIS.

En la **Parte 2 de este boletín** se realiza una comparación de las disposiciones del MP-2020 en el tema de tipos e intervalos de inspección con las disposiciones correspondientes establecidas en el procedimiento de CONAVI (2015), y con la práctica de Estados Unidos establecida en la más reciente versión de las NBIS (FHWA, 2022) y el MBE (AASHTO, 2018).

Importancia de un programa de inspección de puentes en servicio

La salida de operación de un puente, ya sea debido a su colapso o debido a un cierre preventivo, acarrea problemas importantes para la sociedad civil. Primeramente, el cierre de un puente restringe el funcionamiento del sistema de transporte del que forma parte. Los usuarios pueden verse obligados a utilizar rutas alternas que no necesariamente cuentan con la misma capacidad, resultando en un mayor consumo de tiempo y combustible (Barker & Puckett, 2013). En caso de no existir ruta alterna, se podría imposibilitar por completo el acceso a comunidades. En circunstancias más trágicas, el colapso de un puente podría cobrar vidas humanas.

Costa Rica no es ajena a los problemas asociados al colapso o al cierre forzado de puentes en servicio. Un ejemplo de ello corresponde al colapso del puente sobre el río Tárcoles en la Ruta Nacional 137, el cual en el año 2009 sufrió un desplome cuando por él pasaba un bus con 39 personas (ver Figura 1). Este incidente cobró la vida de 5 personas y dejó heridas a las otras 34 personas.

Otro ejemplo se presentó en el puente sobre el río Turrialba en la Ruta Nacional 230 (puente La Alegría), el cual en el año 2015 presentó riesgo de colapso debido a la socavación de sus cimientos durante la época lluviosa (ver Figura 2). Esta situación obligó a cerrar el

puede ser una medida preventiva, lo cual limitó el acceso a la localidad de Turrialba y representó un incremento en tiempos de viaje y gasto de combustible para los habitantes de la zona. El puente estuvo fuera de servicio durante más de un mes, hasta que CONAVI y MOPT reabrieron el paso luego de una inversión de 70 millones de colones (Madrigal, 2015).



Figura 1. Colapso del puente sobre el río Tárcoles
Fuente: La Nación, 2014



Figura 2. Socavación de la cimentación del puente sobre el río Turrialba en la RN230
Fuente: LanammeUCR, 2015

Situaciones como las mencionadas en los ejemplos anteriores, al igual que otros problemas que se podrían presentar en los puentes, pueden ocurrir con mayor frecuencia o se pueden ver agravados con el paso del tiempo si no existe un programa consolidado de inspección y de conservación de puentes. En la siguiente sección se describe cómo la información obtenida de las inspecciones de puentes en servicio se puede utilizar para prevenir este tipo de situaciones.

Uso de la información obtenida de las inspecciones de puentes en servicio

A partir de las inspecciones de puentes en servicio, se obtiene información valiosa de las características y la condición de cada puente al momento de la inspección, la cual es indispensable para la debida gestión de estas estructuras. En la Figura 3 se muestra el proceso mediante el cual, a partir de la información obtenida de las inspecciones de puentes, se pueden definir, priorizar y ejecutar intervenciones en los puentes con el fin de extender su vida útil de servicio.

El proceso mostrado en la Figura 3 inicia con la inspección del puente, a partir de la cual se recolecta información de las características de gestión básicas del puente, como lo son datos de su geometría y funcionalidad, así como información de la condición actual del puente, específicamente datos del tipo, severidad y extensión de las deficiencias presentes en sus elementos estructurales y no estructurales. A partir de esta información es posible realizar una evaluación de la condición del puente, sus componentes y elementos. Con base en la condición identificada, se definen las necesidades de intervención para mantener o mejorar la condición del puente, las cuales pueden ser de mantenimiento rutinario, mantenimiento basado en condición, rehabilitación o sustitución.

Una vez definidas las necesidades de intervención de cada puente, se deben priorizar los puentes a intervenir tomando en cuenta variables como la condición, obsolescencia e importancia de cada puente, buscando maximizar la eficiencia de los recursos a partir de principios ingenieriles y económicos. Se procede a realizar una selección de las actividades de intervención específicas que son requeridas en los puentes prioritarios, así como una estimación de los costos asociados que permita comparar los resultados de la priorización con los presupuestos operativos para intervención de puentes. Por último, se ejecutan las intervenciones en los puentes de mayor prioridad según los recursos disponibles, lo cual permite conservar los puentes en buenas condiciones y así extender su vida útil.

De esta forma, se puede ver que la información obtenida a partir de las inspecciones de puentes representa la base en que se soporta la toma de decisiones efectivas y oportunas que permiten garantizar la seguridad de los usuarios del sistema de transporte.



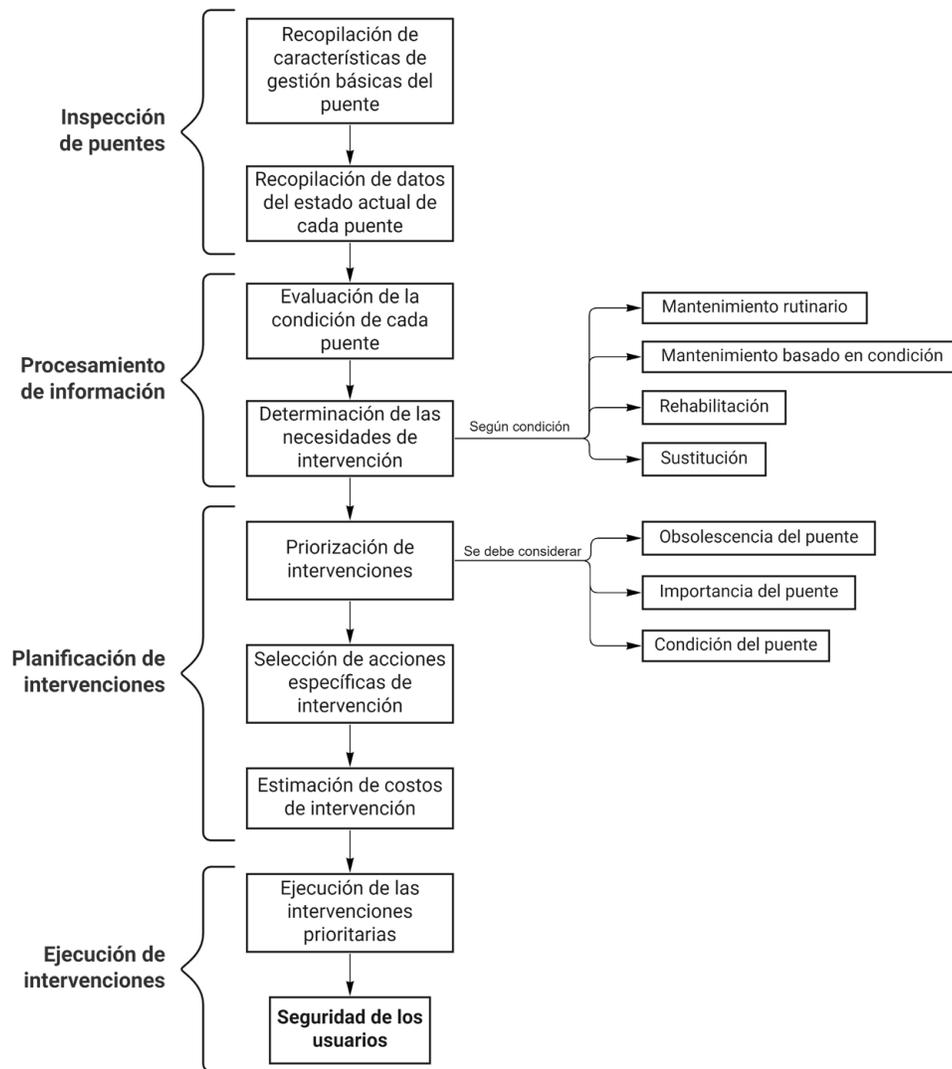


Figura 3. Proceso que muestra la aplicación de la información obtenida de las inspecciones de puentes en servicio en un sistema de gestión de puentes

Tipos de inspección de puentes definidos en el MP-2020

Como se mencionó anteriormente, existen diversos tipos de inspección de puentes con diferentes alcances y objetivos. Un puente determinado puede requerir varios tipos de inspección a lo largo de su vida de servicio, esto en función de sus características particulares, la condición de sus elementos o en atención a necesidades específicas, por ejemplo, monitoreo de un daño particular o evaluación después de un evento extremo. A continuación, se hace una breve descripción de los tipos de inspección que están definidos en el MP-2020:

Inspección de inventario

Representa una inspección programada cuyo propósito es obtener un registro de las características de gestión básicas del puente. Entre estas se encuentran las dimensiones y características de los elementos de la superestructura, subestructura, los accesos y accesorios (ver Figura 4), así como características funcionales, registro fotográfico o planos del puente. Cabe mencionar que esta inspección se puede realizar junto con la primera inspección rutinaria, con el fin de hacer un uso más eficiente de los recursos disponibles para inspecciones.



Figura 4. Medición de dimensiones de elementos estructurales del puente sobre la RN 102 en la RN 32.
Fuente: LanammeUCR, 2022

Inspección rutinaria

Es una inspección programada que consiste en realizar observaciones y mediciones para encontrar la condición estructural y funcional del puente (ver Figura 5). Para ello, se inspeccionan de forma visual elementos estructurales y no estructurales, accesorios, aspectos hidrológicos-hidráulicos, aspectos de seguridad vial, aspectos geotécnicos, aspectos sísmicos, entre otros.

Se espera que la inspección rutinaria permita determinar si la estructura logra satisfacer los requisitos vigentes de servicio. Además, se pretende identificar cualquier cambio con respecto a la condición inicial del puente luego de ser construido, o bien, con respecto a condiciones registradas previamente en otras inspecciones.



Figura 5. Inspección rutinaria del puente sobre el río Jesús María en la RN27.
Fuente: LanammeUCR, 2022

Inspección detallada

Es una inspección programada que se realiza a profundidad de uno o de la totalidad de los elementos del puente. La meta de esta inspección es encontrar cualquier deficiencia que no sea detectable a través de los procedimientos de inspección rutinaria, o bien, donde se necesite indagar con más detalle en lo observado en una inspección previa.

Entre las técnicas para una inspección detallada se encuentran la implementación de ensayos destructivos como la extracción de probetas de acero y núcleos de concreto, así como la realización de ensayos no destructivos a partir de métodos de resistencia, sónicos, magnéticos, eléctricos o según el tipo de material de la estructura (ver Figura 6).



Figura 6. Ensayo de impacto-eco (método sónico) en puente sobre el río Seco en ruta cantonal, cantón de Garabito.
Fuente: LanammeUCR, 2015

Inspección de elementos críticos por fractura

Este tipo de inspección consiste en la inspección cercana (al alcance de la mano del inspector) de un elemento crítico por fractura o de los componentes de un elemento crítico por fractura. Un elemento crítico por fractura (FCM por sus siglas en inglés "Fracture Critical Members") es aquel cuyo fallo podría comprometer la estabilidad del puente, o bien, provocar que la operación de uno o más tramos de la superestructura o subestructura no sean seguros (ver Figura 7). Es importante mencionar que en la última versión de las NBIS (FHWA, 2022) se utiliza el término "elemento de acero no redundante en tensión" para referirse a estos elementos (NSTM por sus siglas en inglés "Nonredundant Steel Tension Member").

Algunos ejemplos de elementos críticos por fractura incluyen: cables principales de puentes colgantes y atirantados, péndolas de puentes colgantes, superestructuras tipo viga I de acero o viga cajón de acero de hasta dos vigas principales, superestructura tipo cercha de hasta dos cerchas principales, entre otros.



Figura 7. Elemento crítico por fractura (tipo barra con agujero circular) del antiguo puente sobre el río Grande de Tárcoles en la RN707.
Fuente: LanammeUCR, 2013

Inspección bajo agua

Es una inspección programada que se realiza a la parte sumergida de la subestructura del puente, o para conocer la conformación hidráulica del lecho sumergido, cuando estas actividades no se puedan hacer visualmente o por sondeo al nivel del agua. Esta inspección se realiza con la ayuda de buzos o equipo especializado (ver Figura 8).

En la inspección bajo agua se documentan deterioros o daño de los elementos inspeccionados, condiciones de lecho, de la corriente y sus efectos tales como turbulencia o profundidad del agua.



Figura 8. Inspección bajo agua realizada por un buzo debidamente calificado.
Fuente: Collins Engineers, 2015

Inspección especial

Es una inspección no programada que se realiza a discreción de la organización responsable de la gestión del puente. Esta inspección sirve para monitorear deficiencias identificadas durante una inspección previa, confirmar sospechas o notificaciones de daños, o para monitorear detalles especiales o características del puente que no necesariamente tienen defectos.

Inspección por eventos extremos

Es una inspección cuya finalidad es evaluar el daño estructural después de la ocurrencia de fenómenos naturales, tales como eventos hidrometeorológicos o eventos sísmicos (ver Figura 9), o bien, por acciones humanas como la colisión de un camión o un incendio. La inspección por eventos extremos se subdivide en dos tipos:

Inspección por eventos extremos 1: es una inspección exploratoria, no programada, realizada debido a la ocurrencia de daños específicos por eventos extraordinarios, la cual se hace inmediatamente después de la ocurrencia del evento. Mediante esta inspección se busca determinar si la estructura puede seguir operando o si se debe recomendar la suspensión del tránsito, y la información recopilada se utiliza para priorizar inspecciones posteriores.

Inspección por eventos extremos 2: Esta inspección se realiza luego de la inspección por eventos extremos 1 y evalúa los mismos elementos que la inspección rutinaria, por lo tanto, se deben seguir todos los procedimientos establecidos para ese tipo de inspección.



Figura 9. Puente sobre el río Puerto Nuevo en la RN2 después de la tormenta tropical Nate.
Fuente: LanammeUCR, 2017

Inspección básica

Es una inspección programada donde se ejecuta una revisión rápida de la condición del puente, con el fin de corroborar si la estructura se encuentra en condición aceptable o satisfactoria. La inspección tiene una duración de 15 a 20 minutos.

Intervalos de inspección de puentes definidos en el MP-2020

Como se mostró en la Figura 3, la información obtenida a partir de las inspecciones de puentes se utiliza para determinar las necesidades de atención de los puentes, priorizarlas y de esta forma facilitar la toma de decisiones en el ámbito de gestión. Por lo tanto, es importante que la información obtenida por medio de las inspecciones se mantenga actualizada y represente la condición real de cada puente.

Esto se puede lograr si, para cada tipo de inspección, se definen intervalos de inspección máximos que permitan actualizar de forma constante la información del puente. A continuación, se describen los intervalos establecidos en el MP-2020 para cada uno de los tipos de inspección.

Intervalo de inspección de inventario

La inspección de inventario se realiza una única vez durante la vida de servicio del puente, en un plazo no mayor a 3 meses desde que se completa su construcción. Sin embargo, se debe repetir en caso de que el puente sea rehabilitado o sustituido.

Intervalo de inspección rutinaria

El MP-2020 contempla dos métodos para determinar el intervalo de inspección rutinaria basado en las condiciones de riesgo del puente, denominados como Método 1 y Método 2. El Método 1 se basa en una metodología de evaluación de riesgo simplificada donde se contempla un intervalo estándar de 2 años, el cual puede ser ampliado hasta 4 años, siempre y cuando el puente no presente alguna de las 9 características específicas que establece el MP-2020. A manera de ejemplo, 5 de estas características se mencionan a continuación:

- Condición global alarmante: la estabilidad del puente podría estar comprometida en el corto plazo debido a deficiencias significativas en elementos estructurales del puente.

- Puentes de acero con grietas por fatiga que no han sido intervenidas.
- Puentes con longitud total o longitudes de tramos mayores a 30 m.
- Puentes diseñados con normas de diseño anteriores a 1977.
- Estructuras expuestas y susceptibles a daño por impacto de vehículos o embarcaciones.

Además, si el intervalo de inspección rutinaria se extiende más allá de 2 años, se deberá realizar una inspección básica a la mitad del intervalo entre inspecciones.

Por otro lado, el Método 2 contempla una evaluación de riesgo más rigurosa en donde el intervalo se determina en función de las necesidades de la estructura. Los niveles de riesgo tienen intervalos de inspección máximos asociados que no deben exceder 1, 2 o 4 años. En la siguiente sección de este boletín se ampliará en el tema de intervalos de inspección basados en riesgo.

Intervalo de inspección detallada

Una inspección detallada se realiza por recomendación de un inspector cuando se determina en una inspección rutinaria, inspección de inventario o inspección especial, que es necesario ahondar en la evaluación de algún elemento de la estructura, lo cual se debe incluir y justificar en el informe de inspección respectivo. Desde la emisión del informe, la inspección detallada se debe ejecutar en un plazo no mayor a 3 meses. Sin embargo, también se puede realizar a petición de la organización responsable de la gestión del puente en el tiempo que se crea oportuno.

Intervalo de inspección de elementos críticos por fractura

De manera análoga a la inspección rutinaria, el intervalo de inspección de elementos críticos por fractura se determina según las condiciones de riesgo del puente, para lo cual se pueden usar dos métodos: el Método 1 o el Método 2. En el caso de inspecciones de elementos críticos por fractura, el Método 1 contempla únicamente un intervalo máximo de 2 años entre inspecciones. Por otro lado, el Método 2 contempla una evaluación de riesgo más rigurosa en donde el intervalo se determina en función de las necesidades de la estructura. Los niveles de riesgo tienen intervalos de inspección máximos asociados



que no deben exceder 1, 2 o 4 años. En la siguiente sección de este boletín se ampliará en el tema de intervalos de inspección basados en riesgo.

Intervalo de inspección bajo agua

De forma similar a la inspección rutinaria y la inspección de elementos críticos por fractura, el intervalo de las inspecciones bajo agua se basa en las condiciones de riesgo del puente y se puede obtener por medio de dos métodos: el Método 1 o el Método 2. El Método 1 plantea que la inspección debe hacerse en intervalos que no superen los 5 años. Sin embargo, la organización responsable de la gestión del puente puede definir puentes cuyo intervalo no supere los 3 años en casos de identificar condiciones de riesgo como indicios que las subestructuras bajo agua están en malas condiciones, inestabilidad hidráulica o deficiencias con un grado de severidad alto. Por otro lado, el Método 2 contempla una evaluación de riesgo más rigurosa en donde el intervalo se determina en función de las necesidades de la estructura. Los niveles de riesgo tienen intervalos de inspección máximos asociados que no deben exceder 3, 5 o 6 años. En la siguiente sección de este boletín se ampliará en el tema de intervalos de inspección basados en riesgo.

Intervalo de inspección especial

La inspección especial se realiza en un intervalo a discreción de la organización responsable de la gestión del puente o bien, cuando se indique su ejecución en un informe de inspección rutinaria, detallada o de elementos críticos por fractura, cuando se requiera monitorear el puente o un daño puntual, o para atender una notificación de daño. En el caso de monitoreo de daño en un elemento específico, el intervalo entre inspecciones especiales se define con base en la severidad del daño y la amenaza que este representa para la seguridad estructural y funcional del puente.

Intervalo de inspección por eventos extremos

Como se mencionó anteriormente, el MP-2020 define dos tipos de inspección por eventos extremos, y para cada tipo se establece un plazo máximo para realizar la inspección. La inspección por eventos extremos 1 se debe realizar en un plazo no mayor a 7 días naturales después del evento desencadenante

de posibles daños. Por otro lado, la inspección por eventos extremos 2 se debe realizar en los puentes priorizados de acuerdo con la inspección por eventos extremos 1 y en un plazo no mayor a un mes después de que se presentó el evento extremo.

Intervalo de inspección básica

Esta inspección se lleva a cabo cuando el intervalo de inspección rutinaria se amplía a periodos mayores a 2 años. En estos casos se debe realizar una inspección básica a la mitad del intervalo definido.

Intervalos de inspección basados en riesgo

La determinación de un intervalo de inspección basado en riesgo considera una serie de criterios y procedimientos con el propósito de hacer un uso más eficiente de los recursos disponibles para las inspecciones, ya que se busca enfocar los esfuerzos de inspección en las estructuras que más lo necesitan. Para ello, se consideran aspectos como: tipo de estructura, edad, condición, importancia, ambiente, cargas y problemas previos (TRB, 2014).

De forma general, el intervalo de inspección se determina a partir del siguiente proceso de tres pasos establecido en el Reporte NCHRP 782 (TRB, 2014):

1. Se debe identificar posibles modos de daño de los elementos según el tipo de puente seleccionado. Luego, tomando en cuenta características de la estructura en cuanto a diseño, cargas y condición, se categoriza la probabilidad de daño serio en uno de cuatro factores de ocurrencia, o OFs (*"occurrence factors"*, por sus siglas en inglés), los cuales van de 1-remoto (muy poco probable) a 4-alto (muy probable).
2. Se evalúan las consecuencias en términos de seguridad y nivel de servicio, asumiendo que el modo de daño ocurre. Así, se categorizan las posibles consecuencias en uno de los cuatro factores de consecuencia, o CFs (*"consequence factors"*, por sus siglas en inglés), los cuales van de 1-bajo (efectos menores en nivel de servicio) a 4-severo (por ejemplo, colapso del puente o pérdida de vidas).
3. Usando una matriz 4x4 (ver Figura 10) se priorizan las necesidades de inspección y se asigna un

Factor de ocurrencia	4	III	II	II	I
	3	III	III	II	II
	2	IV	IV	III	II
	1	V	IV	III	III
	/	1	2	3	4
Factor de consecuencia					

Figura 10. Matriz de riesgo para determinar intervalos máximos de inspección
Fuente: TRB, 2014

intervalo de inspección para el puente con base en los resultados de los pasos 1 y 2. A partir de esta matriz, conocida como matriz de riesgo, se obtiene una categoría de riesgo para el puente. Los intervalos correspondientes a cada categoría de riesgo se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Intervalos máximos de inspección según categoría de riesgo
Fuente: TRB, 2014

Categoría de riesgo	Intervalo máximo de inspección
I	12 meses o menos
II	24 meses
III	48 meses
IV	72 meses
V	96 meses

Como se mencionó previamente, el enfoque basado en riesgo solamente es aplicable a inspecciones rutinarias, inspecciones de elementos críticos por fractura e inspecciones de elementos bajo agua. Es importante aclarar que el MP-2020 solamente permite extender el intervalo de inspecciones hasta 48 meses (4 años) en el caso de inspecciones rutinarias e inspecciones de elementos críticos por fractura, y hasta 72 meses (6 años) en el caso de inspecciones bajo agua.

En caso de que se requiera profundizar más en este tema, se sugiere la lectura del Reporte NCHRP 782 (TRB, 2014), donde se explica con mayor detalle el procedimiento para determinar el intervalo de inspección basado en riesgo.

Comentarios finales

A partir de la información mostrada en este boletín, ha quedado en evidencia la importancia de contar con lineamientos claros para la ejecución regular y oportuna de diferentes tipos de inspecciones de puentes, ya que esto permite la obtención de información actualizada, necesaria para la toma de decisiones y la maximización de la eficiencia de los recursos disponibles para la atención de puentes en servicio. El nuevo Manual de Puentes de Costa Rica (MP-2020), cuya oficialización aún está pendiente por parte del MOPT, busca solventar esta necesidad, al especificar y describir las actividades necesarias para lograr implementar un sistema de gestión de puentes en el país.

En este nuevo manual se hizo una revisión y actualización de los lineamientos existentes a nivel nacional en el tema de tipos e intervalos de inspección, y se incorporó nueva información a partir de referencias internacionales. Como parte de las nuevas disposiciones, el MP-2020 incluye la posibilidad de determinar los intervalos de inspección basados en riesgo para las inspecciones rutinarias, inspecciones de elementos críticos por fractura e inspecciones bajo agua. Esta metodología consiste en una evaluación de riesgo más rigurosa en donde el intervalo se determina en función de la condición de la estructura, con el fin de dirigir los recursos de inspecciones a donde más se necesiten. Así, el MP-2020 incorpora nuevos estándares nacionales a partir de metodologías ampliamente aceptadas como el reporte NCHRP 782 (TRB, 2014). [En la Parte 2 de este boletín](#) se realiza una comparación entre las nuevas disposiciones del MP-2020 con los antecedentes nacionales de CONAVI (2015), así como la práctica de Estados Unidos establecida en las referencias de FHWA (2022) y AASHTO (2018).

Es importante mencionar que, una vez que el MP-2020 sea oficializado y transcurra el período transitorio, las disposiciones en lo que respecta a tipos e intervalos de inspección pasarán a ser obligatorias. Por lo tanto, es de gran importancia generar capacidad a nivel país para realizar los distintos tipos de inspecciones de puentes en servicio en los intervalos que establece el manual. Algunas posibles medidas para generar esta capacidad fueron discutidas en un [boletín anterior](#) (Johanning & Castillo, 2021). Entre ellas se puede mencionar el fortalecimiento del CONAVI con el fin de que pueda realizar un porcentaje de las

inspecciones con personal propio, así como fomentar la participación de la empresa privada en el ámbito de inspección de puentes en servicio.

En próximos boletines se profundizará en otros temas de gran relevancia que son tratados dentro del MP-2020, específicamente el programa de capacitación de inspectores de puentes, así como el control y aseguramiento de la calidad de inspecciones de puentes.

Bibliografía

- AASHTO. (2018; 2020). *The Manual for Bridge Evaluation (3rd Edition), with 2019 and 2020 Interim Revisions*. Washington, D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- Barker, R. M. & Puckett, J. A. (2013). *Design of Highway Bridges. An LRFD Approach (Third Edition)*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Collins Engineers. (2015, 21 de diciembre). *Underwater Bridge Inspection Services*. Collins Engineers, Inc. Disponible en: <https://www.collinsengr.com/transportation-engineering/specialized-inspection-services/underwater-bridge-inspection-services/>
- CONAVI. (2015). *Actualización del Inventario técnico de los puentes de la Red Vial Nacional por medio del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP)*. Código 01-02-01-06-v1.
- FHWA. (2022). *National Bridge Inspection Standards (NBIS)*. Code of Federal Regulations, Title 23, Part 650, Subpart C. Disponible en: <https://www.federalregister.gov/documents/2022/05/06/2022-09512/national-bridge-inspection-standards#h-109>
- Johanning, D. & Castillo, R. (2021). *Participación de la empresa privada y las universidades en la inspección de puentes en servicio en Estados Unidos y Costa Rica*. Boletín Estructuras N° 1, Volumen 6, Año 2021. Disponible en <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/handle/50625112500/2269>
- La Nación (2014, 1 de marzo). *Tragedia de bus en puente colgante queda sin castigo*. Diario la Nación. Disponible en: <https://www.nacion.com/sucesos/accidentes/tragedia-de-bus-en-puente-colgante-queda-sin-castigo/VSL4XFTHUVGWBISHE5JTU3RSZA/story/>
- Madrigal, L. M. (2015, 31 de julio). *CONAVI reabre el Puente La Alegría sobre el río Turrialba, afectado tras fuertes lluvias*. El Mundo CR. Disponible en: <https://elmundo.cr/costa-rica/conavi-reabre-el-puente-la-alegria-sobre-el-rio-turrialba-afectado-tras-fuertes-lluvias/>
- TRB. (2014). *NCHRP Report 782: Proposed Guideline for Reliability-Based Bridge Inspection Practices*. Washington, DC: National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board. Disponible en: <https://www.trb.org/Publications/Blurbs/171448.aspx>

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

PIE Programa de
Ingeniería Estructural

Ing. Alexander Oviedo Campos

Ing. Daniel Johanning Cordero

Ing. Francisco Rodríguez Bardía

Ing. Guillermo Santana Barboza, Ph.D, Asesor

*Ing. Julian Trejos Villalobos, M.Sc. y M.Eng.,
Coordinador Unidad de Puentes*

Ing. Luis Guillermo Vargas Alas

Ing. Rolando Castillo Barahona, Ph.D, Coordinador General

Ing. Sergio Álvarez González

Ing. Yi Cheng Liu Kuan, M.Sc

CENTRO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

Diagramación, diseño y control de calidad: Licda. Daniela Martínez Ortiz / Óscar Rodríguez Quintana

Tipos e intervalos de inspecciones de puentes en servicio. Parte 1: Lineamientos definidos en el nuevo Manual de Puentes de Costa Rica (MP-2020) / Diciembre, 2022

Palabras clave: inspección de puentes, gestión de puentes, puentes en servicio, tipos de inspección, intervalos de inspección, Manual de Puentes de Costa Rica, MP-2020.

 **(506) 2511-2500**

 **direccion.lanamme@ucr.ac.cr**

 **Código Postal 11501-2060**

 **www.lanamme.ucr.ac.cr**