

# **Documentación técnica para inspeccionar las estructuras de puentes existentes y a construir desarrollada para el organismo de inspección ITP**

**ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN  
CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DEL PROYECTO DE GRADUACIÓN**

**Documentación técnica para inspeccionar las estructuras de puentes existentes y a  
construir desarrollada para el organismo de inspección ITP**

Llevado a cabo por la estudiante:

Muñoz Mora Jessica Gabriela

Carné:

2016068010

Proyecto de Graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador el jueves 23 de marzo de 2023 como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

En fe de lo anterior firman los siguientes integrantes del Tribunal evaluador:

GIANNINA  
ORTIZ  
QUESADA  
(FIRMA)

Firmado digitalmente por  
GIANNINA ORTIZ  
QUESADA (FIRMA)  
Fecha: 2023.03.24  
10:12:11 -06'00'

---

Ing. Giannina Ortiz Quesada, MSc.  
Rep/Director de la Escuela

SERGIO  
FERNANDEZ  
CERDAS  
(FIRMA)

Firmado digitalmente  
por SERGIO  
FERNANDEZ CERDAS  
(FIRMA)  
Fecha: 2023.03.28  
06:30:39 -06'00'

---

Ing. Sergio Fernández Cerdas, MSc.  
Profesor Guía

ROMMEL  
LEZING CUEVAS  
KAUFFMANN  
(FIRMA)

Firmado digitalmente  
por ROMMEL LEZING  
CUEVAS KAUFFMANN  
(FIRMA)  
Fecha: 2023.03.27  
13:08:50 -06'00'

---

Ing. Rommel Cuevas Kaufman  
Profesor Lector

MILTON ANTONIO  
SANDOVAL  
QUIROS (FIRMA)

Firmado digitalmente por  
MILTON ANTONIO  
SANDOVAL QUIROS (FIRMA)  
Fecha: 2023.03.23 09:43:30  
-06'00'

---

Ing. Milton Sandoval Quirós, MBA  
Profesor Observador

# Abstract

This project consists of updating the technical documentation related to the inspection of existing bridge structures, prepared by the ITP inspection body. This updated is based on the addition of basic aspects of inspection, the development of a catalog where the damages commonly found in the elements of the structures are typified and the incorporation of an inspection methodology to get a global qualification of the bridges that are evaluated.

In the same way, it includes the development of new tools to be used in the inspection of the construction of bridge structures.

In order to achieve the proposed objectives, a bibliographical review was carried out, the standards applicable to inspection and construction procedures for bridge structures were investigated, and the documentation of the ITP inspection body was consulted.

As a result, guides, checklists and inspection records were developed, as well as an informative theoretical activity to inform about their use. With the implementation of the documentation, the selected activities are intended to be accredited under the INTE-ISO/IEC 17020:2012 Standard.

It can be concluded that, if the ITP inspection body implements the use of the technical documentation developed, it will be able to effectively inspect and control the select evaluation processes, because it allows getting information in the field and, at the same time, verifying compliance with technical specifications.

**Keywords:** Inspection, inspection body, technical documentation, INTE-ISO/IEC 17020:2012 Standard, bridge structures.

# Resumen

El presente proyecto consiste en la actualización de la documentación técnica relacionada con la inspección de las estructuras de puentes existentes, elaborada por el organismo de inspección ITP. Dicha actualización se basa en la inclusión de aspectos básicos de inspección, desarrollo de un catálogo donde se tipifican los daños comúnmente encontrados en los elementos de las estructuras e incorporación de una metodología de inspección para obtener una calificación global de los puentes que se evalúan.

De igual forma, comprende la confección de nuevas herramientas para ser utilizadas en la inspección de la construcción de estructuras de puentes.

Para lograr los objetivos propuestos, se llevó a cabo una revisión bibliográfica, se investigaron las normas aplicables a los procedimientos de inspección y construcción de las estructuras de puentes y se consultó la documentación del organismo de inspección ITP.

Como resultado, se desarrollaron instructivos, listas de verificación y registros de inspección, así como también, una actividad teórica informativa para dar a conocer el uso de estos. Con la implementación de la documentación, se busca que las actividades seleccionadas sean acreditadas bajo la Norma INTE-ISO/IEC 17020:2012.

Se puede concluir que, si el organismo de inspección ITP implementa el uso de la documentación técnica desarrollada, podrá inspeccionar y controlar de manera efectiva los procesos de evaluación seleccionados, porque con la documentación se obtiene información en campo y al mismo tiempo se verifica el cumplimiento de las especificaciones técnicas.

**Palabras clave:** Inspección, organismo de inspección, documentación técnica, Norma INTE-ISO/IEC 17020:2012, estructuras de puentes.

# **Documentación técnica para inspeccionar las estructuras de puentes existentes y a construir desarrollada para el organismo de inspección ITP**

JESSICA GABRIELA MUÑOZ MORA

Proyecto final de graduación para optar por el grado de  
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Marzo del 2023

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

# Contenido

Prefacio .....	1
Resumen ejecutivo.....	2
Introducción.....	3
Objetivos .....	4
Marco teórico .....	5
Metodología .....	18
Resultados .....	27
Análisis de resultados .....	49
Conclusiones.....	62
Recomendaciones .....	63
Apéndices .....	64
Referencias.....	65

# Prefacio

Al realizar actividades de inspección, es necesario cumplir con la normativa nacional e internacional. Las certificaciones tipo ISO se vuelven esenciales para las empresas y más aún para los organismos de inspección, ya que a partir de ellas se verifica la calidad y veracidad de sus trabajos y resultados.

Actualmente, el organismo de inspección ITP no cuenta con las actividades de evaluación de las estructuras de puentes existentes y a construir acreditadas, por lo que se vuelve un impedimento para participar a nivel nacional e internacional como organismo capaz de ofrecer este tipo de servicios.

Al obtener una acreditación bajo la Norma INTE-ISO/IEC 17020:2012, el organismo no solo amplía los servicios que ofrece, sino que también a partir de esta, se certifica que las actividades se realizan de forma rigurosa, garantizando la calidad en sus procedimientos y la confiabilidad de los resultados que se obtienen.

Dentro de este contexto, el objetivo principal del proyecto es desarrollar la documentación técnica para la inspección de las estructuras de puentes existentes y a construir que utilizará el organismo ITP para ser acreditado bajo la Norma INTE-ISO/IEC 17020:2012.

## Agradecimientos

Se agradece profundamente a Dios. A mis padres, por su amor incondicional, esfuerzo y apoyo durante todos estos años y más durante el desarrollo de este proyecto. A mis hermanos, por su amor y acompañamiento.

A mi mejor amigo, Jose Wray, quien me acompañó en todo momento y siempre me brindó su apoyo.

Se agradece a los ingenieros Sergio Fernández Cerdas y Joseth Mora Mata, por brindarme la oportunidad de realizar este proyecto y por toda la ayuda y guía durante el desarrollo del mismo.

# Resumen ejecutivo

El proyecto consistió en actualizar la documentación técnica relacionada con la inspección de las estructuras de puentes existentes, elaborada por el organismo de inspección ITP. Así como también, la confección de nuevas herramientas para ser utilizadas en la inspección de la construcción de estructuras de puentes. Con su implementación se busca que dichas actividades sean acreditadas bajo la Norma INTE-ISO/IEC 17020:2012.

Al revisar la documentación existente del organismo de inspección ITP, se evidenció la necesidad de herramientas de inspección que permitan a los evaluadores contar con información técnica de forma resumida y sistematizada. Además, de herramientas con una estructura sencilla que facilite su uso en las actividades de campo. Entre más clara y concisa es la información que se encuentra en la documentación, será más sencillo para el inspector realizar las actividades sin pasar por alto detalles importantes en la toma de datos, determinación de conformidades y no conformidades o en la evaluación de daños de las estructuras.

Para cumplir con los objetivos del proyecto, inicialmente fue necesario realizar una revisión bibliográfica a cerca de las especificaciones técnicas que actualmente se utilizan a nivel nacional, ya que a partir de estas se determinaría la información a incorporar en la documentación.

Se investigaron distintas fuentes bibliográficas, normas y especificaciones técnicas nacionales como el Manual de inspección de puentes (MOPT, 2007), Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2020 (MOPT, 2020) y el Manual técnico de dispositivos de seguridad y control temporal de tránsito para la ejecución de trabajos en las vías (MOPT, 2015), al igual que documentos internacionales. Esto para ampliar los conocimientos sobre las actividades de inspección seleccionadas y para

determinar los principales lineamientos aplicables a los procesos de inspección.

Una vez recopilada toda la información y establecido la estructura de la documentación técnica, se prosiguió con el desarrollo de esta.

Como resultado, se desarrollaron los instructivos para la inspección de estructuras de puentes, tanto existentes como a construir y el instructivo de medidas de seguridad para este tipo de actividades. También se confeccionaron los registros de inspección para las actividades de construcción e inventario de estructuras de puentes y las listas de verificación concernientes a las actividades de hinca de pilotes, acero de refuerzo, sistemas de contención vehicular para puentes, drenajes, pintura, accesorios de apoyo, pilotes de concreto preexcavados y colados en sitio, juntas impermeabilizantes del agua y encofrado y andamiaje, todas estas referentes a la construcción de puentes.

La última etapa del proyecto fue sobre el desarrollo de la actividad teórica informativa dirigida al personal del organismo de inspección ITP. En ella se aclararon las dudas con relación al uso de la documentación técnica elaborada, aspectos básicos de inspección de puentes y uso de los formularios del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP).

Finalmente, se determinó que, con el uso de los instructivos, listas de verificación y registros de inspección, el organismo podrá inspeccionar y controlar de manera efectiva los procesos de evaluación seleccionados, porque con la documentación se obtiene información en campo y al mismo tiempo se verifica el cumplimiento de las especificaciones técnicas establecidas.

# Introducción

El organismo de inspección, Ingeniería Técnica de Proyectos, ITP S.A., nace en el año 2004 con su inscripción ante el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos. Este organismo se ha encargado de brindar servicios técnicos de alta competencia, oportunos y confiables en el área de ingeniería, además, se ha asegurado de transmitir un compromiso con la calidad, credibilidad y confiabilidad en los servicios que ofrece mediante la obtención de diversas acreditaciones a nivel nacional e internacional.

Actualmente, la alta competitividad ha marcado una pauta sobre la cual diversas entidades, sean públicas o privadas, deben comprometerse para asegurar la capacidad y confiabilidad de los procesos que ejecutan. Para un organismo de inspección, como lo es ITP, es indispensable seguir optando por acreditaciones que garanticen inspecciones rigurosas y exhaustivas, haciendo de su sistema de gestión de calidad eficiente.

Según Grupo ACMS Consultores (2021) los beneficios de obtener una acreditación bajo la Norma INTE-ISO/IEC 17020:2012 son la reducción de riesgos, ya que a partir de un proceso de acreditación el organismo de inspección determina si está realizando su trabajo correctamente y de acuerdo a las normas apropiadas, también, se establece una mejora continua del sistema de gestión de calidad, se mejora la imagen e incrementa la confianza y satisfacción de sus clientes. Asimismo, a partir de la obtención de la acreditación se obtiene un reconocimiento a nivel nacional e internacional que le brinda un aspecto diferenciador a la empresa.

El organismo de inspección ITP, en su proceso de ampliación de venta de servicios y su continua consolidación en el mercado nacional, requiere contar con la acreditación del Ente Costarricense de Acreditación, ECA, para participar a nivel nacional e internacional como organismo capaz de ofrecer servicios, garantizando la calidad en sus procedimientos y

la confiabilidad de los resultados, es por esta razón que se hace necesario el diseño e implementación de los procedimientos técnicos establecidos en la Norma INTE-ISO/IEC 17020:2012.

Además de los beneficios que una acreditación le puede brindar al organismo de inspección ITP, a nivel nacional la red vial puede verse ampliamente beneficiada gracias a una adecuada inspección de las estructuras de puentes existentes y a construir.

Actualmente, en Costa Rica solo se cuenta con la herramienta del Ministerio de Obras Públicas y Transportes, SAEP (Sistema de Administración de Estructuras de Puentes), la cual tiene como finalidad compartir la información técnica e identificar el grado de deterioro de las estructuras. Sin embargo, los elementos que se incluyen en dicho sistema no abarcan toda la estructura y no brinda una calificación global que describa la condición de la estructura de puente.

Teniendo en cuenta el impacto que provoca la obtención de la acreditación para ITP y la generación de información relevante acerca de la condición de las estructuras de puentes a nivel nacional, la finalidad del proyecto es sentar las bases necesarias para la búsqueda de esta autenticación y la creación de nuevas maneras para gestionar adecuadamente las estructuras de puentes.

Se actualizó y elaboró la documentación técnica para realizar las labores de inspección en campo de las actividades seleccionadas, dentro de las cuales se encuentran instructivos, listas de verificación y registros de inspección. Igualmente, se desarrolló una actividad teórica informativa dirigida al personal del organismo de inspección sobre el uso adecuado de la documentación y sobre los aspectos que se deben considerar en los trabajos de evaluación.

Para esto fue necesario consultar la normativa nacional vigente, así como también guías y normas internacionales.

# Objetivos

## Objetivo general

Desarrollar la documentación técnica para la inspección de las estructuras de puentes existentes y a construir que utilizará el organismo ITP para ser acreditado bajo la Norma INTE-ISO/IEC 17020:2012.

## Objetivos específicos

Realizar una revisión bibliográfica sobre los criterios necesarios (normativa, aspectos básicos, actividades, subactividades, equipo, etc.) para llevar a cabo las actividades de inspección seleccionadas.

Revisar la documentación técnica relacionada con la inspección de las estructuras de puentes existentes, desarrollada por el organismo de inspección ITP.

Actualizar la documentación técnica de inspección de las estructuras de puentes existentes desarrollada por el organismo de inspección ITP, para que sea acreditada bajo la Norma INTE-ISO/IEC 17020:2012.

Desarrollar documentación técnica que describa los procedimientos que se deben aplicar para la correcta ejecución de las actividades de inspección de la construcción de las estructuras de puentes, con el fin de que estas sean acreditadas bajo la Norma INTE-ISO/IEC 17020:2012.

Efectuar una actividad teórica informativa sobre las actividades de inspección seleccionadas, dirigida al personal a cargo del proceso de acreditación para dar a conocer los aspectos básicos de inspección y el uso adecuado de la documentación técnica desarrollada.

# Marco teórico

Con el fin de comprender la metodología sobre la cual se basa el desarrollo del proyecto en cuestión, en este capítulo se conceptualizan temas relacionados con la estructura de puentes, su respectiva inspección y la normativa nacional relacionada con la acreditación de organismos de inspección.

## Clasificación de puentes

Según Valenzuela (2008), las estructuras de puentes se pueden clasificar de acuerdo al tipo de estructura, su función y el material principal que las constituyen.

## Clasificación según el tipo de estructura

### Puente

Estructura que permite salvar un accidente geográfico u otro obstáculo físico como lo es un cauce o una extensión de agua como una quebrada, río, canal, lago o bahía. También puede salvar un cañón, un camino o una línea férrea (MOPT, 2007).



**Figura 1.** Puente sobre río.  
**Fuente:** Castillo y Anchía, 2018.

### Paso a desnivel

Su objetivo principal es cruzar una vía existente. Se puede clasificar en paso superior o inferior, si el alineamiento de la nueva carretera cruza sobre la vía existente se denomina paso superior, de lo contrario se denomina paso inferior (MOPT, 2007).



**Figura 2.** Paso a desnivel.  
**Fuente:** Castillo y Anchía, 2018.

### Alcantarilla

Estructuras que poseen de una a cuatro celdas o tramos con forma circular, rectangular u ovalada, además, estas celdas tienen una longitud libre menor a seis metros. Otra característica importante y diferenciadora, es que cuentan con el piso revestido y requieren de aletones, cabezales y delantales que garantizan su adecuado funcionamiento (MOPT, 2007).



**Figura 3.** Alcantarilla de cuadro.  
**Fuente:** Castillo y Anchía, 2018.

## Vado

El vado es una estructura conformada por más de cuatro celdas que permite el paso ininterrumpido de vehículos durante la época seca. Durante la época lluviosa las celas no tienen suficiente espacio que permita pasar el aumento del caudal debido al crecimiento del río, esto provoca que el agua pase sobre la estructura e interrumpa el tránsito vehicular (MOPT, 2007).



**Figura 4.** Vado.  
**Fuente:** Castillo y Anchia, 2018.

## Clasificación según su función

Según su principal función se pueden clasificar como:

- Puente vehicular.
- Puente peatonal.
- Puente ferroviario.
- Puente de servicios.

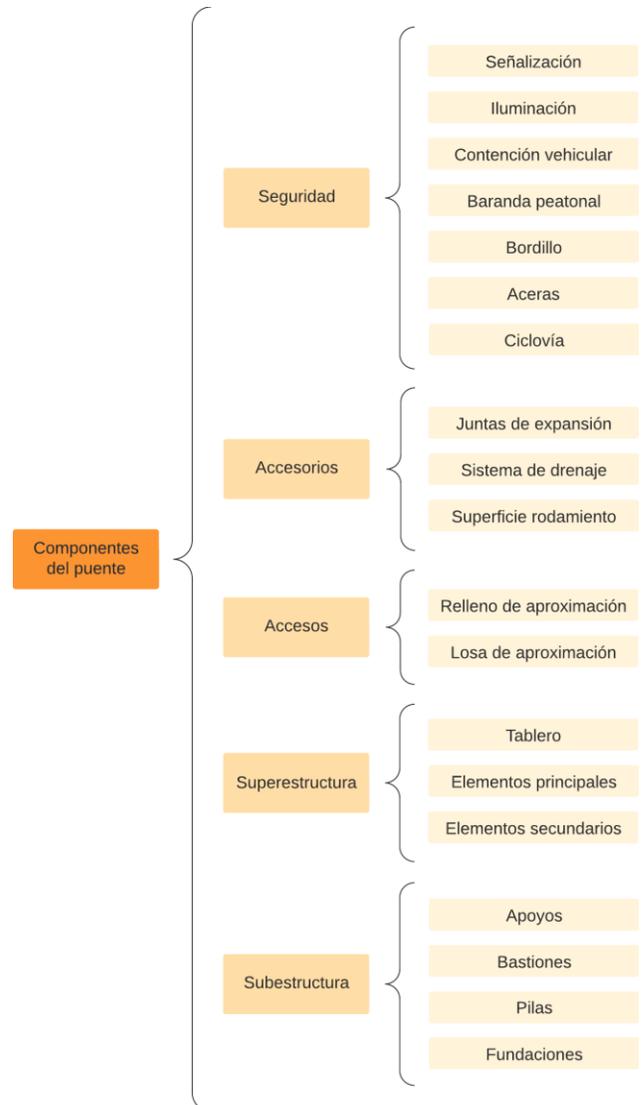
## Clasificación según su material

De acuerdo a los materiales, se pueden encontrar:

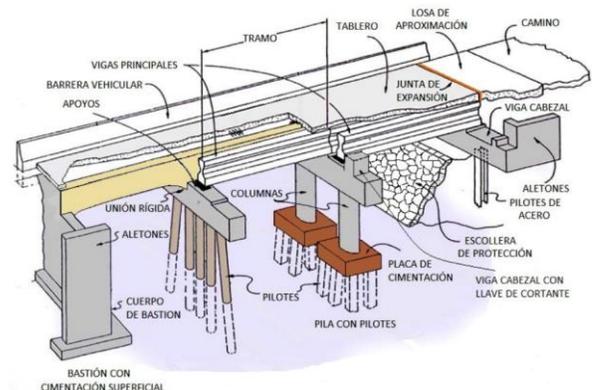
- Puentes de concreto reforzado.
- Puentes de concreto presforzado.
- Puentes de acero.
- Puentes de madera.
- Puentes de mampostería.

## Componentes del puente

En la Figura 5 se establecen los componentes principales de los puentes, de igual forma, en la Figura 6 se pueden observar gráficamente.



**Figura 5.** Componentes y elementos del puente.  
**Fuente:** Elaboración propia, mediante Lucidchart.com.



**Figura 6.** Componentes y elementos del puente.  
**Fuente:** LanammeUCR, 2015.

## Seguridad

Los puentes son elementos clave de la red de infraestructura vial. Debido a sus condiciones particulares, pueden aumentar el riesgo de ocurrencia de accidentes de tránsito. Se vuelve imprescindible conocer los distintos elementos que componen los sistemas de seguridad, con el fin de llevar a cabo evaluaciones adecuadas y con esto garantizar la protección de los usuarios. Dichos elementos son los que se mencionan a continuación.

## Señalización

La señalización vial son todos aquellos signos, demarcaciones y dispositivos instalados en la faja adyacente a las calzadas de las vías o sobre estas. A través de la señalización se indica a los usuarios de la infraestructura vial la forma correcta y segura de transitar por ellas, con el fin de evitar riesgos y disminuir demoras innecesarias (Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones del Gobierno de Chile, 2020).

Dentro de la señalización se encuentran las señales verticales, las cuales pueden ser de reglamentación, prevención o de información. También se puede encontrar en sitio la señalización que indica las restricciones por altura o carga máxima, según el diseño o las condiciones del puente.

Otro tipo de señalización es la demarcación horizontal, la cual puede estar presente en forma de marcas en la superficie de rodamiento con pintura amarilla o pintura blanca según lo que se desee indicar para regular el tránsito.

## Iluminación

Los sistemas de iluminación mejoran significativamente la visibilidad de los conductores. Según Zamora (2012), un puente cuyos accesos no están iluminados generalmente tampoco requieren de iluminación, en el caso de los puentes extensos, estos podrían ser una excepción siempre y cuando se diseñe una transición de luminosidad en los accesos del puente. No es prudente que haya cambios drásticos de luminosidad, ya que el

ojo humano requiere de cierto tiempo para adaptarse a la nueva condición.

En caso de que exista iluminación, se recomienda considerar aspectos como el número de luminarias y su espaciamiento, intensidad y homogeneización de la iluminación, y si cubre la totalidad del puente o únicamente en forma parcial, a partir de esto se puede determinar la calidad del sistema de iluminación (Zamora, 2012).

## Contención vehicular

Los sistemas de contención vehicular tienen como principal función retener y redireccionar los vehículos que salen fuera de control de la vía, procurando limitar los daños y lesiones que puedan ocurrir a los ocupantes del vehículo, a los objetos cercanos a la vía y a otros usuarios, ya sean vehículos y/o peatones que circulan por la carretera (Quirós y Castillo, 2012).

Los sistemas de contención vehicular pueden estar compuestos por cuatro distintos elementos según su función y ubicación dentro de la estructura del puente, los cuales son las barreras de seguridad, la sección de transición, el sistema de bandadas de acceso y los terminales de la barrera.

Los sistemas de bandadas de acceso y terminales se encuentran en los extremos de la estructura del puente, están destinados a proteger a los automovilistas conforme se acerquen o salgan del puente. Estos sistemas deben tener la longitud y las cualidades estructurales adecuadas para contener y redirigir de manera segura al vehículo que impacte dentro de los límites de desaceleración tolerables, dicha redirección debe ser suave, evitando los enganches y minimizando la tendencia de volcamiento de los autos (FHWA, 2002).

Por otro lado, la sección de transición es donde se unen los sistemas de accesos y terminales con las barreras de seguridad. En esta sección se aumenta gradualmente la rigidez para unir un sistema flexible o semirrígido a un sistema rígido o un objeto fijo (FHWA, 2002).

Dentro de las barreras de seguridad se pueden encontrar las barreras medianeras, estas se utilizan para separar los carriles de tráfico opuestos. Por lo general se encuentran en carreteras de accesos limitados y alta velocidad (FHWA, 2002).

## Baranda peatonal

La baranda o pasarela peatonal constituye una guía física para los peatones que cruzan el puente con el objetivo de minimizar la probabilidad de que un peatón caiga por encima del sistema (AASHTO, 2010b).

Este sistema de protección puede estar compuesto por elementos horizontales y/o verticales, siguiendo las especificaciones del fabricante, además de tener una altura mínima de 1060 mm, medidos a partir de la cara superior de la acera (AASHTO, 2010b).

## Bordillo

El bordillo o cordón es un elemento de seguridad que consiste en una grada entre la acera peatonal y la calzada del puente. Su propósito es evitar que los vehículos invadan la acera (Castillo y Anchía, 2018).

## Aceras

Las aceras se definen como el área de la vía pública destinada al uso por parte de los peatones y para que los servicios sean instalados (MOPT, 2020).

## Ciclovía

De acuerdo con el SIECA (como se citó en Acuña, 2016), la vía de las bicicletas o la ciclovía es un espacio designado específicamente para el viaje en bicicleta, sin importar si este fue o no diseñado para el uso exclusivo de bicicletas o es compartido con otros modos de transporte, para ello también se pueden tener otras facilidades como la senda de bicicletas, el carril exclusivo, una vía compartida o la ruta de bicicletas, los cuales se detallan a continuación.

La senda de bicicletas es un tipo de infraestructura en donde los vehículos están prohibidos, sin embargo, este espacio puede compartirse con los peatones. Cuando las sendas forman parte de una carretera o puente, se separan de los carriles por medio de un espacio abierto o baranda (Acuña, 2016).

El carril exclusivo para bicicletas es una fracción de la calzada, espaldón o tablero que se designa para uso de ciclistas. Para diferenciar estos espacios se pinta una línea en la superficie de rodamiento o también se puede utilizar un cordón o bordillo como medio de separación física entre ambos flujos (Acuña, 2016).

Otra facilidad para los ciclistas es la vía compartida, la cual está oficialmente designada y demarcada como ruta de bicicletas, pero que permite el tránsito a los vehículos, por lo tanto, no es un carril exclusivo (Acuña, 2016).

Por último, se tiene la ruta de bicicletas, la cual es un sistema de vías destinado mediante señalamiento apropiado por parte de las autoridades de cada país (Acuña, 2016).

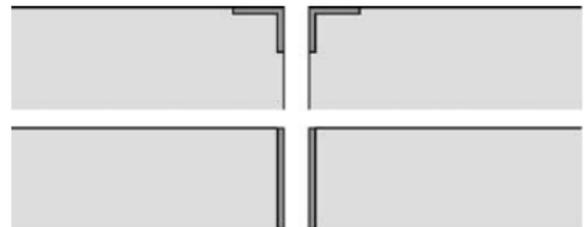
## Accesorios

Estos elementos son vitales para garantizar el buen funcionamiento del puente durante su periodo de servicio. Entre los accesorios se encuentran las juntas de expansión, el sistema de drenaje y la superficie de rodamiento o también conocida como superficie de desgaste.

## Juntas de expansión

Dispositivos instalados en los extremos de la superestructura conectados a la losa. Permiten la traslación y/o rotación de la superestructura debido a cambios de temperatura y a deflexiones que introduce la carga vehicular (Castillo y Anchía, 2018). Dentro de los tipos más comunes, se tienen:

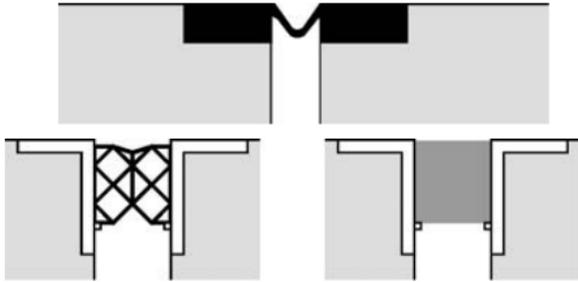
*Juntas abiertas:* No cuentan con alguna conexión, usualmente cuentan con angulares o perfiles de acero previniendo el desprendimiento del concreto en los bordes externos (MOPT, 2007).



**Figura 7.** Juntas de expansión abiertas.

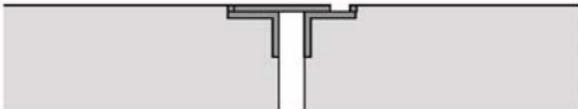
**Fuente:** Ministerio de Transporte de la República de Colombia, 2006.

*Juntas selladas:* Las juntas selladas se dividen en juntas rellenas con un tapajuntas de goma o banda de hule preformado y juntas con sellos comprimidos de neopreno (MOPT, 2007). Ambos tipos de juntas garantizan el relleno de la junta, pero a la vez permiten la impermeabilidad de la misma y el movimiento de la losa.



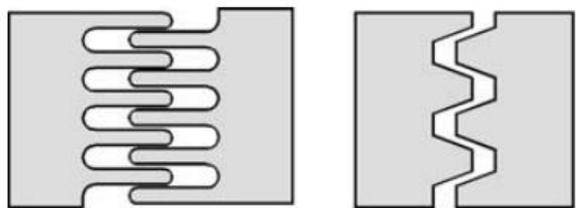
**Figura 8.** Juntas de expansión selladas.  
**Fuente:** Ministerio de Transporte de la República de Colombia, 2006.

*Juntas de placas de acero deslizante:* Este tipo de juntas consisten en una placa de acero anclada a uno de los extremos de la abertura que se desliza permitiendo el movimiento (MOPT, 2007).



**Figura 9.** Junta de expansión de placa deslizante.  
**Fuente:** Ministerio de Transporte de la República de Colombia, 2006.

*Juntas de placas dentadas:* Están compuestas por dos placas de acero en forma de dedos o dientes que se entrelazan dejando un área libre entre sí (MOPT, 2007).



**Figura 10.** Juntas de expansión de placas dentadas.  
**Fuente:** Ministerio de Transporte de la República de Colombia, 2006.

## Sistema de drenaje

De acuerdo con Castillo y Anchía (2018), el sistema de drenaje de las estructuras de puentes permite evacuar el agua de la calzada y aceras. Este sistema lo constituyen elementos de entrada como sumideros y orificios en la losa y elementos de salida como tuberías y bajantes.

## Superficie de rodamiento

Capa superior de la estructura diseñada para soportar las cargas del tránsito, resistir el deslizamiento de los vehículos y la abrasión que ellos producen, así como el intemperismo (MOPT, 2020). Provee una superficie plana para el tránsito confortable de los usuarios. Esta superficie puede ser construida de materiales como asfalto o concreto.

## Accesos

Los accesos son los componentes que sirven de transición entre el puente y la carretera. Los elementos principales son el relleno y la losa de aproximación.

## Relleno de aproximación

Es el material seleccionado que se coloca detrás de los bastiones para alcanzar la elevación del terreno frente al puente para la construcción de la losa de aproximación (Castillo y Anchía, 2018).

## Losa de aproximación

Elemento de concreto reforzado construido en los accesos que cuenta con la misma elevación que la carretera para permitir el acceso al puente. La losa de aproximación se utiliza para evitar que un posible asentamiento del relleno de aproximación afecte el ingreso de vehículos al puente (Castillo y Anchía, 2018).

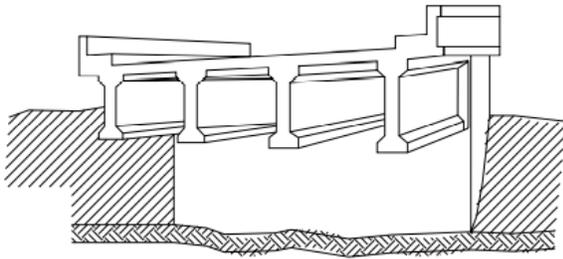
## Superestructura

La superestructura es el componente estructural que se encarga de recibir de forma directa la carga de los vehículos que circulan por el puente. Las cargas pueden transmitirse a través de tensión, compresión, flexión o una combinación de estas tres (FHWA, 2002).

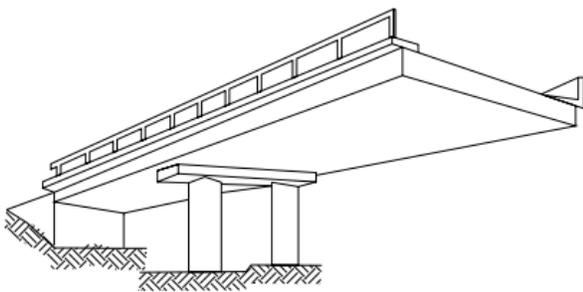
Existen cuatro tipos de superestructura: viga, cercha, arco y suspendida o soportada por cables (colgante y atirantada). A continuación, se detalla cada una de estas.

## Superestructura de vigas

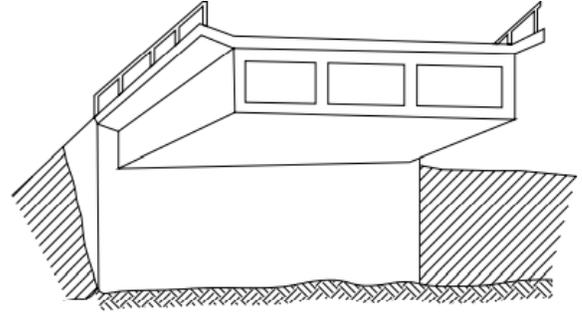
Los puentes tipo viga transmiten las cargas de la superestructura a la subestructura de forma vertical (FHWA, 2002). Algunos ejemplos de estos puentes son puentes tipo viga I, viga doble T, viga tipo losa, viga tipo cajón y marco rígido.



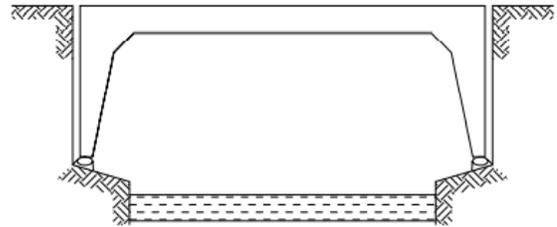
**Figura 11.** Puente tipo viga I.  
**Fuente:** Ministerio de Transportes y Comunicaciones de la República de Perú, 2006.



**Figura 12.** Puente viga tipo losa.  
**Fuente:** Ministerio de Transportes y Comunicaciones de la República de Perú, 2006.



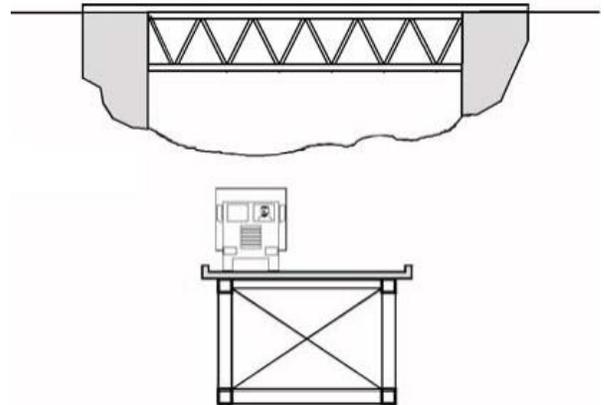
**Figura 13.** Puente viga tipo cajón.  
**Fuente:** Ministerio de Transportes y Comunicaciones de la República de Perú, 2006.



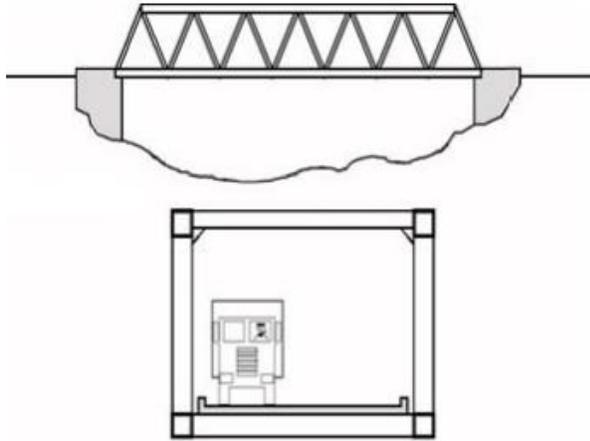
**Figura 14.** Puente tipo marco rígido.  
**Fuente:** Ministerio de Transportes y Comunicaciones de la República de Perú, 2006.

## Superestructura de cercha

Incluyen cuerdas, elementos verticales y diagonales que soportan principalmente cargas de compresión y tensión axial (FHWA, 2002). Los hay de dos tipos, cuando el paso vehicular se sitúa por encima de la estructura de cercha, los cuales se denominan cercha paso superior y cuando el paso vehicular se da por debajo de la estructura de cercha, conocidos como cercha paso inferior.

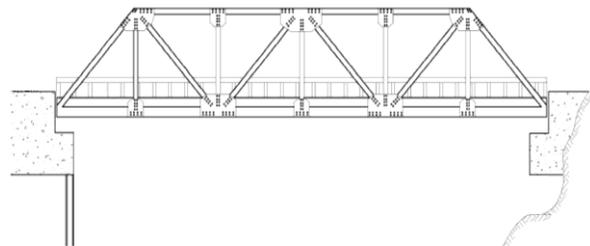


**Figura 15.** Cercha paso superior.  
**Fuente:** Ministerio de Transporte de la República de Colombia, 2006.



**Figura 16.** Cercha paso inferior.  
**Fuente:** Ministerio de Transporte de la República de Colombia, 2006.

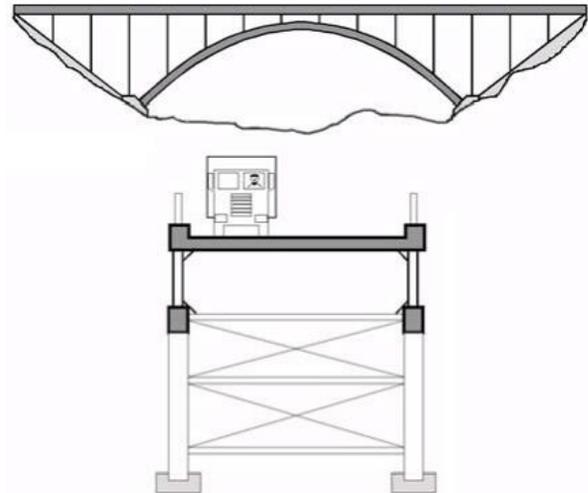
Además de la cercha paso inferior y paso superior, también se pueden encontrar las cerchas de media altura. Este tipo de estructura de puente es una cercha de paso inferior sin ningún sistema de arriostamiento superior y a nivel nacional son conocidas como el puente provisional modular lanzable tipo “Bailey” y el puente permanente tipo “Pony” (MOPT, 2007).



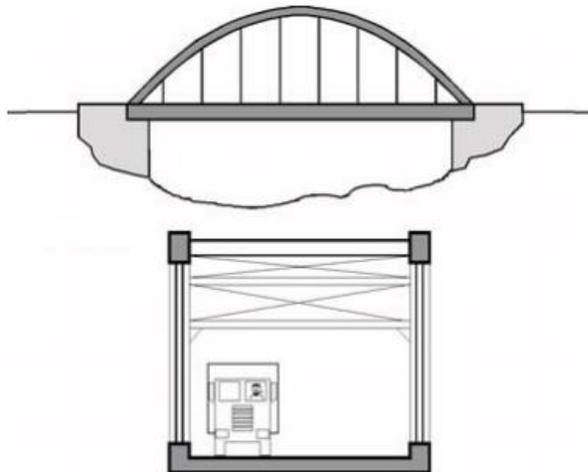
**Figura 17.** Cercha de media altura.  
**Fuente:** Ortiz, 2022.

## Superestructura de arco

En el caso de los puentes tipo arco, las cargas son transmitidas hasta la subestructura de forma diagonal y los elementos trabajan en compresión pura (FHWA, 2002). Al igual que los puentes tipo cercha, en el caso del tipo arco también se aplica el concepto de paso superior y paso inferior.



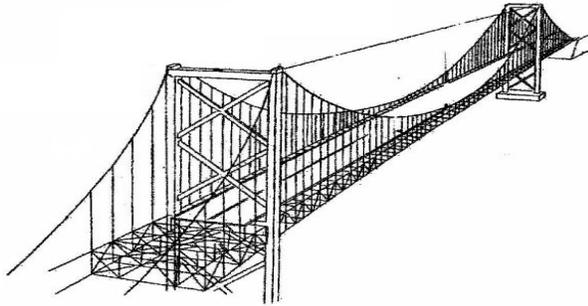
**Figura 18.** Arco paso superior.  
**Fuente:** Ministerio de Transporte de la República de Colombia, 2006.



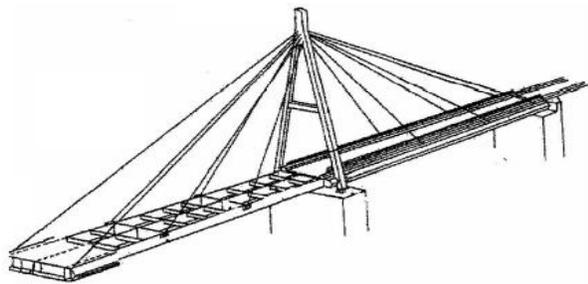
**Figura 19.** Arco paso inferior.  
**Fuente:** Ministerio de Transporte de la República de Colombia, 2006.

## Superestructura suspendida

Las cargas aplicadas a la superestructura son resistidas por cables los cuales actúan en tensión. Las fuerzas de los cables son transmitidas a la subestructura por medio de los anclajes y las torres (FHWA, 2002). Pueden ser colgantes o atirantados.



**Figura 20.** Puente colgante.  
Fuente: MOPT, 2007.



**Figura 21.** Puente atirantado.  
Fuente: MOPT, 2007.

Independientemente del tipo de superestructura, este componente estructural está constituido por el tablero, los elementos principales y los elementos secundarios. Estos elementos se describen a continuación.

## Tablero

En el Manual de Inspección de Puentes (MOPT, 2007), se define como la plataforma sobre la cual circula la carga vehicular. Su propósito es proporcionar una superficie de circulación suave y segura para el tráfico. Este componente transfiere la carga viva y la carga muerta de él mismo a la superestructura, a través de un sistema de piso o en algunos casos, estas cargas se distribuyen directamente a los soportes del puente.

Se pueden encontrar tableros como losas de concreto, sistema de rejillas de acero, sistema de láminas de acero o un sistema de tabloncillos de madera (Castillo y Anchía, 2018).

## Elementos principales

Soportan las cargas transferidas a ellos por medio del tablero, de igual forma, transmiten los esfuerzos

resultantes hacia la subestructura a través de los apoyos (MOPT, 2007).

Dentro de los elementos principales se pueden nombrar las vigas de concreto o acero, arcos de mampostería, concreto o acero, cerchas, cables, anclajes y torres.

## Elementos secundarios

Distribuyen las cargas, proporcionan rigidez lateral y torsional restringiendo las deformaciones de los elementos principales, gracias a esto, mejora el comportamiento de la superestructura (MOPT, 2007).

Dentro de los elementos secundarios se encuentran los diafragmas, sistemas de arriostramiento (superior e inferior), vigas transversales y largueros de piso.

## Subestructura

Formada por los elementos estructurales que soportan el peso propio, las cargas sísmicas y las cargas transmitidas por la superestructura y las cargas que a estas se aplican (FHWA, 2002).

La subestructura se divide en apoyos, bastiones, pilas y fundaciones.

## Apoyos

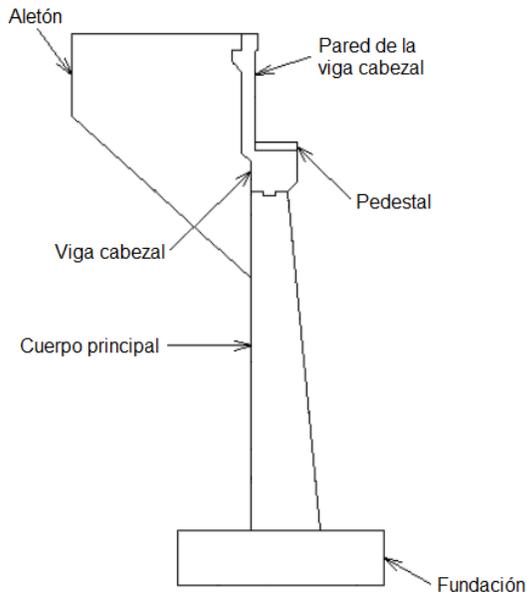
Se pueden definir como sistemas mecánicos que unen la superestructura y la subestructura, además, transmiten las cargas de una a la otra. Se pueden clasificar como elastoméricos, expansivos, pot o disco y fijos.

Permiten el movimiento longitudinal de la superestructura, ya sea por expansión o contracción por temperatura, y permiten la rotación causada por la carga muerta o viva (Ortiz, 2021).

## Bastiones

Es un elemento que soporta las cargas transmitidas por la superestructura y la presión del suelo introducida por el relleno de aproximación. Se ubica en los extremos del puente (Castillo y

Anchía, 2018). En la siguiente figura se pueden observar los elementos del bastión.

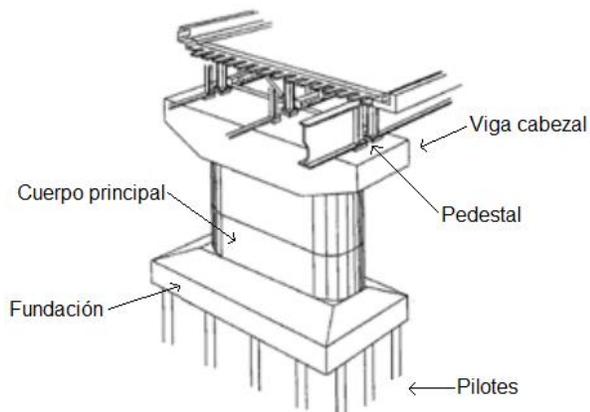


**Figura 22.** Elementos de un bastión.  
**Fuente:** Castillo y Anchía, 2018.

## Pilas

Las pilas son estructuras que sirven como soporte intermedio a lo largo del puente, estas estructuras pueden o no estar presentes y si lo están, se encuentran entre los bastiones.

A diferencia de los bastiones, las pilas no necesariamente resisten la presión del suelo (Castillo y Anchía, 2018). En la siguiente figura se pueden observar los elementos de la pila.



**Figura 23.** Elementos de una pila.  
**Fuente:** Castillo y Anchía, 2018.

## Fundaciones

Las fundaciones son el elemento estructural del bastión y la pila que sirven como soporte del puente. Su principal función es transmitir las cargas al suelo sin que se llegue a superar la capacidad de soporte del suelo (Castillo y Anchía, 2018).

Las fundaciones o también denominadas cimentaciones se clasifican en cimentaciones superficiales y cimentaciones profundas

Las cimentaciones superficiales, como son las placas de concreto aisladas, transfieren las cargas al suelo existente directamente debajo de ellas. Por otro lado, las cimentaciones profundas, como son las placas de concreto que se apoyan sobre pilotes hincados o colados en sitio, transfieren las cargas a un estrato de suelo más profundo con una capacidad de soporte apropiada (Castillo y Anchía, 2018).

## Inspección

El objetivo de una inspección de puentes es recopilar datos sobre el estado y deterioro en los diferentes componentes y elementos que constituyen este tipo de estructuras.

Una inspección también puede abarcar las evaluaciones de procesos constructivos, calidad de materiales, productos o servicios.

Según la Dirección General de Carreteras (2012), una inspección debe tener las siguientes características:

- **Objetiva:** Debe ser independiente del inspector que la realice.
- **Homogénea:** La toma de datos debe ser uniforme.
- **Comparable:** Debe permitir la ordenación de prioridades.
- **Fiable:** Debe permitir la detección de todos los deterioros.

## Tipos de inspección

La Administración Federal de Carreteras (FHWA, 2002) distingue cinco tipos de inspecciones, las cuales varían a lo largo de la vida útil del puente según la cantidad y el nivel de detalle de los datos

que resulten necesarios destacar. Cada una de estas se explica a continuación.

## Inspección inicial (de inventario)

Es la primera inspección que se le realiza a una estructura y que se convierte en parte del archivo de la misma. La inspección inicial es una investigación que debe quedar totalmente documentada y se acompaña de una evaluación de la capacidad estructural (FHWA, 2002).

Esta inspección provee todos los datos necesarios para el inventario y evaluación de la estructura. Por otra parte, la misma provee una base de referencia del estado de la condición estructural, como también, la identificación de problemas existentes (FHWA, 2002).

## Inspección rutinaria (periódica)

Son inspecciones que se ejecutan regularmente, consisten en observaciones y/o mediciones que determinan la condición física y funcional del puente, con el fin de identificar cualquier cambio de la condición inicial o la previamente registrada y para garantizar que la estructura satisface las actuales condiciones de servicio (FHWA, 2002).

## Inspección de daño

Se realiza para evaluar el daño estructural que resulta ya sea por factores ambientales o acciones humanas. Una oportuna inspección detallada puede eliminar la necesidad de este tipo de inspección (FHWA, 2002).

El alcance de la inspección será el suficiente como para poder determinar la necesidad de establecer restricciones de carga o la clausura del puente por situación de emergencia y también para determinar la importancia de los trabajos de reparación que se requieran (FHWA, 2002).

## Inspección detallada

Este tipo de inspección se da cuando se requiera identificar ciertas deficiencias de uno o más

elementos de la estructura y que no sean fácilmente detectables usando los procedimientos de la inspección rutinaria. Puede llevarse a cabo con la ejecución de ensayos de campo no destructivos y/u otros ensayos de materiales (FHWA, 2002).

Dependiendo de la magnitud del daño, la inspección puede incluir una evaluación de la capacidad de carga de los elementos afectados. Asimismo, pueden llevarse a cabo ensayos de carga no destructivos para asistir en la determinación de la capacidad estructural del puente (FHWA, 2002).

Las actividades, procedimientos e información recabada en este tipo de inspecciones, deberán documentarse minuciosamente (FHWA, 2002).

## Inspección especial

Es utilizada para monitorear una deficiencia concreta o bien ante la sospecha de su existencia, asimismo, para indagar el estado de la condición de un elemento y la capacidad para el uso de un puente con restricción de cargas (FHWA, 2002).

Este tipo de inspección debe ser llevada a cabo por un ingeniero calificado, el cual estará debidamente informado sobre la naturaleza de la deficiencia y la relación que guarda con respecto al desempeño del puente. La frecuencia de este tipo de inspecciones se basa en la severidad de la deficiencia encontrada (FHWA, 2002).

## Procedimientos de inspección

En la Guía para Inspecciones de Puentes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones de la República de Perú (2006) se asegura que es beneficioso emplear un procedimiento sistemático, lo que quiere decir, seguir una rutina concreta para llevar a cabo las labores de inspección.

Es necesario desarrollar inspecciones documentadas para determinar las necesidades de mantenimiento y brindar recomendaciones prácticas y acciones para corregir defectos o prevenir el incremento de los daños encontrados (Ministerio de Transportes y Comunicaciones de la República de Perú, 2006).

## Inspector

El papel del inspector es proporcionar información completa y detallada sobre el estado del puente después de realizar las actividades de inspección, registrar sus condiciones y deficiencias, advertir de los riesgos cuyas consecuencias pueden perjudicar a los usuarios y la integridad estructural (Ministerio de Transportes y Comunicaciones de la República de Perú, 2006).

## Deberes del inspector

Dentro de los deberes del inspector, se encuentran:

- Organizar la inspección.
- Ejecutar la inspección.
- Preparar el informe pertinente con los resultados debidamente sustentados y justificados.

## Sistema Nacional para la Calidad

### Ley N° 8279

La Ley N° 8279 denominada “Sistema Nacional para la Calidad” entró en vigencia el 21 de mayo de 2002, teniendo como propósito lo que a continuación se describe:

*Establecer el Sistema Nacional para la Calidad (SNC), como marco estructural para las actividades vinculadas al desarrollo y la demostración de la calidad, que facilite el cumplimiento de los compromisos internacionales en materia de evaluación, de la conformidad, que contribuya a mejorar la competitividad de las empresas nacionales y proporcione confianza en la transacción de bienes y servicios. (Ley N° 8279, 2002, p.1)*

## Ente Costarricense de Acreditación

En el Artículo 19 de la Ley N° 8279 se establece la creación del Ente Costarricense de Acreditación (ECA) como entidad pública de carácter no estatal, con personería jurídica y patrimonios propios, el cual es el único competente para realizar los procedimientos de acreditación en lo que respecta a laboratorios de ensayo y calibración, entes de inspección y control, entes de certificación y otros fines (Ley N° 8279, 2002).

Para efectos de esta ley y este documento, se entiende como acreditación el procedimiento mediante el cual el ECA reconoce de manera formal que una entidad es competente para ejecutar tareas específicas según los requisitos de las normas internacionales (Ley N° 8279, 2002).

## Deberes de los entes acreditados

En el Artículo 31 de la Ley N° 8279 se indica que los entes acreditados deben:

- Respetar y aplicar lo dispuesto en los ámbitos de la acreditación concedida, en el acta de compromiso y en el reglamento de acreditación correspondiente.
- Facilitar las evaluaciones de seguimiento, anunciadas y no anunciadas, de la acreditación concedida.
- Respetar los plazos y las condiciones establecidos para la expiración y la posible renovación de la acreditación.

## Normalización

Para el reconocimiento de la normalización, cada 5 años el Poder Ejecutivo concede el reconocimiento como Ente Nacional de Normalización (ENN) a la entidad privada sin fines de lucro que tenga la función principal de “encauzar y dirigir la elaboración de las normas convenientes para el desarrollo socioeconómico nacional, incluso la adopción de normas internacionales y la armonización en ámbitos supranacionales” (Ley N° 8279, 2002, p. 10).

Dicha entidad es el Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO), creado en 1987, reconocido por decreto ejecutivo en 1995 como el Ente Nacional de Normalización y consolidado con la Ley N° 8279.

# Norma INTE-ISO/IEC 17020:2012

La Norma INTE-ISO/IEC 17020:2012 hace referencia a la Evaluación de la conformidad — Requisitos para el funcionamiento de diferentes tipos de organismos que realizan la inspección, y es equivalente a la Norma Internacional ISO/IEC 17020:2012 “Conformity assessment — Requirements for the operation of various types of bodies performing inspection”.

## Objeto y campo de aplicación

Esta norma tiene como objeto y campo de aplicación:

*Contener los requisitos para la competencia de los organismos que realizan inspecciones y para la imparcialidad y coherencia de sus actividades de inspección.*

*Se aplica a los organismos de inspección de los tipos A, B o C, como se define en esta Norma Internacional, y a todas las etapas de inspección. (INTECO, 2012, p. 1)*

## Organismos de inspección

El organismo de inspección se define como el encargado de realizar los trabajos de inspección. Un organismo de inspección puede ser una organización o parte de una organización.

Dentro de los tipos de organismo de inspección que clasifica la norma están, tipo A, tipo B o tipo C. A continuación, se detallan los requisitos que cada uno debe cumplir.

### Tipo A

Debe cumplir los siguientes requisitos:

- Debe ser independiente de las partes involucradas.

- El organismo de inspección y su personal no deben intervenir en el diseño, la fabricación, el suministro, la instalación, la compra, la posesión, la utilización o el mantenimiento de los ítems inspeccionados.

### Tipo B

Debe cumplir los siguientes requisitos:

- Solo debe prestar servicios de inspección a la organización de la que forma parte.
- Las responsabilidades del personal de inspección deben estar claramente separadas de las del personal empleado en otras funciones y esta separación se debe establecer por medio de una identificación organizacional y por los métodos de emisión de informes del organismo de inspección en el seno de la organización matriz
- El organismo de inspección y su personal no deben intervenir en el diseño, la fabricación, el suministro, la instalación, la compra, la posesión, la utilización o el mantenimiento de los ítems inspeccionados.

### Tipo C

Debe cumplir los siguientes requisitos:

- Debe establecer salvaguardas dentro de su organización para asegurar una adecuada segregación de las funciones y responsabilidades entre la inspección y las otras actividades.
- El diseño, fabricación, provisión, instalación, servicio, mantenimiento y la inspección del mismo ítem realizado por un organismo de inspección Tipo C no deben llevarse a cabo por la misma persona

# Documentación técnica

## Instructivo

Documentos que siguen un formato específico donde se describen los lineamientos y las principales actividades que se deben seguir para inspeccionar las diferentes estructuras que componen los puentes, ya sea que estas se encuentren en su proceso constructivo o ya están construidas y en funcionamiento.

## Lista de verificación

Las listas de verificación son una técnica de revisión de actividades por medio de casillas de verificación, utilizada para comprobar de forma sencilla si distintas actividades están completas o se han desarrollado de manera correcta.

## Registro de inspección

Los registros de inspección son documentos donde se recopila información específica de cada inspección que se lleva a cabo. En él se puede incluir la información básica como el nombre e identificación del inspector o inspectores a cargo, la fecha de inspección, la ubicación del proyecto, el equipo utilizado, entre otros.

## Informe de inspección

Documento donde se incluyen todos los resultados y observaciones obtenidos en las actividades de inspección. En él se registra el estado del puente o el avance de la construcción de las diferentes etapas o componentes del mismo.

# Metodología

En este capítulo se explican detalladamente las diferentes etapas que comprendieron el desarrollo del proyecto de graduación, así como las diferentes técnicas y herramientas utilizadas.

## Tipo de investigación

El presente proyecto de graduación se realizó siguiendo dos modalidades de investigación, descriptiva y documental.

Para el primer caso, se indagó la situación del organismo de inspección ITP con respecto al desarrollo de las actividades de inspección de las estructuras de puentes existentes y la inspección de la construcción de las estructuras de puentes. Con el fin de conocer dicha información, se llevó a cabo lo siguiente:

- Reunión con el ingeniero Sergio Fernández Cerdas, Gerente Técnico de ITP, y el ingeniero Joseth Mora Mata, Gestor Técnico Regional de ITP, donde se concretaron las actividades que se requieren acreditar y el desarrollo de la documentación técnica.
- Intercambio de documentación técnica utilizada por el organismo de inspección.
- Análisis de la metodología histórica y la documentación técnica desarrollada por el organismo de inspección.

Ante la situación encontrada sobre el desarrollo de las actividades de inspección seleccionadas, se llevó a cabo el segundo caso de investigación, el cual se refiere a la investigación de tipo documental. Para ello, se realizó una búsqueda sobre la normativa y las especificaciones técnicas relacionadas con el tema en estudio.

A partir de lo anterior, se procedió a elaborar la documentación técnica para el desarrollo adecuado de las evaluaciones en sitio.

## Fuentes de información

La revisión bibliográfica se basó en el estudio y análisis de fuentes de información secundarias, entre las cuales se encuentran documentos de instituciones públicas como: Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2020 (MOPT, 2020), Manual de inspección de puentes (MOPT, 2007), Revisión al manual de inspección de puentes, primera edición 2007 (MOPT, 2014), Manual técnico de dispositivos de seguridad y control temporal de tránsito para la ejecución de trabajos en las vías (MOPT, 2015), Criterios para la guía de aplicación de la norma INTE-ISO/IEC 17020:2012 (ECA, 2021b), entre otros.

De igual forma, se consultaron documentos internacionales tales como: Bridge inspector's reference manual (FHWA, 2002), AASHTO Bridge element inspection guide manual (AASHTO, 2010a), Guía para inspección de puentes (Ministerio de Transporte y Comunicaciones de la República de Perú, 2006), Manual para la inspección visual de puentes y pontones (Ministerio de Transporte de la República de Colombia, 2006), Guía para la realización de inspecciones principales de obras de paso en la Red de Carreteras del Estado (Ministerio de Fomento del Gobierno de España, 2012), etc.

## Metodología aplicada

Se llevaron a cabo cinco etapas, con el objetivo de actualizar y desarrollar la documentación técnica de las actividades de inspección seleccionadas.

El desarrollo de las etapas se dividió en subetapas dependiendo de la actividad de inspección en cuestión. Para el desarrollo de las etapas, inicialmente se estudió la norma INTE-

ISO/IEC 17020:2012, luego se trabajó en las actividades referentes a la inspección de estructuras de puentes existentes.

Seguidamente, el trabajo se concentró en las actividades relacionadas con la inspección de la construcción de estructuras de puentes, al finalizar esta etapa se continuó con las labores concernientes a las medidas de seguridad necesarias para realizar las actividades de evaluación en campo y finalmente, se llevó a cabo la actividad informativa sobre el uso de la documentación técnica desarrollada.

A continuación, se detallan las etapas y subetapas desarrolladas.

## **Lectura y análisis de la Norma INTE-ISO/IEC 17020:2012**

Con la lectura y el análisis de la Norma INTE-ISO/IEC 17020:2012 se pretendía entender y resumir los requisitos más importantes que todo organismo de inspección debe respetar para ser acreditado. También, se estudiaron los criterios de referencia utilizados por el Ente Costarricense de Acreditación (ECA) para la evaluación y acreditación de los organismos de inspección de acuerdo con la norma. Para cumplir con la finalidad de esta etapa, se realizó lo siguiente:

- Lectura y análisis de: Norma INTE-ISO/IEC 17020:2012 Evaluación de la conformidad – Requisitos para el funcionamiento de diferentes tipos de organismos que realizan la inspección (INTECO, 2012).
- Lectura y análisis de: Acreditación de organismos de inspección (ECA, 2021a).
- Lectura y análisis de: Criterios para la guía de aplicación de la norma INTE-ISO/IEC 17020:2012 (ECA, 2021b).
- Desarrollo de un cuadro resumen con los requisitos establecidos en la norma, para garantizar el cumplimiento de la misma en la actualización y desarrollo de la documentación técnica.

## **Inspección de estructuras de puentes existentes**

### **Lectura de especificaciones técnicas nacionales**

El propósito de esta subetapa fue definir aspectos como el equipo y criterios necesarios para llevar a cabo las actividades de inspección, así como también, los datos que se deben recopilar en campo para completar adecuadamente los registros de inspección. Se llevó a cabo lo siguiente:

- Lectura y análisis de: Manual de inspección de puentes (MOPT, 2007).
- Lectura y análisis de: Revisión al manual de inspección de puentes, primera edición 2007 (MOPT, 2014).
- Lectura y análisis de: Recomendaciones para mejorar el manual de inspección de puentes (LanammeUCR, 2016).
- Asistencia a la capacitación teórica: Manual de inspección de puentes (Páez, 2022a).
- Elaboración de esquema sobre aspectos básicos de inspección de estructuras de puentes existentes.
- Desarrollo de esquema sobre datos a recopilar en campo para completar los registros de inspección.

### **Investigación de actividades a inspeccionar**

El principal objetivo de esta subetapa fue comprender las actividades y subactividades que se deben llevar a cabo para inspeccionar cada componente y elemento del puente (seguridad, accesorios, accesos, superestructura y subestructura) y su respectiva detección de daños, siguiendo un orden lógico y las especificaciones técnicas nacionales. Para llevar a cabo lo anterior, se realizó lo siguiente:

- Investigación sobre los procesos de inspección de puentes y sus diferentes componentes y elementos, haciendo uso

- de fuentes de información nacionales e internacionales.
- Lectura y análisis de: Bridge inspector's reference manual (FHWA, 2002).
- Lectura y análisis de: Bridge element inspection guide manual (AASHTO, 2010).
- Asistencia a la capacitación teórica: Conceptos básicos de puentes (Ortiz, 2022).
- Asistencia a la capacitación práctica: Inspección visual puente TEC (Páez, 2022b).
- Confección de esquemas sobre daños típicos encontrados en las estructuras de puentes.

- Actualización de la información relacionada con los componentes y elementos de las estructuras de puentes.
- Incorporación de aspectos básicos de la inspección de estructuras de puentes existentes.
- Creación de un catálogo de daños para inspeccionar cada componente y elemento de las estructuras de puentes, según los daños típicos establecidos anteriormente.
- Establecer una metodología de inspección mediante la cual se pueda determinar el estado o condición de las estructuras de puentes.
- Actualizar los datos que se recopilan en campo para completar los registros de inspección.
- Actualización del código del instructivo a: ITP-II-21 V02 Inspección de estructuras de puentes.

## Revisión de antecedentes históricos de ITP

La finalidad de esta subetapa fue estudiar la documentación técnica desarrollada por el organismo de inspección ITP para inspeccionar las estructuras de puentes existentes y con esto, determinar qué aspectos cumplen con los criterios establecidos en la Norma INTE-ISO/IEC 17020:2012 para su respectiva acreditación.

A partir de dicho estudio, se elaboró un cuadro de cotejo en donde se evidencia el cumplimiento o no de los criterios de la norma y sus respectivas observaciones.

Toda la información se obtuvo por medio del Gestor Técnico Regional, Ing. Joseth Mora Mata, quien se encargó de compartir el instructivo ITP-II-21 V01 Inspección de estructuras de puentes, donde se explica la metodología y los procedimientos de inspección usados por ITP.

## Actualización de la documentación técnica existente

A partir de la lectura y el análisis de la información suministrada por el organismo de inspección ITP y las especificaciones técnicas nacionales e internacionales, se actualizó el instructivo para garantizar su vigencia con respecto a los documentos nacionales. Para ello se realizó lo que a continuación se menciona:

Para la creación del catálogo de daños, inicialmente fue necesario establecer los componentes y elementos que conforman las estructuras de puentes y los daños típicos que se presentan en estas a nivel general, lo cual se realizó en la subetapa anterior denominada "Investigación de actividades a inspeccionar".

Seguidamente, con base en metodologías de inspección internacionales como AASHTO Bridge element inspection guide manual (AASHTO, 2010a), Guía para inspección de puentes (Ministerio de Transporte y Comunicaciones de la República de Perú, 2006), Manual para la inspección visual de puentes y pontones (Ministerio de Transporte de la República de Colombia, 2006) y Guía para la realización de inspecciones principales de obras de paso en la Red de Carreteras del Estado (Ministerio de Fomento del Gobierno de España, 2012), se definieron los daños específicos para cada elemento de las estructuras de puentes, para ello se crearon esquemas en donde se indican cada uno de estos.

Posteriormente, se definió una escala de daño que va desde 0 a 3, siendo 0 la inexistencia de daños en el elemento y 3 el indicativo de un daño grave. Esta escala se define para cada daño establecido.

Con respecto a la metodología de inspección establecida, es importante mencionar que se tomó como referencia la Guía para la

determinación de la condición de puentes de Costa Rica mediante inspección visual (LanammeUCR, 2015), ya que esta reúne criterios estructurales, de seguridad vial, edad y vulnerabilidad ante amenazas sísmicas e hidrológicas.

## Elaboración de la documentación técnica

Esta subetapa consistió en la elaboración de los registros de inspección para la toma de datos en campo. Antes de iniciar con la confección de dichas herramientas, fue necesario realizar los siguientes pasos:

- Estudio de los formularios diseñados por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) para la recopilación de información específica de las estructuras de puentes.
- Comprensión del formato establecido por el organismo de inspección ITP en anteriores herramientas, con el fin de estandarizar la documentación.
- Determinación de la estructura general de los registros de inspección, decidir cuáles secciones se incluyen y el contenido de cada una de ellas, con base en el esquema de datos a recopilar en campo desarrollado.
- Análisis de la documentación e información recopilada para adecuarla al formato de un registro de inspección y que, al mismo tiempo, cumpla con los criterios generales y de evaluación de la Norma INTE-ISO/IEC 17020:2012.

El objetivo de los registros de inspección es recopilar información técnica sobre el estado y el grado de deterioro de las estructuras de puentes para, posteriormente, planificar su mantenimiento o rehabilitación. El mantener un servicio de red vial confiable y seguro, dependerá del uso adecuado, ordenado y objetivo de los registros de inspección, para su elaboración se realizó lo que se detalla a continuación:

- Elección de la herramienta Microsoft Excel, ya que facilita la organización y la agrupación de la información en cuadros,

dependiendo del elemento a inspeccionar.

- Definición de los ítems a inspeccionar en campo, los cuales se dividen en información general del puente, información de la superestructura y subestructura, que a su vez es dividida en bastiones y pilas, e ítems para la inspección de las condiciones del grado de daño de cada componente y elemento de las estructuras de puentes.
- Organización de la información para que cumpla con un orden y una secuencia lógica según las actividades a evaluar en campo.
- Creación de las plantillas para realizar los diferentes esquemas de las estructuras de puentes con sus respectivas dimensiones, daños y notas especiales.
- Integración de los cuadros de contenido en las plantillas de esquemas, con el fin de que funcionen como una lista de verificación a la hora de realizar el levantamiento en sitio.
- Planteamiento del espacio para observaciones, donde el inspector podrá anotar y comentar cualquier inquietud, anomalía o imprevisto que se generen en el desarrollo de las actividades.
- Asignación del código establecido por el organismo de inspección ITP.

## Cambios en la documentación técnica

Al finalizar con el desarrollo de los registros de inspección, estos fueron enviados al Gestor Técnico Regional, Ing. Joseth Mora Mata, para su respectiva revisión y a partir de sus comentarios y observaciones, los registros de inspección se modificaron.

## Creación de una herramienta digital

A partir de la elaboración de la documentación técnica, también se crea una herramienta en Microsoft Excel, pero con la finalidad de que los registros de inspección sean completamente digitales y puedan ser utilizados en sitio con aparatos electrónicos como lo son las tabletas.

Para desarrollar la herramienta digital, se llevaron a cabo los siguientes pasos:

- Creación de una base de datos con toda la información necesaria para completar los registros de inspección. Entre los cuales se encuentran los datos de localización (provincia, cantón y distrito), tipos de estructuras y materiales.
- Elaboración de listas para que el inspector pueda seleccionar la opción que mejor se adecue a las condiciones halladas en sitio.
- Integración de casillas de verificación para la escogencia de una o varias opciones que cumplan con las características de las estructuras de puentes que se inspeccionan.
- Confección de botones para permitir la movilidad del usuario dentro de la herramienta.
- Creación de botones con distintas funciones como guardar e imprimir el documento con los datos obtenidos en campo.

## Inspección de construcción de estructuras de puentes

### Lectura de especificaciones técnicas nacionales

La finalidad de esta subetapa fue definir los lineamientos y las principales actividades que se deben seguir para inspeccionar la construcción de las diferentes estructuras que componen los puentes. Se llevó a cabo lo siguiente:

- Lectura de: Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2020 (MOPT, 2020).
- Análisis específico de la División 550: Construcción de Puentes del CR-2020.
- Selección de subsecciones del manual CR-2020 referentes al proceso de inspección en campo, dejando de lado las etapas de diseño y planificación.

- Confección de esquema sobre las subsecciones del manual CR-2020 seleccionadas.

### Investigación de actividades a inspeccionar

El principal objetivo de esta subetapa fue comprender las actividades y subactividades que se deben llevar a cabo para inspeccionar la construcción de las diferentes estructuras que componen los puentes, siguiendo un orden lógico y las especificaciones técnicas nacionales. Para llevar a cabo lo anterior, se realizó lo siguiente:

- Investigación sobre los métodos y procesos constructivos de las actividades seleccionadas, al igual que, el suministro del equipo y la maquinaria necesaria.
- Estudio de los parámetros de control de calidad y factor de pago.
- Elaboración de esquema sobre aspectos básicos de inspección de construcción de estructuras de puentes.

### Elaboración de la documentación técnica

Esta subetapa consistió en la elaboración del instructivo, las listas de verificación y el registro de inspección para la toma de datos en campo. Antes de iniciar con la confección de dichas herramientas, fue necesario realizar los siguientes pasos:

- Comprensión del formato establecido por el organismo de inspección ITP en anteriores herramientas, con el fin de estandarizar la documentación.
- Determinación de la estructura general de las herramientas, decidir cuáles secciones se incluyen y el contenido de cada una de ellas.
- Análisis de la documentación e información recopilada para adecuarla al formato de las herramientas antes mencionadas y que, al mismo tiempo, cumpliera con los criterios generales y de

evaluación de la Norma INTE-ISO/IEC 17020:2012.

La finalidad del instructivo es contener detalladamente los lineamientos y las especificaciones técnicas que los inspectores deben conocer para realizar las evaluaciones de campo, asimismo, el equipo general y específico de cada actividad. Para elaborar el instructivo, se llevó a cabo lo siguiente:

- El instructivo se desarrolló usando la herramienta Microsoft Word, ya que permite fácilmente el procesamiento del texto.
- Definición de las actividades previas a la inspección.
- Síntesis de las secciones 551 hincas de pilotes, 554 acero de refuerzo, 556 sistemas de contención vehicular para puentes, 561 drenajes en puentes, 563 pintura, 564 accesorios de apoyo, 565 pilotes de concreto preexcavados y colados en sitio, 567 juntas impermeabilizantes del agua y 569 encofrados y andamiaje.
- Establecimiento del equipo general y específico para realizar las distintas actividades de inspección.
- Creación de la subsección correspondiente a los reglones de pago, según lo establecido en el manual CR-2020.
- Elaboración de la guía de inspección, en donde se establecen las principales características de la documentación y su adecuado uso.
- Organización de la información para que cumpla con un orden y una secuencia lógica según las actividades a evaluar en campo.
- Asignación del código establecido por el organismo de inspección ITP.

Para continuar con la elaboración de la documentación técnica, se procedió con el desarrollo de las listas de verificación.

El principal objetivo de las listas de verificación es funcionar como una herramienta sencilla de utilizar, pero que, a partir de su uso, se logre obtener información relevante sobre la conformidad y no conformidad de los ítems inspeccionados en campo. Las listas de

verificación se realizaron como se explica a continuación:

- Resumen de las especificaciones técnicas del manual CR-2020 y organización de las mismas respetando el proceso constructivo de los elementos.
- Redacción de las especificaciones técnicas en forma de preguntas, esto para identificar fácilmente la conformidad (respuesta positiva, "Sí") o la no conformidad (respuesta negativa, "No") de la especificación en cuestión.
- Establecimiento de las opciones "SA" (sí aplica) y "NA" (no aplica) las cuales corresponden a la aplicación o no de la especificación técnica según las características propias del proyecto y para evitar confusiones con la respuesta "No", debido a que puede ser tomada como una no conformidad.
- Planteamiento del espacio para observaciones, donde el inspector podrá anotar y comentar cualquier inquietud, anomalía o imprevisto que se generen en el desarrollo de las actividades. Además, del porqué de la no aplicación o el incumplimiento de alguna o varias especificaciones.
- Asignación del código establecido por el organismo de inspección ITP.

Finalmente, se confeccionó el registro de inspección, el cual se realizó de forma conjunta con el Gestor Técnico Regional, Ing. Joseth Mora Mata. El objetivo de este documento es recopilar información específica de cada inspección para posteriormente proceder con el respectivo pago de los trabajos terminados y aceptados (cumpliendo con las especificaciones técnicas requeridas). Se realizó de la siguiente manera:

- Elección de la herramienta Microsoft Excel, ya que facilita la organización y la agrupación de la información en cuadros, dependiendo del aspecto a evaluar.
- Inclusión del espacio para anotar la información básica del proyecto (nombre del inspector, fecha de la inspección, ubicación, entre otros).
- Elaboración del cuadro referente al pago de las actividades, el cual se divide en descripción, reglón de pago, cantidad,

unidad y por último el espacio de observaciones.

- Incorporación de los espacios destinados para anotar los recursos y el equipo crítico utilizado en las labores de inspección.
- Planteamiento del espacio para indicar la conformidad de las actividades realizadas por parte del ingeniero del proyecto.
- Asignación del código establecido por el organismo de inspección ITP.

## Cambios en la documentación técnica

Al finalizar la elaboración de la documentación técnica, esta fue enviada al Gestor Técnico Regional, Ing. Joseth Mora Mata, para su respectiva revisión y a partir de sus comentarios y observaciones, las herramientas de inspección se modificaron.

## Creación de una herramienta digital

A partir de la elaboración de la documentación técnica, también se crea una herramienta en Microsoft Excel, pero con la finalidad de que el registro de inspección sea totalmente digital y pueda ser utilizado en sitio con aparatos electrónicos como lo son las tabletas.

Para desarrollar la herramienta digital, se llevaron a cabo los siguientes pasos:

- Creación de una base de datos con toda la información necesaria para completar el registro de inspección. Entre los cuales se encuentran los datos de localización (provincia, cantón y distrito), reglones de pago y unidades.
- Elaboración de listas para que el inspector pueda seleccionar la opción que mejor se adecue al proyecto que se inspecciona.
- Confección de botones para permitir la movilidad del usuario dentro de la herramienta.
- Creación de botones con distintas funciones como guardar e imprimir el documento con los datos suministrados por el usuario.

## Elaboración de instructivo sobre medidas de seguridad

El objetivo de este instructivo es describir las medidas de seguridad indispensables para prevenir y contrarrestar cualquier riesgo que pueda atentar contra la integridad del personal y el desarrollo de las actividades de inspección.

Para su elaboración se llevó a cabo lo siguiente:

- Lectura y análisis de: Manual de inspección de puentes (MOPT, 2007).
- Lectura y análisis de: Manual técnico de dispositivos de seguridad y control temporal de tránsito para la ejecución de trabajos en las vías (MOPT, 2015).
- Lectura y análisis de: Bridge inspector's reference manual (FHWA, 2002).
- Lectura y análisis de: Guía para inspección de puentes (Ministerio de Transporte y Comunicaciones de la República de Perú, 2006).
- Lectura y análisis de: Manual para la inspección visual de puentes y pontones (Ministerio de Transporte de la República de Colombia, 2006).
- Lectura y análisis de: Guía para la realización de inspecciones principales de obras de paso en la Red de Carreteras del Estado (Ministerio de Fomento del Gobierno de España, 2012).
- Asistencia a la charla: Control temporal de tránsito para la ejecución de trabajos en las vías (Robles, 2022).
- Creación de esquema con aspectos básicos sobre las medidas de seguridad en las actividades de inspección de estructuras de puentes.
- Elección de la herramienta Microsoft Word, ya que permite fácilmente el procesamiento del texto.
- Determinación de la estructura general del instructivo siguiendo el mismo formato de anteriores herramientas creadas por el organismo de inspección ITP.
- Asignación del código establecido por el organismo de inspección ITP.

## **Actividad teórica informativa**

Con base en la información obtenida en las etapas de investigación y las etapas de desarrollo de la documentación técnica, se preparó la actividad teórica. Para preparar y realizar dicha actividad se ejecutó lo siguiente:

- Síntesis de los aspectos importantes a considerar en las inspecciones de campo.
- Análisis de la documentación técnica desarrollada y herramientas digitales, para su respectiva explicación sobre contenido y uso.
- Desarrollo del material de apoyo para ejecutar la actividad teórica informativa.
- Coordinación, junto con el personal del organismo de inspección, para agendar la actividad.
- Ejecución de la actividad teórica informativa en la fecha establecida.

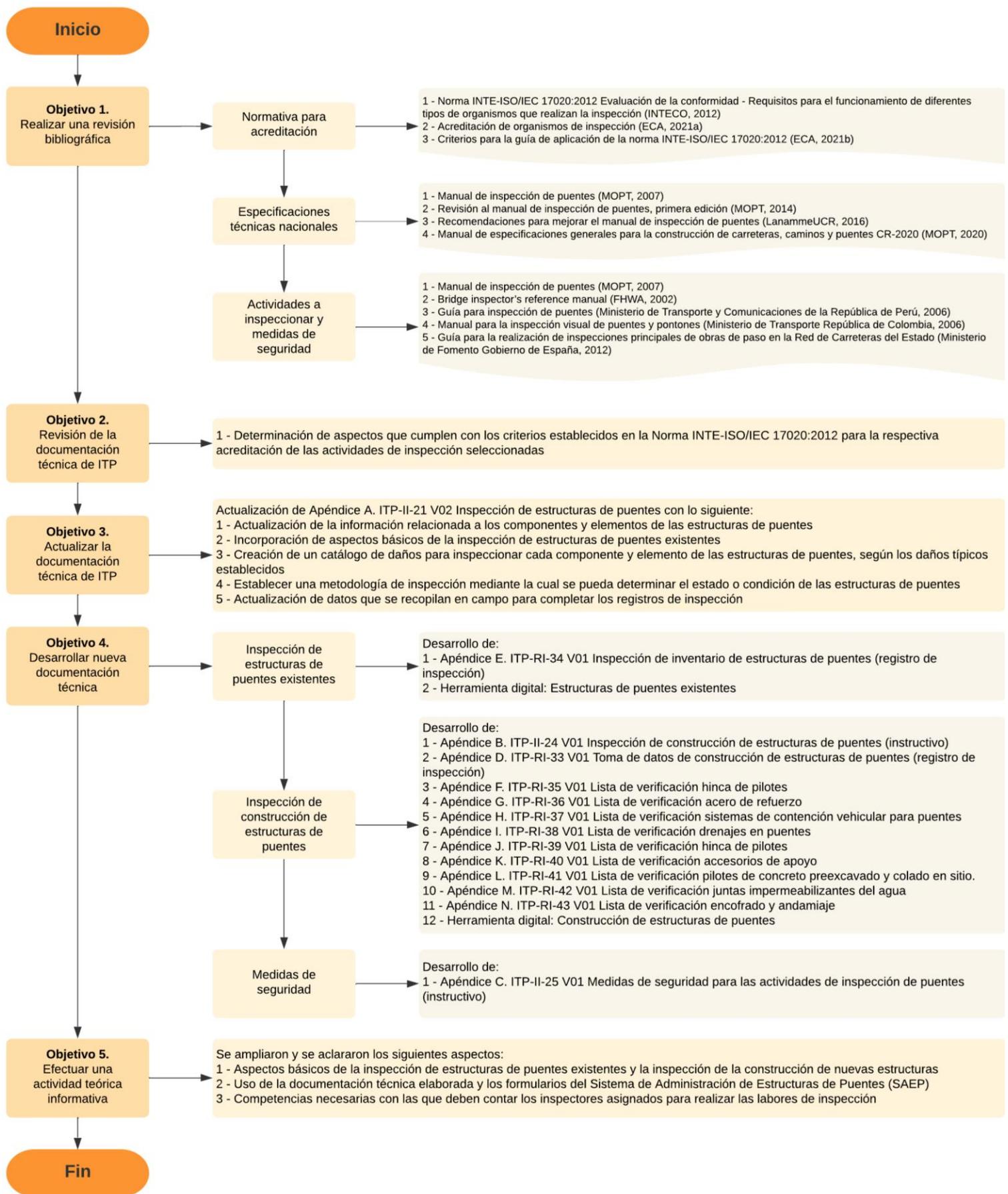


Figura 24. Diagrama de flujo de metodología.

Fuente: Elaboración propia, mediante Lucidchart.com.

# Resultados

Los resultados del proyecto se obtuvieron de acuerdo con lo descrito en el capítulo de Metodología.

## Norma INTE-ISO/IEC 17020:2012

Esta norma contiene los requisitos generales que los organismos de inspección deben seguir para realizar las evaluaciones y para garantizar la imparcialidad y coherencia de sus actividades de inspección.

Puede cubrir actividades como la evaluación de materiales, productos, instalaciones, plantas, procedimientos de trabajos o servicios y la determinación de su conformidad con los requisitos correspondientes.

A partir de la lectura y análisis de la norma, se obtiene información relevante para la inspección de actividades, la cual se aplica para el desarrollo de la documentación técnica. En el Cuadro 1 se detalla dicha información.

## Inspección de estructuras de puentes existentes

### Especificaciones técnicas y actividades a inspeccionar

Como resultado de la lectura de las especificaciones técnicas nacionales y la investigación de las actividades a inspeccionar, se obtuvieron los aspectos que se pueden observar en la Figura 25.

Dentro de los aspectos se encuentran los deberes del inspector, un ejemplo de la secuencia de inspección, ya que esta puede

cambiar dependiendo de las características propias del proyecto y el equipo general a utilizar en las evaluaciones en campo.

Además de lo anterior, también fue importante determinar los datos que se deben recopilar en campo para completar adecuadamente los instructivos y con esto generar un expediente con la información completa de la estructura de puente que se inspecciona. Estos datos se puntualizan en la Figura 26.

Para desarrollar la documentación técnica y crear un catálogo de daños, inicialmente fue necesario establecer los daños típicos que se encuentran en cada componente y elemento de las estructuras de puentes existentes, esta descripción de daños se puede observar en la Figura 27. Los daños encontrados se pueden clasificar como deformaciones, destrucciones y discontinuidades del material, pérdidas de sección, daños en el sistema de protección utilizado según el material, desplazamiento o rotación y contaminación por agentes externos.

### Revisión de antecedentes históricos de ITP

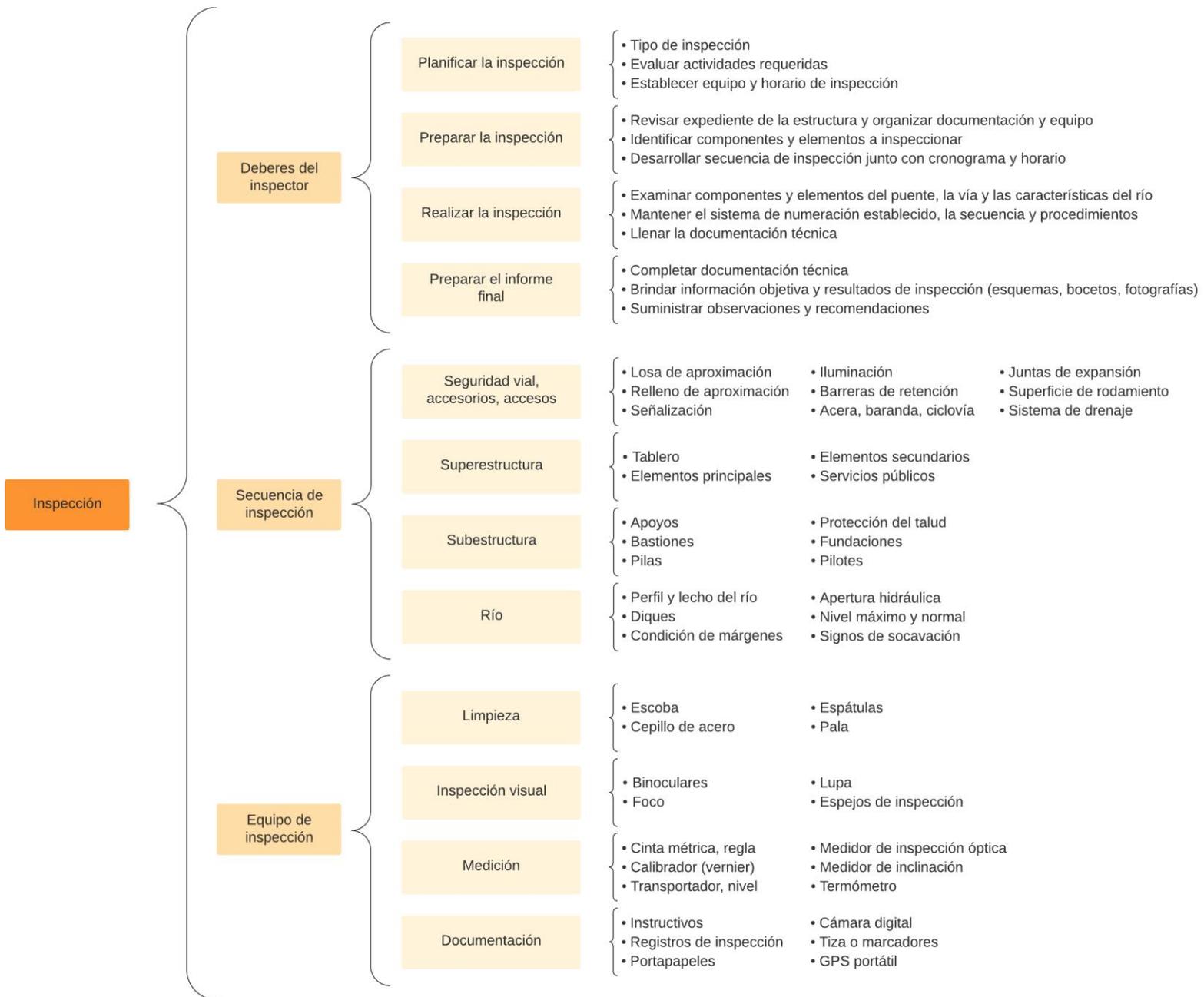
A partir de la revisión efectuada al instructivo Apéndice A. ITP-II-21 V02 Inspección de estructuras de puentes, con respecto a los requerimientos establecidos en la Norma INTE-ISO/IEC 17020:2012, se elaboró un cuadro de cotejo donde se evidencia el cumplimiento o no de los criterios de la norma, además, en la sección de observaciones se muestran aspectos de mejora a implementar en el documento o en la elaboración de nuevas herramientas. Todo esto para proceder con su debida actualización.

Lo mencionado anteriormente se puede observar en el Cuadro 2.

## Cuadro 1. Resumen de los requisitos de la norma INTE-ISO/IEC 17020:2012

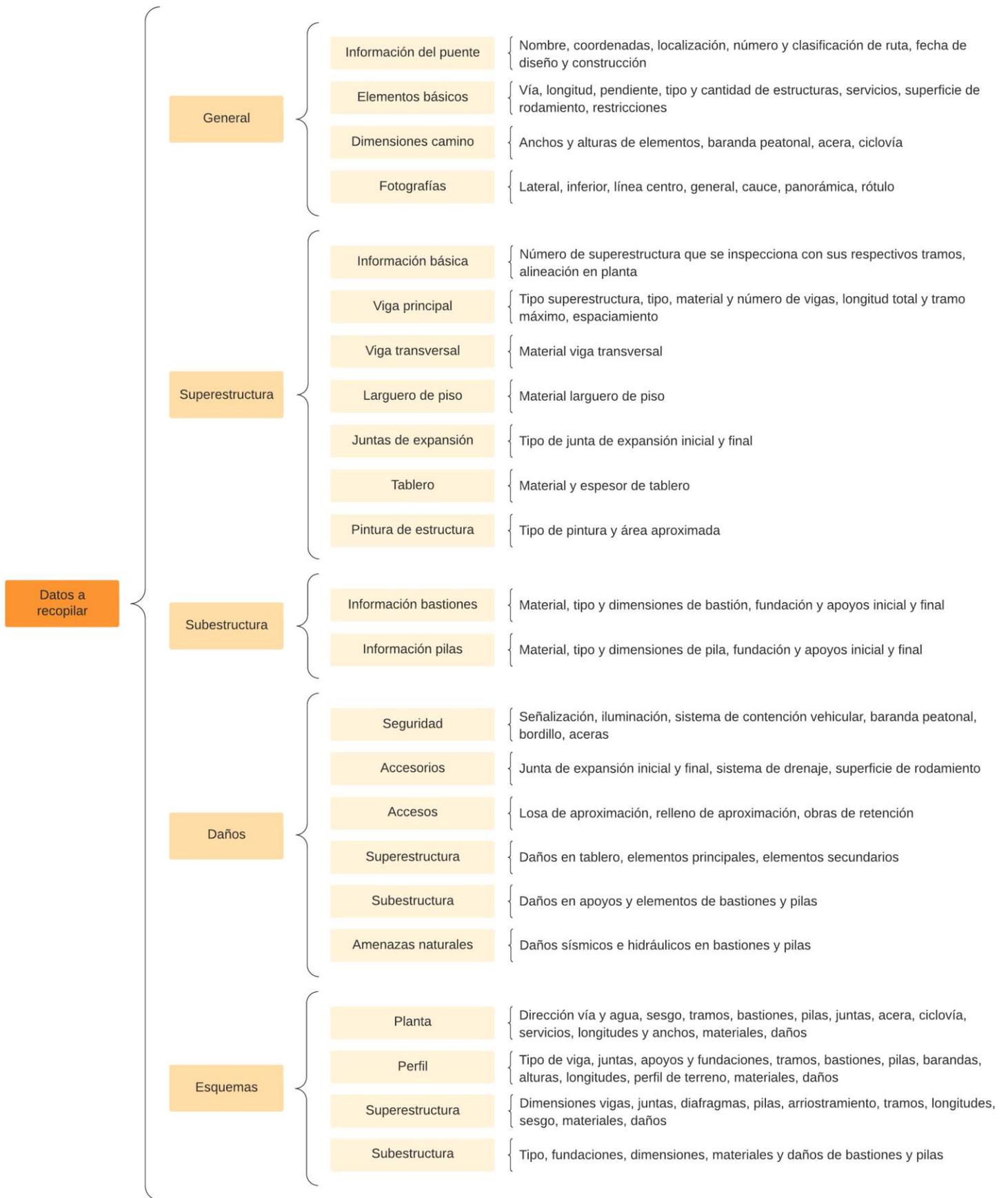
<b>Requisitos de los recursos</b>	
<b>Personal</b>	Emplear y contratar un número suficiente de personas que posean las competencias requeridas para realizar las actividades de inspección.
	El personal debe contar con las calificaciones, formación y experiencia pertinentes a las inspecciones a realizar.
	El personal debe entender el uso de las herramientas de inspección.
	El organismo de inspección debe capacitar al inspector y este deber ser evaluado en sitio garantizando un alto desempeño.
<b>Instalaciones y equipos</b>	Disponer de equipos adecuados para realizar las actividades asociadas con la inspección de manera competente y segura.
	Definir todos los equipos que tienen una influencia significativa en los resultados de la inspección.
<b>Requisitos de los procesos</b>	
<b>Métodos y procedimientos de inspección</b>	Utilizar procedimientos y métodos de inspección compatibles con los requisitos contra los cuales la conformidad va a ser determinada.
	Utilizar instrucciones adecuadas y documentadas para la planificación de la inspección y las técnicas de muestreo e inspección.
	Toda la documentación técnica perteneciente al trabajo del organismo de inspección se debe mantener actualizada y fácilmente disponible para el personal.
	Registrar de una forma oportuna las observaciones y/o datos obtenidos en la inspección.
	Disponer de instrucciones documentadas para llevar a cabo con seguridad la inspección.
<b>Tratamiento de los ítems de inspección y muestras</b>	Los ítems y muestras a inspeccionar deben contar con una identificación única.
	El organismo de inspección debe determinar si el ítem a inspeccionar ha sido preparado para ser inspeccionado.
	Toda anomalía observada o notificada al inspector debe registrarse.
	Contar con procedimientos e instalaciones adecuadas para evitar el deterioro o daño de los ítems de inspección.
<b>Registros de inspección</b>	Mantener un sistema de registros que demuestren el cumplimiento eficaz de los procedimientos de inspección y su respectiva evaluación.
	Incluir la información que permita identificar internamente al inspector o inspectores que realizaron las evaluaciones.
<b>Informes de inspección y certificados de inspección</b>	Identificación única y la fecha de emisión.
	Fecha de inspección.
	Identificación del ítem o ítems inspeccionados.
	Firma de aprobación proporcionada por el personal autorizado.
	Declaración de conformidad.
	Todos los resultados de la inspección.

Fuente: Elaboración propia, mediante Microsoft Word.



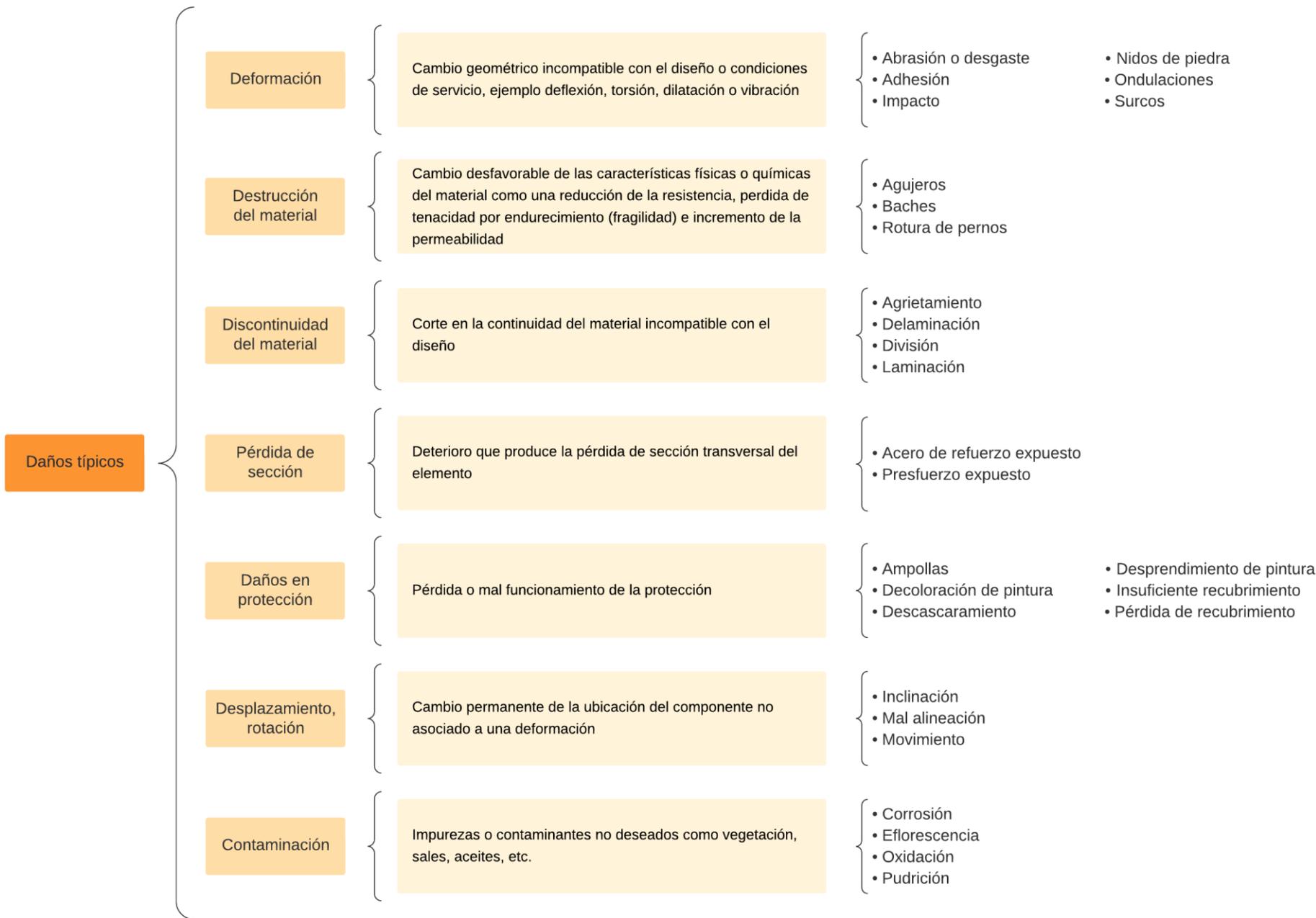
**Figura 25.** Aspectos básicos de inspección de estructuras de puentes existentes.

**Fuente:** Elaboración propia, mediante Lucidchart.com.



**Figura 26.** Datos a recopilar en campo para completar registros de inspección de estructuras de puentes existentes.

**Fuente:** Elaboración propia, mediante Lucidchart.com.



**Figura 27.** Daños típicos encontrados en las estructuras de puentes.

**Fuente:** Elaboración propia, mediante Lucidchart.com.

## Cuadro 2. Verificación de cumplimiento de los requisitos de la norma INTE-ISO/IEC 17020:2012

Requisitos de los recursos		¿Cumple?	Observaciones
<b>Personal</b>	Emplear y contratar un número suficiente de personas que posean las competencias requeridas para realizar las actividades de inspección.	A nivel de organización <sup>1</sup>	Indicar cuáles competencias son requeridas.
	El personal debe contar con las calificaciones, formación y experiencia pertinentes a las inspecciones a realizar.	A nivel de organización <sup>1</sup>	Indicar cuáles competencias son requeridas.
	El personal debe entender el uso de las herramientas de inspección.	A nivel de organización <sup>1</sup>	Recomendar brindar capacitaciones con evaluaciones.
	El organismo de inspección debe capacitar al inspector y este deber ser evaluado en sitio garantizando un alto desempeño.	A nivel de organización <sup>1</sup>	Recomendar brindar capacitaciones con evaluaciones.
<b>Instalaciones y equipos</b>	Disponer de equipos adecuados para realizar las actividades asociadas con la inspección de manera competente y segura.	A nivel de organización <sup>1</sup>	Recomendar el uso de equipo óptimo.
	Definir todos los equipos que tienen una influencia significativa en los resultados de la inspección.	Cumple	Recomendar el uso de equipo óptimo.
Requisitos de los procesos		¿Cumple?	Observaciones
<b>Métodos y procedimientos de inspección</b>	Utilizar procedimientos y métodos de inspección compatibles con los requisitos contra los cuales la conformidad va a ser determinada.	Cumple	Recomendar una nueva metodología de inspección.
	Utilizar instrucciones adecuadas y documentadas para la planificación de la inspección y las técnicas de muestreo e inspección.	No cumple	Establecer aspectos básicos de inspección.
	Toda la documentación técnica perteneciente al trabajo del organismo de inspección se debe mantener actualizada y fácilmente disponible para el personal.	No cumple	Actualizar la documentación siguiendo especificaciones técnicas nacionales.
	Registrar de una forma oportuna las observaciones y/o datos obtenidos en la inspección.	No cumple	Asignar un espacio para anotar observaciones.
	Disponer de instrucciones documentadas para llevar a cabo con seguridad la inspección.	No cumple	Desarrollar instructivo de medidas de seguridad.
<b>Tratamiento de los ítems de inspección y muestras</b>	Los ítems y muestras a inspeccionar deben contar con una identificación única.	Cumple	Actualizar numeración de instructivo que se modifica.
	El organismo de inspección debe determinar si el ítem a inspeccionar ha sido preparado para ser inspeccionado.	A nivel de organización <sup>1</sup>	Seguir aspectos básicos de inspección para garantizar este requisito.
	Toda anomalía observada o notificada al inspector debe registrarse.	No cumple	Asignar un espacio para anotar observaciones.
	Contar con procedimientos e instalaciones adecuadas para evitar el deterioro o daño de los ítems de inspección.	A nivel de organización <sup>1</sup>	Fuera del alcance del proyecto.
<b>Registros de inspección</b>	Mantener un sistema de registros que demuestren el cumplimiento eficaz de los procedimientos de inspección y su respectiva evaluación.	No cumple	Desarrollar documentación técnica que cumpla con este requisito.
	Incluir la información que permita identificar internamente al inspector o inspectores que realizaron las evaluaciones.	No cumple	Incluir espacios donde el inspector anote sus datos.
<b>Informes de inspección y certificados de inspección</b>	Identificación única y la fecha de emisión.	Cumple	-
	Fecha de inspección.	Cumple	-
	Identificación del ítem o ítems inspeccionados.	Cumple	-
	Firma de aprobación proporcionada por el personal autorizado.	Cumple	-
	Declaración de conformidad.	Cumple	-
	Todos los resultados de la inspección.	Cumple	-

Notas:

1. El cumplimiento a nivel de organización (interno) indica que se cumple como requisito para obtener la acreditación, pero no tiene que ver con el desarrollo de la documentación técnica.

Fuente: Elaboración propia, mediante Microsoft Word.

## Actualización de documentación técnica existente

Partiendo de lo encontrado en la revisión efectuada al instructivo Apéndice A. ITP-II-21 V02 Inspección de estructuras de puentes, se actualizó y se agregaron los siguientes puntos:

- Mención y descripción de los elementos relacionados con la seguridad:
  - Señalización.
  - Iluminación.
  - Sistema de contención vehicular.
  - Baranda peatonal.
  - Bordillo.
  - Aceras.
  - Ciclovía.
- Mención y descripción de los elementos relacionados con los accesorios:
  - Juntas de expansión.
  - Sistema de drenaje.
  - Superficie de rodamiento.
- Mención y descripción de los elementos relacionados con los accesos:
  - Relleno de aproximación.
  - Losa de aproximación.
- Mención y descripción de los elementos relacionados con la superestructura:
  - Tablero.
  - Elementos principales.
  - Elementos secundarios.
- Mención y descripción de los elementos relacionados con la subestructura:
  - Apoyos.
  - Bastiones.
  - Pilas.
  - Fundaciones.
- Descripción de los aspectos básicos de inspección:
  - Deberes del inspector.
  - Secuencia de inspección.
  - Equipo de inspección.
- Catálogo de daños:
  - Escala de grado de daño.

- Daños a inspeccionar en cada componente y elemento de las estructuras de puentes.

- Metodología de inspección:
  - Calificación de los elementos y calificación global de la estructura de puente.
- Registros de inspección:
  - Descripción para adecuado llenado de datos.

Al desarrollar un catálogo de daños es necesario definir los daños específicos para cada elemento que componen las estructuras de puentes. Estos daños dependen del tipo de elemento que se inspecciona, las funciones que cumple ese elemento dentro de la estructura y el material con el cual fue elaborado.

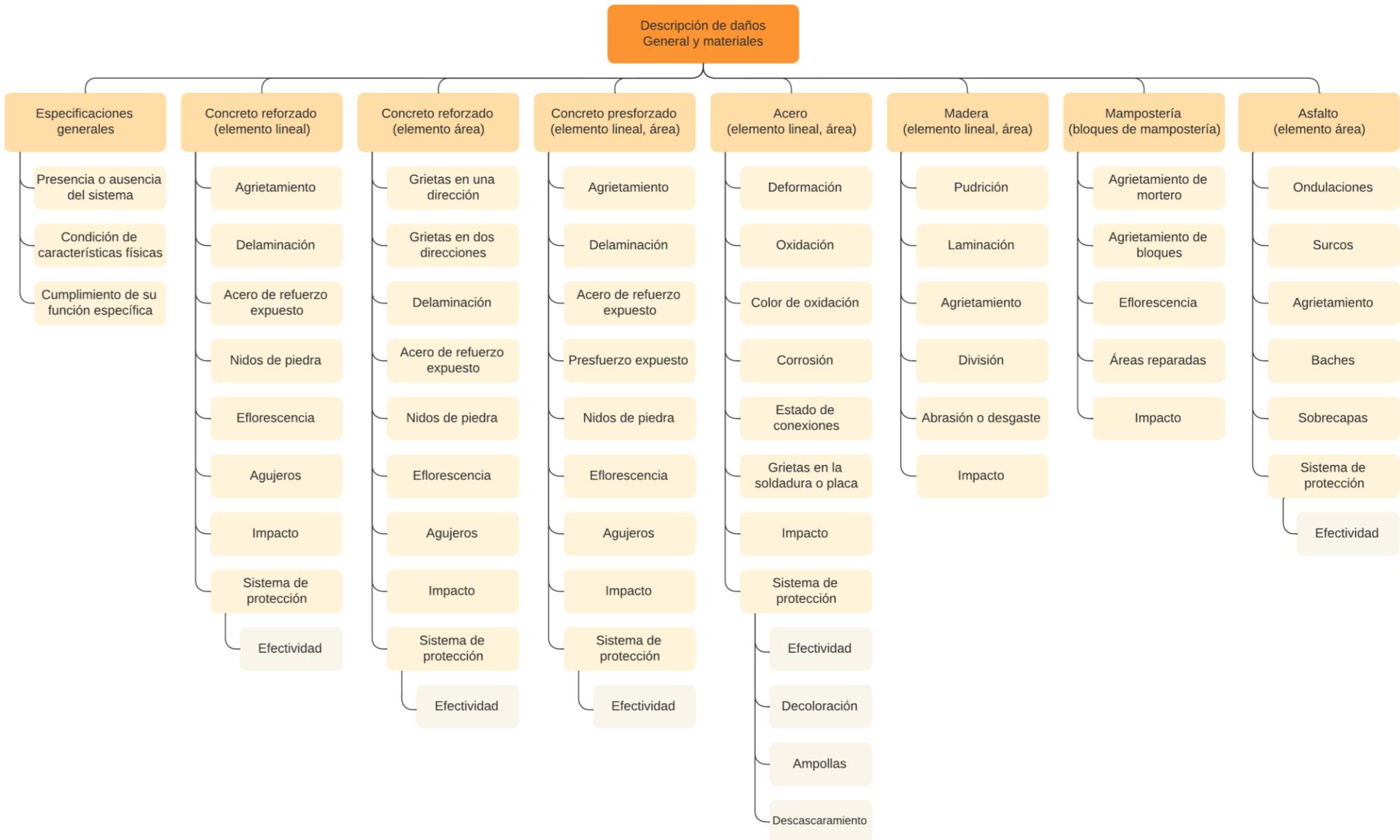
Para identificar el grado de deterioro en las evaluaciones en sitio, se tipificaron los daños como se muestran en las siguientes figuras. En la Figura 28 se detallan los daños encontrados en los elementos según el material, el cual puede ser de concreto reforzado o presforzado, acero, madera, mampostería y asfalto, además, se mencionan los daños nombrados como especificaciones generales, estos hacen referencia a las características específicas de cada elemento.

De la Figura 29 a la Figura 32 se detallan los daños por elemento según los componentes de seguridad, accesorios, accesos, superestructura y subestructura.

Teniendo establecidos los daños que se pueden encontrar en cada elemento, se define una escala de grado de daño para poder calificar el estado del elemento en las evaluaciones visuales que se realizan en campo. Esta escala de grado va desde 0 a 3, donde cada valor significa lo que se indica en el Cuadro 3.

<b>Cuadro 3. Escala de grado de daño</b>	
<b>Grado de daño</b>	<b>Descripción</b>
0	Ninguno/Mínimo
1	Leve
2	Moderado
3	Grave

**Fuente:** Elaboración propia, mediante Microsoft Word.

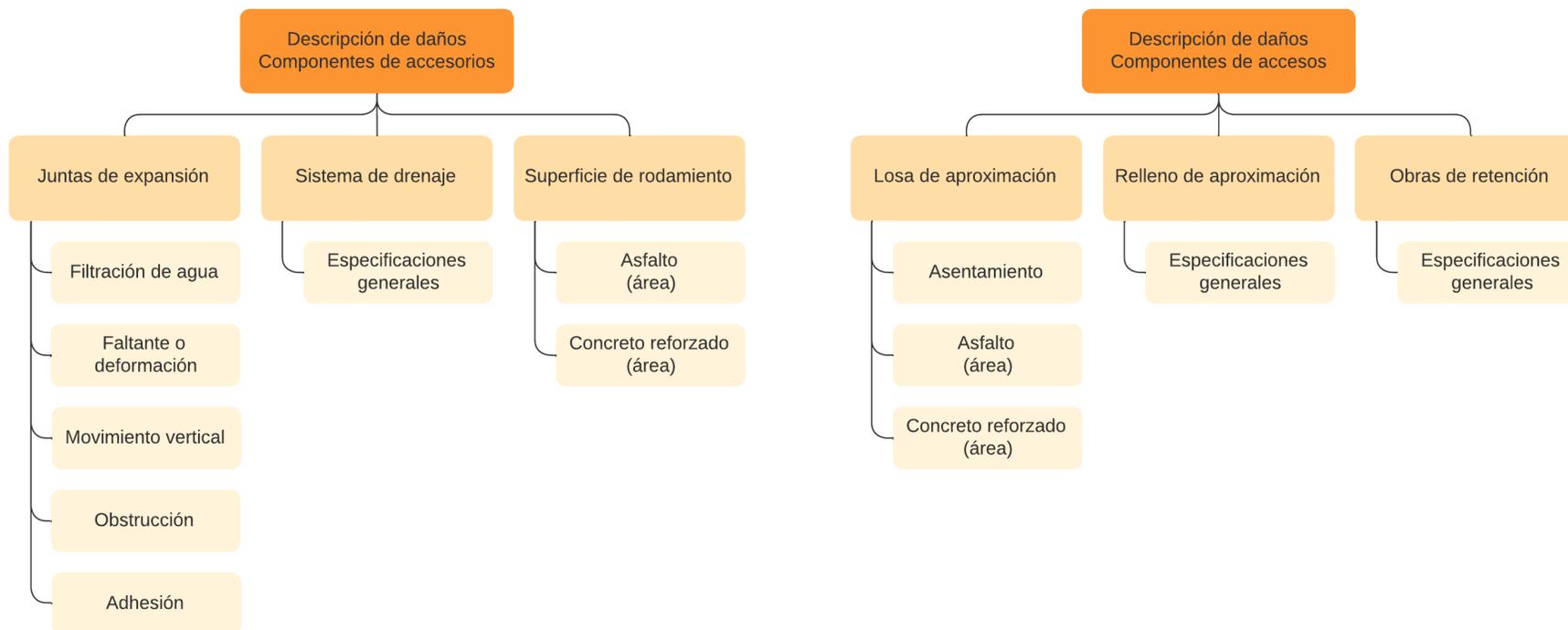


**Figura 28.** Daños generales de componentes y elementos de las estructuras de puentes.

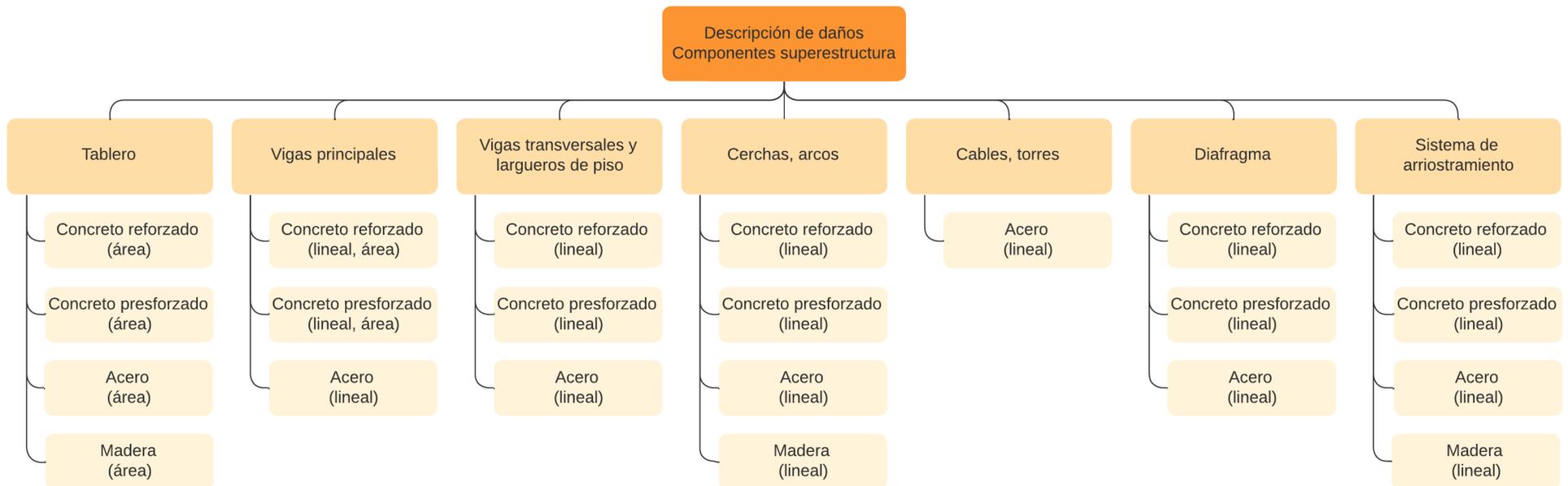
**Fuente:** Elaboración propia, mediante Lucidchart.com.



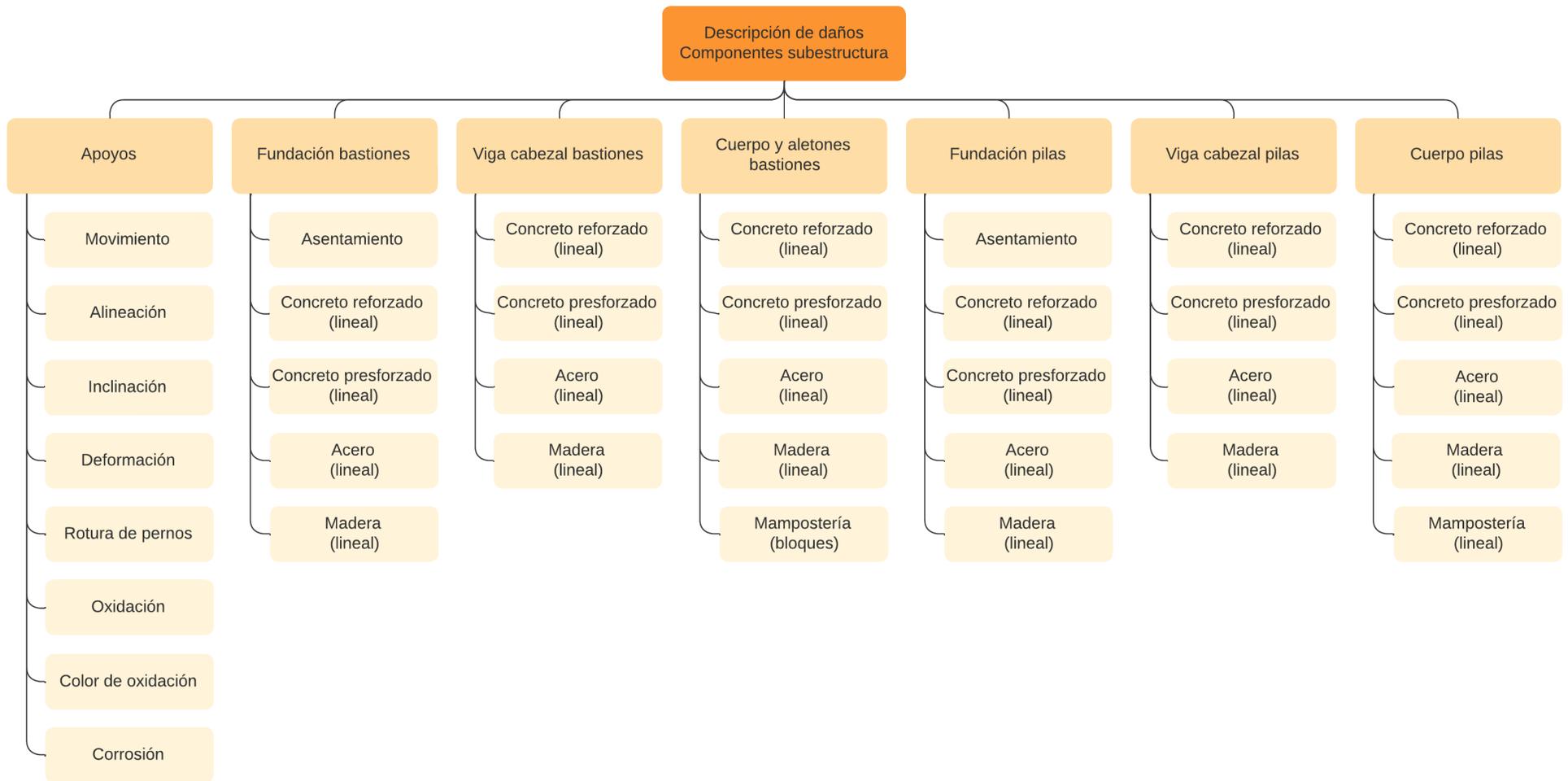
**Figura 29.** Daños de componentes de seguridad de las estructuras de puentes.  
**Fuente:** Elaboración propia, mediante Lucidchart.com.



**Figura 30.** Daños de componentes de accesorios y accesos de las estructuras de puentes.  
**Fuente:** Elaboración propia, mediante Lucidchart.com.



**Figura 31.** Daños de componentes de superestructura de las estructuras de puentes.  
**Fuente:** Elaboración propia, mediante Lucidchart.com.



**Figura 32.** Daños de componentes de subestructura de las estructuras de puentes.

**Fuente:** Elaboración propia, mediante Lucidchart.com.

## Elaboración de la documentación técnica

El documento Apéndice B. ITP-RI-34 V01 Inspección de inventario de estructuras de puentes, pretende recopilar toda la información específica que se toma en campo cuando se realizan las inspecciones.

Este documento se divide en siete secciones, las cuales reúnen la información general de la estructura del puente, información relevante de la superestructura y subestructura, condiciones de grado de daño de los distintos elementos y, por último, se cuentan con las plantillas de los esquemas y de observaciones generales.

Cada sección del documento cuenta con una estructura general, esta estructura consiste en cuadros donde se secciona la información según el elemento a inspeccionar, además, cada sección tiene la información de identificación única dentro del organismo de inspección (nombre, código, versión y consecutivo). El contenido de cada una de las secciones es el siguiente:

- **General:**
  - Información del inspector(es).
  - Fecha de inspección.
  - Información del puente.
  - Elementos básicos.
  - Dimensiones del camino.
  - Fotografías.
  - Observaciones.
- **Superestructura:**
  - Información del inspector(es).
  - Fecha de inspección.
  - Información básica.
  - Estructura de viga principal.
  - Viga transversal y larguero de piso.
  - Juntas de expansión.
  - Tablero.
  - Pintura.
  - Observaciones.
- **Subestructura – Bastiones:**
  - Información del inspector(es).
  - Fecha de inspección.
  - Numeración de subestructura.
- **Subestructura – Pilas:**
  - Características y dimensiones del bastión.
  - Fundación de bastión.
  - Apoyo de bastión.
  - Observaciones.
- **Grado de daño – Seguridad:**
  - Información del inspector(es).
  - Fecha de inspección.
  - Espacio para calificar los elementos de seguridad según los daños tipificados.
- **Grado de daño – Accesorios:**
  - Información del inspector(es).
  - Fecha de inspección.
  - Número de superestructuras.
  - Espacio para calificar los elementos de los accesorios según los daños tipificados.
- **Grado de daño – Accesos:**
  - Información del inspector(es).
  - Fecha de inspección.
  - Número de superestructuras.
  - Espacio para calificar los elementos de los accesos según los daños tipificados.
- **Grado de daño – Tablero:**
  - Información del inspector(es).
  - Fecha de inspección.
  - Número de superestructuras.
  - Espacio para calificar el tablero de la estructura de puente según los daños tipificados.
- **Grado de daño – Superestructura:**
  - Información del inspector(es).
  - Fecha de inspección.
  - Número de superestructuras.

- Espacio para calificar los elementos principales y secundarios de la superestructura según los daños tipificados.
- Grado de daño – Apoyos:
  - Información del inspector(es).
  - Fecha de inspección.
  - Espacio para calificar los apoyos de los bastiones y pilas según los daños tipificados.
- Grado de daño – Bastiones:
  - Información del inspector(es).
  - Fecha de inspección.
  - Espacio para calificar los elementos de los bastiones según los daños tipificados.
- Grado de daño – Pilas:
  - Información del inspector(es).
  - Fecha de inspección.
  - Espacio para calificar los elementos de las pilas según los daños tipificados.
- Grado de daño – Amenazas naturales:
  - Información del inspector(es).
  - Fecha de inspección.
  - Espacio para calificar los elementos de protección contra amenazas naturales según los daños tipificados.
- Esquemas:
  - Planta.
  - Perfil.
  - Superestructura.
  - Bastiones.
  - Pilas.
  - Alcantarillas.
- Observaciones generales:
  - Información del inspector(es).
  - Fecha de inspección.
  - Observaciones.
  - Firma del ingeniero de proyectos.

El adecuado uso y llenado de los diferentes registros de inspección que componen el documento Apéndice B. ITP-RI-34 V01 Inspección de inventario de estructuras de

puentes, se encuentra debidamente detallado y explicado en el instructivo Apéndice A. ITP-II-21 V02 Inspección de estructuras de puentes.

## Cambios en la documentación técnica

Al finalizar con la elaboración de la documentación, se procedió con la modificación de la misma. Los cambios se realizaron con base en los comentarios y observaciones realizadas por el Gestor Técnico Regional, Ing. Joseth Mora Mata, los cuales fueron los siguientes:

- Inclusión de información sobre el equipo crítico: Se añadió el espacio para anotar el equipo crítico utilizado en campo en la plantilla de observaciones generales.
- Adición de conformidad: Se agregó el espacio para que el respectivo ingeniero de proyectos indique la conformidad o no de las actividades realizadas, esto se añadió a la plantilla de observaciones generales.
- Numeración: Se numeró el registro de inspección de acuerdo a lo establecido por el organismo de inspección y se actualizó la numeración del instructivo.

## Herramienta digital

Al igual que con la documentación técnica, con la herramienta digital se busca reunir la información que se obtiene de las inspecciones en campo, pero con la diferencia de que su uso sea totalmente con aparatos electrónicos.

Esta herramienta cuenta con las mismas secciones del documento Apéndice B. ITP-RI-34 V01 Inspección de inventario de estructuras de puentes, pero como anteriormente se mencionó, su llenado se realiza por medio de listas, casillas con distintas opciones o directamente por medio del teclado de una tableta, celular o computadora, si se tratan de datos característicos de la estructura como las dimensiones.

Asimismo, la herramienta posee una programación a través de una serie de botones que permiten la navegación del usuario en sus diferentes contenidos y otros botones con funciones como guardar el documento en un

nuevo libro de Microsoft Excel, crear un PDF o borrar o limpiar los datos para hacer un nuevo registro de una estructura distinta.

En la Figura 33 se puede observar el menú principal en donde el usuario puede seleccionar la sección a la que desee movilizarse dentro de la herramienta. Las secciones se dividen en Información de la Estructura, Daños en Elementos y Esquemas. Además, se cuenta con un botón llamado Datos Generales, el cual es para dirigirse a la base de datos.

La Figura 34 muestra los botones con distintas funciones que se encuentran en todas las secciones que comprenden el registro.

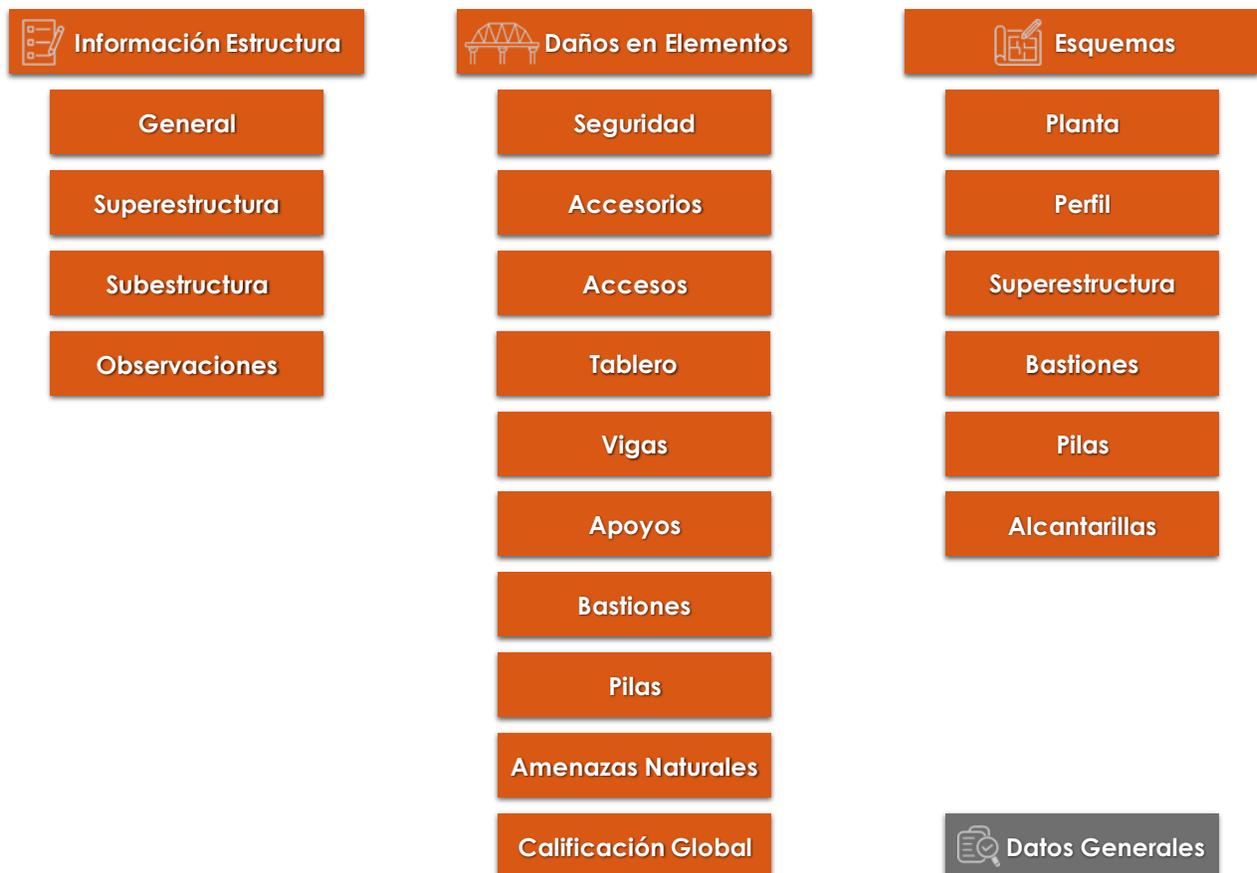
De igual forma, en la Figura 35 se puede visualizar un ejemplo de lista desplegable y casillas de verificación, como formas de selección de datos.

Un aspecto importante de la herramienta desarrollada es la posibilidad de registrar los datos relacionados con el grado de daño que se observa en los componentes de las estructuras, para ello cada elemento cuenta con su respectiva sección y el inspector responsable podrá seleccionar el grado de daño según la escala establecida, la Figura 36 detalla un ejemplo de selección de grado de daños de un elemento específico.



## Inspección de Estructuras de Puentes Existentes

### Menú Principal



**Figura 33.** Menú principal de herramienta digital.

**Fuente:** Elaboración propia, mediante Microsoft Excel.



**Figura 34.** Botones con distintas funciones dentro de la herramienta digital.

**Fuente:** Elaboración propia, mediante Microsoft Excel.

Tipo de estructura

- Puente
- Paso Superior
- Paso Inferior
- Vado
- Alcantarilla
- Otro (Observaciones)

Agua  Gas

Servicios públicos  Telecomunicaciones  Oleoducto

Electricidad  Otro

**Figura 35.** Formas de selección de datos.

**Fuente:** Elaboración propia, mediante Microsoft Excel.

Tablero					
Daños a evaluar		Tablero concreto	Tablero acero	Tablero madera	
Concreto reforzado	Grietas 1D	1			
	Grietas 2D	1			
	Delaminación	2			
	Acero expuesto	0			
	Nidos de piedra	3			
	Eflorescencia	3			
	Agujeros	1			
	Impacto	1			
	Sist. Protección	2			
			0	1	2

**Figura 36.** Ejemplo de selección de grado de daños.

**Fuente:** Elaboración propia, mediante Microsoft Excel.

## Inspección de construcción de estructuras de puentes

### Especificaciones técnicas y actividades a inspeccionar

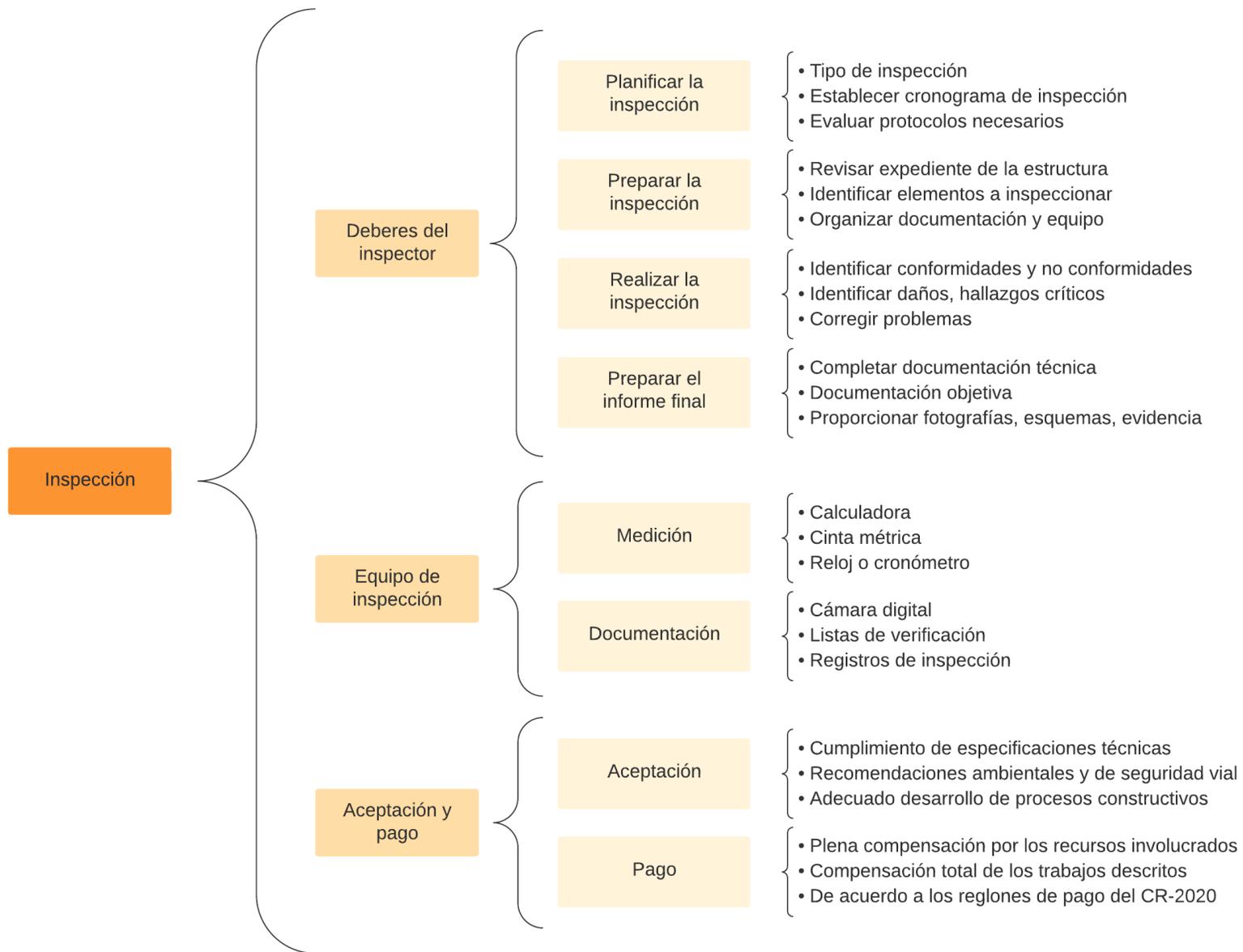
Como resultado de la lectura de las especificaciones técnicas nacionales y la investigación de las actividades a inspeccionar, se obtuvieron los aspectos que se pueden observar en la Figura 37.

Dentro de los aspectos se encuentran los deberes del inspector, el equipo general a utilizar en las evaluaciones en campo y los criterios para la aceptación y el pago de las actividades realizadas.

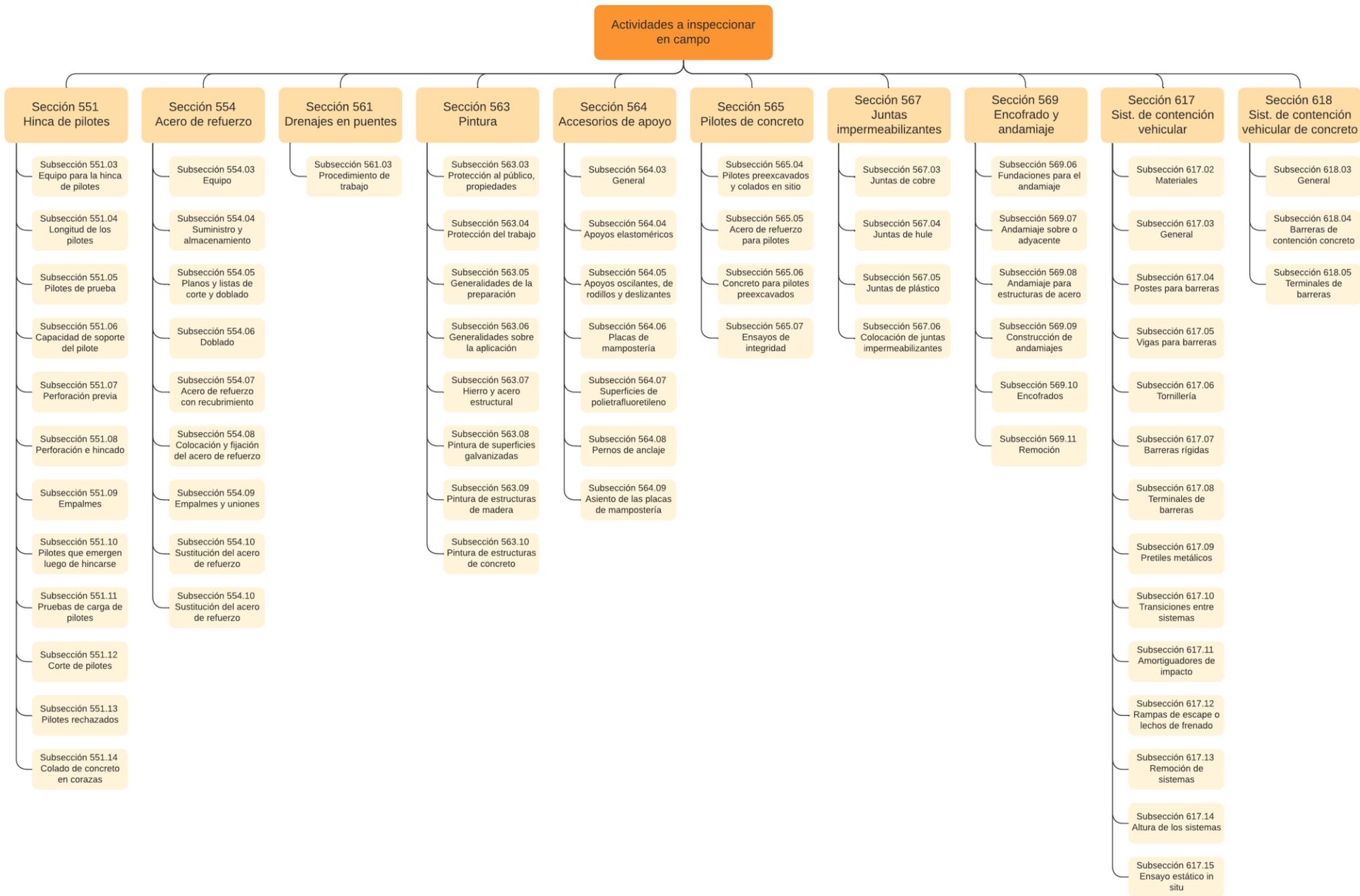
Inicialmente, el organismo de inspección ITP seleccionó las secciones 551 Hinca de pilotes, 554 Acero de refuerzo, 561 Drenajes en puentes, 563 Pintura, 564 Accesorios de apoyo, 565 Pilotes de concreto, 567 Juntas impermeabilizantes del agua, 569 Encofrado y andamiaje, 617 Sistemas de contención vehicular y 618 Sistemas de contención vehicular de concreto de la División 550: Construcción de puentes del Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2020 (MOPT, 2020), para ser tomadas en cuenta en el desarrollo de la documentación técnica.

A partir de dicha selección y al estudiar cada sección, se determinaron las subsecciones que se muestran en la Figura 38.

Las subsecciones seleccionadas hacen referencia solo a las actividades de inspección en campo, se omitieron las relacionadas con las etapas de diseño y planificación debido a que estas no son parte de las actividades de los distintos procesos constructivos que se llevan a cabo para construir las estructuras de puentes.



**Figura 37.** Aspectos básicos de inspección de la construcción de estructuras de puentes.  
**Fuente:** Elaboración propia, mediante Lucidchart.com.



**Figura 38.** Subsecciones de la “División 550 Construcción de Puentes” del CR-2020 referentes al proceso de inspección en campo.

**Fuente:** Elaboración propia, mediante Lucidchart.com.

## Elaboración de la documentación técnica

### Instructivo

El documento Apéndice C. ITP-II-24 V01 Inspección de construcción de estructuras de puentes, contiene los lineamientos y las especificaciones técnicas que se deben cumplir para asegurar una adecuada y satisfactoria inspección de la construcción de los distintos componentes del puente.

Este instructivo se basa en el manual CR-2020 y solo contienen las subsecciones referentes al proceso de inspección en campo, estas subsecciones se pueden visualizar en la Figura 38.

Con base en lo investigado en anteriores herramientas creadas por el organismo de inspección, se estableció la misma estructura general para garantizar la estandarización de los documentos. Además, este instructivo cuenta con la información de identificación única dentro del organismo de inspección, lo cual se refiere al nombre, código, versión y fecha de aprobación.

Las secciones que componen el instructivo son las siguientes:

- **Personal involucrado:** Espacio donde se especifica el autor del documento, el encargado de revisarlo y la persona que finalmente lo aprueba. Se debe indicar el nombre completo, el puesto dentro del organismo de inspección, la firma y la respectiva fecha.
- **Control de cambios:** Consiste en un cuadro donde se anotan los cambios que sufre el documento conforme se actualice. Se debe anotar las características de dicho cambio, entre ellas, la descripción, quien lo realiza y la fecha de este.
- **Propósito y alcance:** Descripción del objetivo principal y el alcance que cumple la inspección para cada actividad que se realice.
- **Responsabilidades:** Se enumeran las responsabilidades que deben cumplir

tanto el inspector como el ingeniero de proyectos.

- **Referencias:** Referencias externas e internas que se tomaron en cuenta para elaborar el instructivo y las que se deben considerar para realizar las labores en campo.
- **Equipo de inspección:** En esta sección se citan el equipo necesario para la inspección.
- **Actividades previas a la inspección:** Descripción de las actividades que se deben realizar antes de la inspección para que esta se desarrolle de una manera ordena y sistemática.
- **Actividades de inspección:** En este apartado se describe como ejecutar la inspección, asimismo, se detallan los lineamientos para la construcción de las estructuras de puentes.

### Listas de verificación

Herramientas de inspección que consisten en una serie de especificaciones técnicas redactadas en forma de preguntas, las cuales se basan en el instructivo Apéndice C. ITP-II-24 V01 Inspección de construcción de estructuras de puentes y en el manual CR-2020, específicamente en la División 550: Construcción de puentes.

Con ellas se busca determinar fácilmente el cumplimiento de los lineamientos establecidos en el instructivo, ya que al responder afirmativamente se indica una conformidad y al hacerlo negativamente se establece inmediatamente una no conformidad. Las listas generadas fueron las siguientes:

- Apéndice D. ITP-RI-35 V01 Lista de verificación hincas de pilotes.
- Apéndice E. ITP-RI-36 V01 Lista de verificación acero de refuerzo.
- Apéndice F. ITP-RI-37 V01 Lista de verificación sistemas de contención vehicular para puentes.
- Apéndice G. ITP-RI-38 V01 Lista de verificación drenajes en puentes.

- Apéndice H. ITP-RI-39 V01 Lista de verificación pintura.
- Apéndice I. ITP-RI-40 V01 Lista de verificación accesorios de apoyo.
- Apéndice J. ITP-RI-41 V01 Lista de verificación pilotes de concreto preexcavados y colados en sitio.
- Apéndice K. ITP-RI-42 V01 Lista de verificación juntas impermeabilizantes del agua.
- Apéndice L. ITP-RI-43 V01 Lista de verificación encofrado y andamiaje.

## Registro de inspección

Con este documento se busca recopilar información característica del proyecto que se inspecciona, además, con su implementación se respalda el pago de las actividades en función de la calidad.

El registro de inspección Apéndice M. ITP-RI-33 V01 Toma de datos inspección de construcción de estructuras de puentes, se divide en siete secciones, las cuales reúnen la información general y la descripción del proyecto, información referente al pago, equipo, memorándum y conformidad del ingeniero del proyecto.

El documento cuenta con una estructura general, la cual consiste en cuadros donde se organiza la información por independiente. De igual forma, tiene la información de identificación única dentro del organismo de inspección (nombre, código, versión y consecutivo).

Las indicaciones para completar este registro de inspección se encuentran en el Anexo 1. Guía de inspección, del instructivo Apéndice C. ITP-II-24 V01 Inspección de construcción de estructuras de puentes.

## Cambios en la documentación técnica

Finalmente, la documentación desarrollada se modificó de acuerdo a los comentarios y observaciones realizadas por el Gestor Técnico Regional, Ing. Joseth Mora Mata, los cuales fueron los siguientes:

Con relación al instructivo Apéndice C. ITP-II-24 V01 Inspección de construcción de estructuras de puentes:

- Sección de nomenclatura y terminología: Se eliminaron con el objetivo de sintetizar el instructivo.
- Secciones del CR-2020: Se redujo la cantidad de actividades a desarrollar debido a que algunas ya formaban parte de la lista de actividades acreditadas y otras se eliminaron por decisión del organismo de inspección.
- Numeración: Se numeró el instructivo de acuerdo a lo establecido por el organismo de inspección.

Respecto a las correcciones de las listas de verificación, se tiene:

- Observaciones: Se eliminaron los cuadros de observaciones que se encontraban después de cada sección y se cambió por un cuadro general de observaciones al final de cada lista.
- Numeración: Se estableció el código de las listas de verificación de acuerdo a lo establecido por el organismo de inspección.

Por último, la modificación realizada al registro de inspección tuvo que ver con la asignación del código establecido por el organismo de inspección.

## Herramienta digital

Esta herramienta digital también está diseñada para recopilar la información de las actividades de evaluación en campo, sin embargo, tiene como principal objetivo ser utilizada con dispositivos electrónicos y no requerir el uso del papel.

Cuenta con las mismas secciones del registro de inspección Apéndice M. ITP-RI-33 V01 Toma de datos de construcción de estructuras de puentes.

Para garantizar la movilización dentro de la herramienta, se cuentan con botones a las diferentes secciones los cuales el usuario puede seleccionar. Estos botones se encuentran en el menú principal y en cada sección, además de

estos, posee botones con funciones variadas como guardar como nuevo libro de Microsoft Excel, guardar como PDF o borrar los datos para crear un nuevo registro.

En la Figura 39 se puede observar diferentes formas de selección de datos con las que la herramienta funciona.

Localización	Provincia	Alajuela	
	Cantón	Grecia	
	Distrito	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">             Puente De Piedra             <ul style="list-style-type: none"> <li>Grecia</li> <li>San Isidro</li> <li>San José</li> <li>San Roque</li> <li>Tacares</li> <li>Río Cuarto</li> <li style="background-color: #e0e0e0;">Puente De Piedra</li> <li>Bolívar</li> </ul> </div>	

Reglón de Pago	Cantidad	Unidad
CR.551.01	1	m
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">             CR.551.01             <ul style="list-style-type: none"> <li>CR.551.02</li> <li>CR.551.03</li> <li>CR.551.04</li> <li>CR.551.05</li> <li>CR.551.06</li> <li>CR.551.07</li> <li>CR.551.08</li> </ul> </div>		

**Figura 39.** Formas de selección de datos.

**Fuente:** Elaboración propia, mediante Microsoft Excel.

## Instructivo sobre medidas de seguridad

El documento Apéndice N. ITP-II-25 V01 Medidas de seguridad para las actividades de inspección de puentes, describe las medidas mínimas de seguridad que los inspectores deben mantener durante el desarrollo de las actividades de evaluación en campo. Los aspectos básicos tomados en cuenta para desarrollar este instructivo se encuentran en el esquema de la Figura 40.

Las secciones que componen el instructivo son las siguientes:

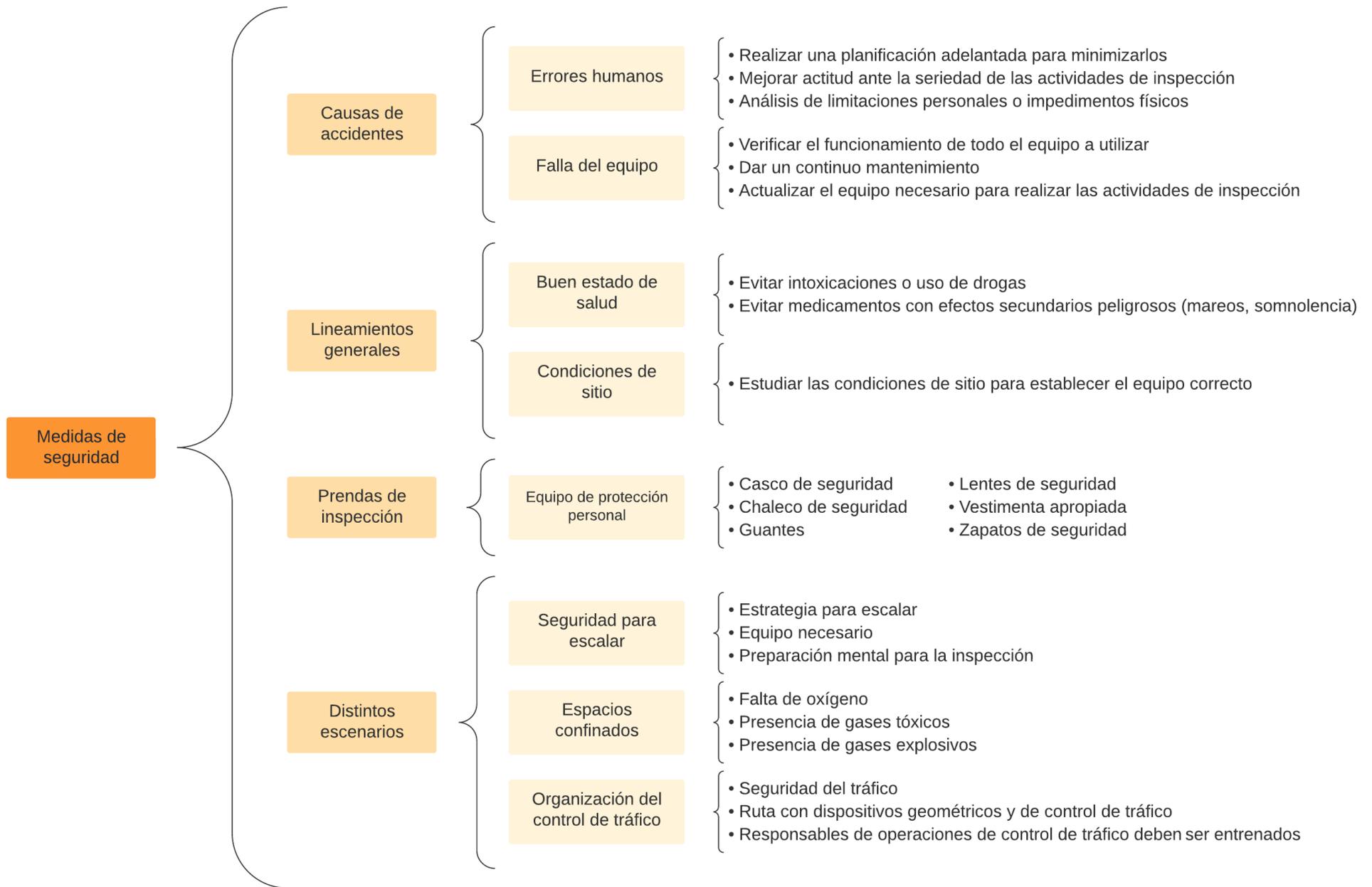
- **Personal involucrado:** Espacio donde se especifica el autor del documento, el encargado de revisarlo y la persona que finalmente lo aprueba. Se debe indicar el nombre completo, el puesto dentro del organismo de inspección, la firma y la respectiva fecha.

- **Control de cambios:** Consiste en un cuadro donde se anotan los cambios que sufre el documento conforme se actualice. Se debe anotar las características principales de dicho cambio.
- **Propósito y alcance:** Descripción del objetivo principal y el alcance de las actividades que se mencionan en el instructivo.
- **Responsabilidades:** Se enumeran las responsabilidades que deben cumplir tanto el inspector como el ingeniero de proyectos.
- **Referencias:** Referencias externas que se tomaron en cuenta para elaborar el instructivo.
- **Medidas de seguridad:** En este apartado se describen los lineamientos generales para una inspección segura, las medidas de seguridad que se deben mantener en diferentes escenarios como lo son los trabajos en alturas, espacios confinados y control del tráfico y se establece el equipo de protección personal que el inspector debe portar en todo momento.

## Actividad teórica informativa

Como resultado de la capacitación teórica se ampliaron y se aclararon los siguientes aspectos:

- Aspectos básicos de la inspección de estructuras de puentes existentes y la inspección de la construcción de nuevas estructuras.
- Uso de la documentación técnica elaborada y los formularios del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP).
- Competencias necesarias con las que deben contar los inspectores asignados para realizar las labores de inspección según lo investigado en normativa nacional e internacional.



**Figura 40.** Aspectos básicos sobre las medidas de seguridad en las actividades de inspección de estructuras de puentes.

**Fuente:** Elaboración propia, mediante Lucidchart.com.

# Análisis de resultados

## Norma INTE-ISO/IEC 17020:2012

Como se menciona en el capítulo de Resultados, la norma puede cubrir actividades como la evaluación de materiales, productos, instalaciones, plantas, procedimientos de trabajos o servicios, para este caso en específico, los documentos desarrollados se enfocan solamente en las actividades de inspección en campo.

Al realizar la lectura y el análisis de la norma, se determinan las principales características con las que debe contar la documentación técnica, por lo que para su proceso de confección se tomaron en cuenta, sin embargo, la norma no solo se enfoca en las estructuras de las herramientas o ítems, sino que también aborda los requisitos de los recursos y de los procesos, los cuales también son de suma importancia para que el organismo de inspección pueda obtener su respectiva acreditación.

Dentro de los requisitos se encuentra el relacionado con los recursos, específicamente al personal. Es responsabilidad del organismo de inspección emplear y contratar personal suficiente y calificado para realizar las labores de inspección, además, para cumplir con la norma, a los inspectores se les debe brindar capacitaciones y se les debe supervisar en campo, esto con el fin de garantizar que las actividades se realicen siguiendo los lineamientos establecidos.

Respecto a los requisitos relacionados con el equipo, es necesario definir todo aquel equipo que tiene una influencia significativa en los resultados de inspección. Para cumplir con este requisito, a partir de la lectura de las especificaciones técnicas nacionales y la investigación de las actividades a inspeccionar, en los instructivos, Apéndice A. ITP-II-21 V02 Inspección de estructuras de puentes y Apéndice C. ITP-II-24 V01 Inspección de construcción de

estructuras de puentes, se enumera el instrumental necesario para realizar las labores de inspección, clasificándose según las distintas actividades. Se establece que los responsables a cargo deberán hacer uso de herramientas de limpieza para quitar polvo o escombros en los elementos que se inspecciona, herramientas de inspección visual como binoculares para examinar a distancia, foco para examinar lugares oscuros o espejos de inspección para evaluar los elementos que se encuentren en áreas inaccesibles. Los inspectores también deberán tomar distintas dimensiones, por lo que será imprescindible hacer uso de herramientas de medición, entre las cuales se encuentran la cinta métrica, el calibrador o vernier, medidor de inspección óptica, termómetro, calculadora, reloj o cronómetro, nivel, entre otros. Otro aspecto importante es la documentación para registrar la información de las estructuras, para ello se tienen los registros de inspección, las listas de verificación y las herramientas digitales desarrolladas. Asimismo, se indica cuál es el equipo de protección personal que se debe portar en toda actividad de evaluación.

No solo en los instructivos mencionados se establece el equipo necesario, de igual forma, en los registros de inspección Apéndice M. ITP-RI-33 Toma de datos inspección de construcción de estructuras de puentes y Apéndice B. ITP-RI-34 Inspección de inventario de estructuras de puentes, se tiene un espacio en donde el inspector debe anotar el nombre y el código del equipo crítico utilizado en las actividades, para tener un control de las herramientas utilizadas. Cada código es asignado por el organismo de inspección.

Al determinar el equipo de inspección, los responsables podrán conocer todas las herramientas que utilizarán y con esto prepararlas antes de iniciar las distintas inspecciones, evitando el no poder llevar a cabo una actividad por no contar con el equipo y que los resultados finales se vean afectados por esto.

Otro aspecto a tomar en cuenta son los métodos y procedimientos de inspección, se cumple lo que se establece con respecto a utilizar instrucciones adecuadas y documentadas para la planificación de las actividades, en los instructivos elaborados se explican detalladamente las actividades previas a la inspección y los deberes por cumplir, esto con el fin de desarrollar evaluaciones ordenadas y sistemáticas.

Continuando con los requisitos correspondientes a los métodos y procedimientos de inspección, se cumple que la documentación técnica se mantiene actualizada, puesto que todas las herramientas se elaboraron siguiendo los lineamientos establecidos en la normativa nacional vigente y en las últimas versiones de documentos internacionales, asegurando información y procedimientos de actualidad.

Con relación al requerimiento de contar con instrucciones documentadas para llevar a cabo con seguridad la inspección, este aspecto se cumple, ya que como parte de los objetivos del proyecto se confeccionó el instructivo Apéndice N. ITP-II-25 Medidas de seguridad para las actividades de inspección de puentes, en el cual se detallan los fundamentos de seguridad para realizar los trabajos de inspección de las actividades seleccionadas.

En cuanto a lo relacionado con el tratamiento de los ítems de inspección y muestras, cada documento desarrollado cuenta con una identificación única y con espacios para anotar las observaciones y anomalías que se registren en campo. Lo establecido a procedimientos e instalaciones adecuadas para evitar el deterioro o daño de los ítems no se toma en cuenta debido a que no forma parte del alcance del proyecto.

Acerca del sistema de registros, al elaborar las herramientas de inspección, se desarrolla un sistema de registros en los cuales se establecen los procedimientos y, además, con su adecuado uso es posible evaluar los resultados de las inspecciones. Del mismo modo, en cada registro elaborado, se tiene un espacio para indicar la información del inspector que realiza los trabajos de evaluación en campo, con el fin de cumplir el requisito establecido en la norma que solicita la identificación interna del inspector o inspectores.

Actualmente, ITP cuenta con plantillas para realizar los informes finales de inspección. En este documento se incluyen la identificación

única, la fecha de emisión, espacio para indicar la fecha de inspección e identificación de ítems, sitio para adjuntar todos los resultados de inspección con sus respectivas fotografías, esquemas u otro anexo para respaldar los resultados obtenidos en las actividades, por lo que este criterio también se cumple.

## Documentación técnica

### Especificaciones técnicas y actividades a inspeccionar

Para el desarrollo de la documentación técnica fue necesario realizar una revisión bibliográfica sobre los criterios necesarios para llevar a cabo las actividades de inspección seleccionadas, ya que a partir de esto se determinaría la información a incorporar en la documentación.

Adicionalmente, la información hallada fue primordial para realizar la actividad teórica informativa, dirigida al personal del organismo de inspección ITP.

El Manual de inspección de puentes (MOPT, 2007), el Bridge inspector's reference manual (FHWA, 2002) y el Bridge element inspection guide manual (AASHTO, 2010) se establecieron como las referencias principales para extraer la información referente a la inspección de estructuras de puentes existentes, ya que estos documentos reúnen ampliamente lo que se debe considerar para realizar las labores de dicha índole.

Para desarrollar las herramientas relacionadas con las actividades de inspección de la construcción de las estructuras de puentes, fue necesario tomar como guía el Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2020 (MOPT, 2020) puesto que es el documento oficial donde se establecen los parámetros necesarios para la construcción de puentes.

Dentro de la información relevante, se encuentran los deberes que cada inspector de campo debe cumplir, los cuales se tiene la planificación de la inspección. Para realizar inspecciones ordenadas y sistemáticas, el inspector deberá planificar las actividades a realizar en campo, es importante que determine

el tipo de inspección, seleccione el equipo según lo establecido en los instructivos desarrollados, evalúe las actividades requeridas como pruebas no destructivas o inspecciones acuáticas según el tipo de inspección establecida y los componentes o elementos que evaluará en campo y también deberá establecer un horario, es decir, deberá determinar si será una inspección matutina, vespertina o nocturna.

El inspector no solo debe planificar la inspección, también deberá prepararla, para ello, inicialmente debe revisar el expediente de la estructura del puente, la cual está conformada por los planos, especificaciones técnicas de diseño y construcción, características del entorno, mapas, esquemas, informes e inspecciones anteriores, según aplique el caso (inspección de estructuras de puentes existentes o inspección de construcción de estructuras de puentes). De igual modo, debe identificar los componentes y los elementos a inspeccionar según la información que obtiene a partir de la revisión del expediente de la estructura y con base en eso, desarrollar la secuencia de inspección y establecer un cronograma donde se incluya la duración aproximada de las actividades y subactividades de inspección.

Al establecer el cronograma, debe evaluar los protocolos necesarios para el control temporal de tráfico, el uso de equipo general o especializado como brazos mecánicos, plataformas, escaleras u otros, también será imprescindible que establezca los protocolos a seguir para el personal, indague si es necesario solicitar permisos con alguna entidad y de ser así, deberá solicitarlos para no incurrir en imprevistos durante la inspección y también es importante que si es necesario el uso de algún material peligroso, se establezca su debida manipulación.

Como último paso de la preparación de la inspección, el encargado de las evaluaciones tiene la responsabilidad de preparar y organizar la documentación técnica (instructivos, listas de verificación y registros de inspección) así como organizar y revisar las herramientas y el equipo necesario para llevar a cabo las actividades.

Al planificar y preparar la inspección, seguidamente se ejecutan las evaluaciones de campo. Es responsabilidad del inspector recopilar toda la información tanto del proceso constructivo como el estado de deterioro de las estructuras de puentes.

Las inspecciones visuales deben combinarse con el llenado de la documentación técnica desarrollada, garantizando inspecciones minuciosas y completas, además, todas las observaciones deben ser puntuales y cualquier inquietud, anomalía o imprevisto debe ser registrado por el inspector.

Finalmente, el inspector debe preparar el informe final de inspección haciendo uso de la plantilla desarrollada por el organismo de inspección ITP. Para cumplir con esto, el inspector se encargará de reunir suficiente información asegurando un informe completo y detallado de la estructura de puente o del proceso constructivo que se inspecciona. Al completar las herramientas, proporcionar fotografías, esquemas y observaciones de las inspecciones, se respaldan los resultados y se interpreta adecuadamente la información.

Otro aspecto encontrado en el estudio y análisis de las especificaciones técnicas y en las actividades a inspeccionar, fue el equipo de inspección. Tanto para las actividades de evaluación de estructuras de puentes existentes, como las de construcción de estructuras de puentes, es imprescindible que el inspector conozca sobre el instrumental a utilizar. Una de las ventajas de la documentación desarrollada, es que en los instructivos se puede hallar el equipo general y específico necesario para las labores.

Para la inspección de la construcción de las estructuras de puentes, se debe establecer el pago en función de la calidad de los trabajos terminados y aceptados según el cumplimiento de las especificaciones técnicas establecidas, tanto en los instructivos como las establecidas por el cliente o la administración del proyecto.

Cuando las propiedades o características de un producto, servicio o proceso terminado satisfacen las necesidades expresadas en las especificaciones y los resultados de dicha satisfacción o cumplimiento son obtenidos de un proceso de inspección desarrollado por el organismo, la actividad puede y será catalogada como terminada y aceptada y se procede al pago de la misma.

Con el registro de inspección Apéndice M. ITP-RI-33 V01 Toma de datos inspección de construcción de estructuras de puentes y las listas de verificación (Apéndices D a L), se puede respaldar el pago en función de la calidad, debido a que mediante su uso se detectan y se informan

las conformidades y no conformidades en el proceso constructivo.

Además, los trabajos aceptables conforme a las especificaciones establecidas se pagarán por medio de los reglones de pago que se establecen en el instructivo Apéndice C. al final de cada descripción de las actividades.

## **Actualización y elaboración de la documentación técnica**

La documentación técnica tiene como objetivo general servir como una herramienta de inspección práctica y eficaz. Con su uso se busca agilizar los procesos de evaluación en campo, sin dejar de lado la obtención de óptimos resultados.

A la hora de actualizar y elaborar las herramientas, fue primordial establecer una estructura sencilla para facilitar el uso de las mismas en las actividades de campo. Entre más clara y concisa es la información que se encuentra en la documentación, será más sencillo para el inspector realizar las actividades sin pasar por alto detalles importantes en la toma de datos, determinación de conformidades y no conformidades o en la evaluación de daños de las estructuras.

La secuencia de las actividades que se encuentran en las herramientas de inspección, cuenta con un orden lógico según el desarrollo del proceso constructivo (para el caso de la construcción de estructuras de puentes) o, una secuencia según el elemento de la estructura a inspeccionar, con el fin de que la inspección se realice de forma ordenada, no se escapen detalles en el proceso y para guiar al inspector en las actividades.

## **Instructivos**

Como parte de los objetivos planteados, se propuso actualizar la documentación técnica relacionada con la inspección de las estructuras de puentes existentes, elaborada por el organismo de inspección ITP. Para ello fue necesario estudiar el instructivo Apéndice A. ITP-II-21 V01 Inspección de estructuras de puentes, el cual es importante mencionar que después de actualizado, cambió su versión a V02.

Dentro de la actualización realizada, se mencionan y se describen los elementos de las estructuras de puentes relacionados con la seguridad, accesorios, accesos, superestructura y subestructura, ya que al evaluar este tipo de estructuras es imprescindible que los inspectores a cargo conozcan cada uno de estos elementos y sus características propias, con el fin de facilitar la comprensión del tema o para reforzar los conocimientos con los que el personal ya cuenta.

La descripción de cada elemento se basa en su definición y en la explicación de su objetivo principal dentro de la estructura del puente, en algunos casos según lo amerite, se puntualizan los diferentes tipos de elementos que se pueden encontrar, debido a que también es importante dar a conocer las opciones que el inspector puede hallar en campo.

Otro punto importante en la actualización del documento, fue la inclusión de los aspectos básicos de inspección, dentro de los cuales se encuentran los deberes del inspector a cargo, un ejemplo de secuencia de inspección y el equipo necesario para realizar las evaluaciones en campo. Con esta información se busca que el inspector conozca las actividades que deben llevar a cabo antes, durante y después de cada inspección, tratando de estandarizar las actividades y buscando que todo aquel que esté a cargo cumpla con las responsabilidades que conlleva el trabajo de inspección.

Los deberes del inspector se basan en las actividades de planificación, preparación y realización de la inspección, así como también, la elaboración del informe final en donde se reúne la información completa y detallada de lo inspeccionado en campo. Se especifican las tareas que se deben realizar para cumplir con los requisitos mínimos de cada deber.

A través de la secuencia de inspección ejemplificada, se enumeran los elementos a inspeccionar según los componentes del puente. Esta enumeración inicia con los componentes de seguridad, accesorios y accesos, seguidamente se establece inspeccionar los elementos de la superestructura, luego los elementos de la subestructura y finalmente los elementos del río.

Con esta secuencia se busca que el inspector organice sus labores según el elemento a inspeccionar, para hacerlo de manera ordenada y sin dejar por fuera algún elemento. Cabe destacar que la secuencia de inspección puede cambiar dependiendo del tipo de estructura de

puente que se evalúa, la condición global y la condición de los componentes, los requerimientos específicos que indique el organismo de inspección o la Administración de la estructura. También juega un papel muy importante el tamaño y la complejidad del puente y las condiciones del tráfico u otras condiciones especiales como las horas pico o el clima.

Como parte de la actualización del instructivo Apéndice A. ITP-II-21 V01 Inspección de estructuras de puentes, también se desarrolló un catálogo de daños para inspeccionar el grado de daño de los distintos componentes de las estructuras de puentes, en él se tipifican los daños más comunes encontrados en cada uno de estos según la investigación realizada a los diferentes documentos nacionales e internacionales.

Cada uno de los elementos se evalúa según el grado de daño que presentan haciendo uso de una escala que va desde 0 a 3, donde 0 significa que no existe daño o el daño es mínimo, 1 un daño leve, 2 un daño moderado y 3 un daño grave, situación en la cual se debe llevar a cabo una revisión estructural del elemento para determinar la capacidad de servicio del mismo y con esto establecer las medidas necesarias a seguir (cambio o reconstrucción). Para cada elemento se describen los daños que se pueden encontrar y la calificación del grado de daño asociada, para lo cual el inspector debe seleccionar el valor de la escala que se adecue, dependiendo de lo inspeccionado en campo.

Los daños que se pueden encontrar en los elementos de las estructuras de puentes se clasifican en daños por deformación, destrucción, discontinuidad, pérdida de sección, daños en la protección, desplazamiento/rotación y contaminación.

Los daños por deformación se dan por los cambios geométricos incompatibles con el diseño o condiciones de servicio. Algunos ejemplos son la deflexión, la cual es una deformación causada por las fuerzas de flexión; también se tiene la torsión, causada por fuerzas de torsión; dilatación, deformación provocada por fuerzas axiales; deslizamiento, originada por fuerzas cortantes y distorsión, deformación relacionada con el cambio de la sección transversal de los elementos. También se encuentran los daños por abrasión o desgaste, nidos de piedra, ondulaciones, surcos o impacto

por vehículos o elementos acarreados por las corrientes de agua.

La destrucción que se puede observar, se caracteriza por ser un cambio desfavorable de las características físicas o químicas del material del elemento, como una reducción de la resistencia; aumento de la permeabilidad, pérdida de tenacidad por endurecimiento (fragilidad), aflojamiento de las conexiones o la pérdida de pernos, agujeros o baches.

Otro daño típico es la discontinuidad del material. Este daño se presenta cuando existen cortes en la continuidad del material, presentándose incompatibilidades con el diseño original del elemento. Algunos ejemplos encontrados son las grietas, las cuales son discontinuidades perpendiculares a la superficie del elemento que abarca una parte de la sección transversal; delaminación, discontinuidades paralelas a la superficie y fracturas o división, las cuales se definen como discontinuidades perpendiculares a la superficie que abarcan toda la sección transversal, dividiéndola en partes separadas.

El daño por pérdida de material se produce por el deterioro de la sección transversal del elemento, disminuyendo su área total y efectiva y debido a esto, se da la exposición del acero de refuerzo o el acero de presfuerzo.

Los elementos también pueden verse afectados por los daños en la protección, estos daños hacen referencia a la disminución de la adherencia de la capa protectora, pérdida o insuficiencia del recubrimiento, disminución de la reflexividad en pinturas, decoloración (pérdida de color y brillo), desprendimiento de la pintura, entre otros.

Los daños en el desplazamiento o rotación son causados por la inclinación, la mala alineación o el movimiento de los elementos, siendo estos, cambios permanentes en la ubicación no asociados a una deformación.

Finalmente, los daños ocasionados por contaminación se dan por la presencia de cualquier tipo de impurezas o contaminantes no deseados, como la presencia de sales, óxido, aceites o vegetación superficial o penetrante.

Estos daños típicos se establecen según los materiales de cada elemento. Para algunos elementos no se evalúa la presencia o ausencia de los daños antes mencionados, sino que se evalúa la presencia o ausencia del sistema en general, la condición de las características físicas

y el cumplimiento de su función específica dentro de la estructura de puente. Estos daños se denominan como especificaciones generales. Un ejemplo de esto se da en la inspección de los sistemas de señalización e iluminación, la cual su evaluación se basa en la revisión de las especificaciones generales de cada sistema, dejando de lado los materiales utilizados para su confección.

Como anteriormente se mencionó, los daños típicos se establecen según los materiales de los elementos, los materiales regularmente utilizados son concreto (reforzado o presfuerzo), acero, madera, mampostería y asfalto.

En los elementos de concreto comúnmente se observa agrietamiento, delaminación, acero de refuerzo o presfuerzo expuesto, nidos de piedra, eflorescencia, agujeros y deformaciones por impacto.

El agrietamiento en los elementos de concreto se produce por la baja capacidad a tracción de este, originada por distintos fenómenos. Se pueden mencionar las grietas por corrosión, las cuales tienen un trazado paralelo al acero de refuerzo afectado y es frecuente que aparezcan manchas de óxido a lo largo del mismo trazado.

De igual forma, se pueden encontrar grietas por retracción plástica y por asentamiento plástico, fenómenos que se dan cuando el concreto está fresco. El primero es causado por la tensión capilar en el agua de los poros y el segundo fenómeno surge como consecuencia de los desplazamientos que sufre la masa de concreto en presencia de alguna fuerza, ya sea por la armadura de acero, áridos, entre otros.

También se pueden generar grietas debido a las deformaciones impuestas por temperatura, retracción o asentamientos diferenciales de las fundaciones. Este tipo de grietas aparecen donde la estructura se opone a los movimientos impuestos.

Otro tipo de agrietamiento se da por los esfuerzos provocados en la aplicación de cargas externas. Las grietas pueden ser por flexión, cortante o torsión. Las grietas por flexión generalmente se presentan en la cara inferior o superior de los elementos y el ancho de las mismas indica el nivel de esfuerzo de tracción al que han sido sometidas las barras, cuando los anchos son pronunciados indican altos esfuerzos por exceso de carga o por insuficiencia de armadura longitudinal principal.

Las grietas por cortante se caracterizan por ser oblicuas, generando un ángulo de  $45^\circ$  con la dirección de las armaduras principales. Estas grietas presentan un ancho variable y suelen presentar una separación máxima parecida a la separación de la armadura de cortante. Se pueden encontrar en las zonas cercanas a los apoyos o en el centro de la luz del elemento si hay cargas puntuales y armadura insuficiente.

Las grietas por torsión son transversales e inclinadas, similares a las grietas por cortante, pero su diferencia se basa en el patrón, siguen un patrón de espiral o de tipo helicoidal que atraviesan toda la sección de los elementos. Generalmente, son continuas que van rodeando todo el elemento con una tendencia a seguir líneas a  $45^\circ$ . Suelen verse con mayor intensidad en las zonas de empotramiento a torsión.

Para la inspección de las grietas en los elementos de concreto, se establece el ancho y el intervalo en el que comúnmente se presentan, para que el inspector observe, realice las mediciones y con base en los resultados que obtiene, determine el valor en la escala de grado de daño.

Otro daño es la delaminación. Esta ocurre cuando las capas de concreto se desprenden cerca del nivel superior o exterior del acero de refuerzo o presfuerzo, dando origen a su exposición. La mayor causa de delaminación es la expansión por la corrosión en la armadura debido a la intrusión de cloruros o sales.

En el catálogo de daños, la delaminación se evalúa observando y midiendo el área que se encuentra afectada por este defecto. El inspector deberá medir la profundidad o el diámetro del área para poder asignar un valor de la escala asignada. También deberá observar la presencia de barras de acero expuestas.

Los nidos de piedra son defectos superficiales que se desarrollan debido a malas prácticas en el proceso constructivo de los elementos de concreto. Su origen está en una colocación incorrecta del concreto, falta de vibrado o por la existencia de objetos extraños que han impedido el acceso del concreto fresco a todos los lugares de la pieza. Usualmente, los nidos de piedra son consecuencia de un erróneo planteamiento de la secuencia de colado de concreto, con elementos geoméricamente complejos y armadura mal dispuesta para la puesta en campo del concreto.

El responsable a cargo de las labores de inspección evaluará la presencia de nidos de piedra, contando la cantidad de estos en todo el elemento.

Con relación a la eflorescencia, esta también es una afección observada en los elementos de concreto. La eflorescencia son manchas superficiales producidas por la existencia de sales solubles en la masa de concreto. Su presencia indica que se ha producido evaporación de agua, señalando el paso de agua de mayor o menor importancia por la sección en la que se forman las manchas de coloración blancuzca.

La eflorescencia se evalúa según su presencia en la superficie o a lo largo de las grietas encontradas. La asignación del grado de daño dependerá de la cantidad de áreas afectadas con respecto a todo el elemento.

Finalizando con los daños que se manifiestan en los elementos de concreto, se tienen las deformaciones por impacto, son daños accidentales que la estructura debe soportar por esfuerzos provocados, por ejemplo, en colisiones de vehículos o también por elementos acarreados en las corrientes de agua.

Para evaluar los daños causados por el impacto de dichos esfuerzos se observan inicios de fisuramiento, deformaciones o pérdida de sección en el elemento.

Por otra parte, los daños comunes en los elementos de acero incluyen deformación, oxidación y corrosión, daños en las conexiones, grietas en la soldadura o en las placas, deformaciones por impacto, daños y efectividad del sistema de protección (decoloración, ampollas y descascaramiento).

La deformación de los elementos de acero son los cambios en su tamaño o forma, se dan por la aplicación de una o más fuerzas o la ocurrencia de dilatación térmica. De igual forma, los elementos de acero pueden verse afectados por el impacto de vehículos, provocando deformaciones en ciertas secciones de la estructura.

Al evaluar los daños por deformación, se realiza midiendo las áreas afectadas y con base en esta medición, se establece un valor de 0 a 3 según la escala desarrollada en el catálogo de daños.

Los elementos metálicos se ven ampliamente afectados por los factores climáticos y ambientales, por lo que requieren de un sistema

de protección adecuado y de un mantenimiento periódico. Cuando el sistema de protección es deficiente, el metal comienza a deteriorarse por las alteraciones químicas debido a las variaciones en la temperatura, humedad y agresividad del aire, dando origen a la corrosión.

La corrosión provoca pérdidas de sección, alterando las propiedades físicas y mecánicas de los elementos y pueden derivarse en pequeños agujeros o inclusive, en amplias perforaciones en los elementos, disminuyendo la capacidad resistente de estos. Este fenómeno también puede provocar daños en las conexiones porque puede ocasionar una ruptura en las mismas o la pérdida de las cabezas de los pernos.

Los inspectores a cargo deben prestar atención a las condiciones del sistema de protección, la pintura es un factor clave en la prevención de la corrosión. Se debe evaluar el envejecimiento de esta, la presencia de decoloraciones, ampollas o descascaramiento.

Las zonas más susceptibles a la corrosión son las alas superiores o inferiores de las vigas, alrededor de las cabezas de los pernos, en diafragmas y conexiones, bajo las juntas de la calzada y en zonas donde puedan estar expuestas al drenaje de la calzada o en los extremos de las vigas donde pueda acumularse suciedad, por lo que estas serán zonas donde el inspector debe prestar mayor atención en las labores de inspección y observar el tamaño de las áreas afectadas y el color de la oxidación.

Otro aspecto importante a evaluar son las conexiones de los elementos de metal, estas pueden verse afectadas por la corrosión, las vibraciones excesivas del paso del tráfico, por defectos constructivos o por la existencia de cargas mayores a las de diseño. En campo se debe inspeccionar que las conexiones se encuentren en su lugar, no posean rupturas y si existe un faltante de pernos. También será necesario evaluar la presencia de grietas en la soldadura o en las placas de unión, ya que los elementos de acero son susceptibles a sufrir agrietamiento por fatiga.

En las estructuras de puentes también se pueden encontrar elementos de madera, estos son deteriorados por fenómenos como la pudrición, laminación, agrietamiento, división de los elementos, abrasión o desgaste y daños por impacto.

Se puede detectar pudrición por hongos o humedad, daños por parásitos, grietas que se prolongan desde las zonas de tensión hasta las zonas de compresión, amplias divisiones y daños por desgaste provocando pérdida de sección. El inspector investigará visualmente la extensión de los daños y los documentará apropiadamente según la descripción de cada daño desarrollada en el catálogo.

Con relación a los elementos de mampostería, estos se ven afectados por el agrietamiento del mortero y de los bloques, la presencia de eflorescencia y por el posible impacto de los vehículos u otros elementos.

Los bloques de mampostería se pueden despegar originando agujeros en los elementos debido a que el mortero que se utiliza para unirlos se ve afectado por los cambios bruscos de temperatura. También se pueden observar grietas en el mortero por los cambios térmicos, debido a que se originan tensiones internas que superan la capacidad resistente a la tracción y el resultado son estas fisuras.

En sitio se inspecciona la aparición de las grietas en el mortero, las dimensiones de su ancho y el intervalo entre cada una de ellas, así como también, el agrietamiento de los bloques y el faltante de alguno de estos.

Al igual que los elementos de concreto y acero, los elementos de mampostería se ven afectados por la presencia de eflorescencia, se debe evaluar el área del elemento afectada y caracterizarla según la escala de grado de daño. Es importante que el inspector no confunda las manchas por eflorescencia con las manchas por mortero, las últimas se presentan por la incorrecta eliminación del sobrante de este material durante la colocación de los bloques de mampostería.

Dentro de los materiales de los elementos se encuentra el asfalto, utilizado en la superficie de rodamiento y en las losas de aproximación de las estructuras de puentes. El estado de este elemento influye de manera importante en la durabilidad de la estructura. Se pueden encontrar daños por ondulaciones, surcos, agrietamiento, baches y sobrecapas.

Las ondulaciones se caracterizan por ser una serie de levantamientos tipo ondas, poco separadas y un poco regulares. Se originan por el tráfico, donde la capa base o la subrasante es débil o tiene poca estabilidad.

Así como las ondulaciones, los surcos son un tipo de deformaciones en el asfalto. Estas son depresiones longitudinales que coinciden con la zona por donde pasan las ruedas de los vehículos, se forman por mezclas que no fueron suficientemente compactadas o por plastificación.

Al hacer referencia al agrietamiento, se pueden observar tres tipos de grietas. Las grietas más comunes se desarrollan por fatiga, también conocidas como “piel de lagarto”, consisten en una serie de fisuras interconectadas entre sí formando una red. Se originan por la fatiga del material en las zonas que reciben la mayor parte de las sollicitaciones.

También se pueden hallar grietas longitudinales. Causadas por una mala construcción cuando coinciden con el eje de la calzada, debilidad de la capa base cuando coinciden con la huella de paso de los vehículos o por contracción térmica cuando están en otras posiciones o posibles juntas estructurales longitudinales.

Otro tipo de grietas son las transversales, estas son perpendiculares al eje de la calzada. Se producen por gradientes térmicos, especialmente en mezclas muy rígidas o por juntas de construcción mal ejecutadas.

La superficie de rodamiento también puede presentar baches o hundimientos, los cuales son defectos en la nivelación de la vía. Se pueden presentar debido a mezclas asfálticas mal dosificadas o con compactación insuficiente, de igual forma se pueden generar por posibles deficiencias en la adherencia entre las capas.

Como se explica en el Manual de inspección de puentes del MOPT (MOPT, 2007), las sobrecapas son totalmente prohibidas debido a la carga muerta adicional equivalente al peso de la carga máxima del vehículo que pasa por la estructura, la existencia de este daño se califica como grave en la escala de grado de daño.

Los daños antes descritos deberán evaluarse por medio de la escala de grado de daño desarrollada. Para ello, el inspector examinará la superficie de rodamiento o las losas de aproximación, analizará las características de la o las imperfecciones, seguidamente tomará sus dimensiones y finalmente, asignará un valor de 0 a 3 según el daño que se encuentre analizando.

Como se ha planteado anteriormente, los daños típicos de los elementos se clasifican según los materiales, pero existen sistemas que

se inspeccionan según sus características específicas dentro de las estructuras de puentes.

Los elementos de demarcación horizontal y señalización vertical se evalúan según el estado y ubicación dentro de la estructura de puente, ya que es imprescindible que se encuentren en buenas condiciones, es decir, que se perciba el mensaje que la señal pretende transmitir para que el conductor pueda reaccionar y ejecutar la maniobra adecuadamente, según sea el caso.

Para el caso del sistema de iluminación, el inspector debe examinar los componentes y la funcionalidad de los mismos, verificar que no estén dañados o que su funcionamiento se vea interrumpido. También es importante que se inspeccione posibles efectos de deslumbramiento en los usuarios debido a que esto puede ser la causa de accidentes en la vía.

Los sistemas de contención vehicular pueden presentar daños en el material (concreto, acero, madera o mampostería) pero también pueden presentar imperfecciones en aspectos como la alineación vertical, altura o ausencia del sistema en ciertos tramos de la estructura de puente, para ello el inspector podrá indicar estos defectos en los daños denominados como especificaciones generales.

Otros elementos que no se inspeccionan según el tipo de material, sino por su funcionalidad dentro de la globalidad de la estructura de puente, son las juntas de expansión. Inicialmente, se debe inspeccionar la presencia de filtraciones de agua, pueden observarse en la zona de la junta o en los alrededores de la misma, esto puede afectar gravemente la subestructura. Dentro de las causas de infiltraciones de agua se pueden mencionar mala ejecución, envejecimiento de la junta, ausencia de algún componente o una inadecuada disposición.

Asimismo, se debe evaluar el faltante de material porque puede generar problemas de filtraciones de agua. Algunas causas de este daño son el impacto de los vehículos, una construcción defectuosa o que no se ha empleado una adecuada junta para el tipo de puente que se inspecciona.

El daño que aparece con mayor frecuencia en las juntas de expansión es la obstrucción. Al encontrarse obstruidas su adecuado funcionamiento se ve impedido, provocando la rotura de partes importantes del elemento y generando otros daños. Si la junta

está obstruida por partículas diversas o vegetación, el daño puede fácilmente repararse con métodos de limpieza, pero cuando la estructura de puente ha sido repavimentada puede provocar daños graves o inclusive provocar la necesidad de sustituir elementos de la junta o la totalidad de la misma.

Al actualizar el instructivo Apéndice A. ITP-II-21 V01 Inspección de estructuras de puentes, también fue necesario establecer una metodología de inspección que le permita al organismo determinar el estado o la condición de las estructuras de puentes, para ello se hizo uso de la Guía para la determinación de la condición de puentes en Costa Rica mediante inspección visual (LanammeUCR, 2015).

Se utilizó esta guía debido a que la Unidad de Puentes del LanammeUCR la ha desarrollado como una referencia de aplicación práctica para la evaluación de una amplia gama de tipologías estructurales de puentes, para esto, la Unidad de Puentes ha analizado los procedimientos utilizados en 12 países y ha adaptado estas metodologías internacionales a las condiciones del país y las necesidades de la infraestructura nacional, por lo que se convierte en una robusta herramienta que al ser utilizada, minimiza la subjetividad de las evaluaciones generando mejores resultados.

Dentro de las ventajas que cuenta la guía, se pueden mencionar las siguientes: permite incorporar parámetros asociados a la vulnerabilidad sísmica, importancia estratégica de cada puente, grado de deterioro y antigüedad; contempla aspectos estructurales enfocados en salvaguardar la integridad del puente, la seguridad de los usuarios, amenazas naturales y las labores de conservación que promueven puentes durables; proporciona una calificación de la condición general de los puentes; además de brindar una calificación global de la estructura, posibilita un análisis específico de los múltiples elementos de la misma y a partir de esto, se pueden enfocar los esfuerzos de conservación, rehabilitación, o diseño de prevención de daños a los elementos más críticos y establece recomendaciones asociadas a la urgencia de atención de la estructura, labores de reparación y mantenimiento, o la necesidad de estudios adicionales.

La guía cuenta con seis pasos, los cuales se encuentran debidamente detallados y explicados en el instructivo Apéndice A, para que

los responsables de las inspecciones puedan llevar a cabo las actividades adecuadamente, llevándolos a obtener la calificación global del puente que evalúan, con su respectiva necesidad de atención y medidas a seguir como recomendaciones.

Continuando con la elaboración de los instructivos, como punto de partida, se tomó como referencia la estructura establecida por el organismo de inspección en otras herramientas ya aprobadas y siguiendo los estándares de la Norma INTE-ISO/IEC 17020:2012, para dar seguimiento y estandarización a la documentación. A partir de esto, se organizaron las secciones y el contenido de cada una de estas para confeccionar las herramientas.

Todos los instructivos cuentan con un encabezado donde se dispone el logo del organismo de inspección ITP, el nombre específico del instructivo, su respectivo código, la versión y la fecha de aprobación del mismo. Esta información tiene como objetivo identificar de manera única a la herramienta, criterio solicitado por la Norma INTE-ISO/IEC 17020:2012.

Asimismo, en cada instructivo, por medio de la sección de propósito y alcance, se determina de una manera clara, sencilla y concreta, el objetivo que se busca alcanzar a lo largo del desarrollo de las actividades de inspección.

Los instructivos cuentan con instrucciones claras para realizar las actividades de evaluación. En ellos se puntualizan el equipo necesario, las actividades previas a la inspección y las actividades propias de inspección, esto es una clara ventaja, puesto que, el personal a cargo dispone de toda la información necesaria para llevar a cabo con seguridad los trabajos de supervisión.

Es importante mencionar que, al desarrollar el instructivo Apéndice C. ITP-II-24 Inspección de construcción de estructuras de puentes, fue necesario extraer del Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2020 (MOPT, 2020), las secciones correspondientes a la etapa de inspección en campo, dejando de lado las etapas de diseño y planificación. Estas secciones se pueden visualizar en la Figura 38. Esto se realizó de esta manera para que el inspector no se perdiera en tanta información y pudiera encontrar de forma puntual las

especificaciones que le hicieran cumplir con sus competencias.

Dentro de las secciones del instructivo relacionado con la construcción de estructuras de puentes (Apéndice C), se encuentra una guía de inspección en la cual se establecen los procedimientos que se deben llevar a cabo para el adecuado uso de la documentación técnica relativa a estas actividades, con el fin de evitar errores en su uso.

Con relación al instructivo Apéndice N. ITP-II-25 Medidas de seguridad para las actividades de inspección de puentes, se busca garantizar la integridad del personal inspector mientras se realizan las actividades. Al poner en práctica las medidas que en el instructivo se mencionan, se desarrollan conductas, hábitos y actitudes favorables para el control de los riesgos. Dentro de las medidas se encuentran los lineamientos que se deben seguir para minimizar los accidentes por errores humanos o la falla de algún equipo y también las pautas necesarias según el escenario que se presenta en el sitio (alturas, espacios confinados y control de tráfico).

Otro aspecto importante es dar a conocer cuál es el equipo de protección personal que los evaluadores deben portar en todo el periodo de desarrollo de las actividades de inspección.

## Listas de verificación

Las listas de verificación son una herramienta práctica para determinar las conformidades y no conformidades de los trabajos. Con su uso, se tiene la ventaja de identificar a simple vista las especificaciones no conformes, porque con la asignación de una respuesta negativa inmediatamente hace referencia a que la especificación no se realiza adecuadamente o no se cumple con lo establecido.

Además de las casillas de verificación correspondiente a las opciones “Sí” y “No”, se tiene la opción “NA”, la cual indica la no aplicación de la especificación en cuestión. Esto se asocia directamente con las características propias del proyecto que se inspecciona. Esta opción fue necesaria de introducir dentro de las casillas, ya que al no contar con ella y seleccionar la opción “No” podría generar confusiones y un error en la interpretación de los datos, tomando esa especificación como una no conformidad.

Para el caso de las especificaciones en las que se pueda generar varias opciones que la hagan cumplir, por ejemplo, diferentes métodos, procedimientos o materiales, el inspector cuenta con un espacio de observaciones en donde deberá indicar cuál es la opción que se utiliza en el proyecto.

Otra utilidad del espacio de observaciones es anotar la razón de ser de las no conformidades y las especificaciones que no aplican. El inspector deberá explicar mediante comentarios técnicos y específicos la escogencia de estas opciones.

## Registros de inspección

Se comportan como una herramienta de recopilación de datos de forma ordenada y simultánea al proceso de inspección. Durante su concepción, fue primordial establecer una estructura que facilitara anotar y organizar los datos.

Al igual que los instructivos y las listas de verificación, los registros de inspección cuentan con un encabezado donde se dispone el logo del organismo de inspección ITP, el nombre específico del registro, su respectivo código, la versión y consecutivo. Esto con el fin de cumplir con lo establecido en la Norma INTE-ISO/IEC 17020:2012.

El registro de inspección Apéndice M. ITP-RI-33 Toma de datos inspección de construcción de estructuras de puentes, reúne la información específica del proyecto que se inspecciona, como las coordenadas inicial y final, localización y los estacionamientos inicial y final, para establecer el posicionamiento en el territorio nacional. De igual forma, en él se debe anotar el nombre del proyecto, la empresa contratista y si se cuenta o no con el diseño y el trazado topográfico. Esta información dependerá de cada proyecto y será de gran importancia a la hora de realizar los informes finales de inspección.

Al realizar las inspecciones referentes al proceso constructivo, el organismo de inspección juega un papel importante, puesto que, de él, dependerá el pago en función de la calidad de los trabajos inspeccionados en campo. Cada actividad que se inspecciona y es considerada objetiva y responsablemente como terminada y aceptada según el cumplimiento de las especificaciones técnicas, se anotarán en el

registro de inspección junto con su descripción, reglón de pago, cantidad y unidad, para que posteriormente se efectúe el pago al contratista establecido.

Respecto al equipo, maquinaria y mano de obra, el registro de inspección permite indicar cuáles son los recursos utilizados durante la ejecución de las actividades, se puede anotar las características (nombre, modelo, código) de los mismos, para mantener un registro completo.

En el registro de inspección Apéndice B. ITP-RI-34 Inspección de inventario de puentes, se contemplan las características generales de la estructura, los datos de la superestructura y subestructura y el grado de daño de los distintos elementos de las estructuras de puentes. Fue conveniente establecer un orden de acomodo de estas secciones, para facilitar la recolección y comprensión de los datos.

Cada ítem cuenta con su respectivo espacio para anotar la información según la inspección que se realiza, en algunos casos el inspector deberá seleccionar una de las opciones establecidas según las características de la estructura del puente. De igual forma, dentro del registro de inspección se encuentran algunas consideraciones y figuras para aclarar ciertos ítems, son detalles que el inspector no puede pasar por alto y le serán de utilidad para anotar los datos.

Al final de cada instructivo se tiene un espacio para observaciones, se le insta al inspector utilizarlo para registrar cualquier inquietud, anomalía o imprevisto que surjan en el desarrollo de las evaluaciones. Igualmente, es un espacio destinado para que se anote cualquier observación que se considere pertinente. En algunos casos, la obtención de las dimensiones de las estructuras de puentes se puede llevar a cabo mediante distintos métodos, para esto también es importante el uso del espacio de observaciones o también, cuando existen diferentes dimensiones de un mismo tipo de elemento, en el espacio asignado solo se anota el promedio o el dato más crítico, pero será necesario aclarar en observaciones las dimensiones reales de cada componente.

Las plantillas de los esquemas son espacios para que el inspector realice en campo los bosquejos de las estructuras, indicando dimensiones, materiales, servicios, daños y cualquier comentario que se considere importante. Estos esquemas, junto con las

fotografías, son relevantes para respaldar la información de los registros de inspección.

## Herramienta digital

El propósito de la herramienta digital desarrollada es proporcionarle al equipo evaluador la opción de utilizar la documentación técnica no solo de manera física (al imprimir cada documento), sino que también pueda aprovecharla de forma digital, por medio de dispositivos electrónicos como lo son los celulares o tabletas, inclusive mediante computadoras.

Con su uso la manipulación de la documentación se vuelve aún más práctica y sencilla, se disminuyen los riesgos por pérdida de documentos o el deterioro que los materiales utilizados (hojas de papel) puedan sufrir durante las actividades de inspección. Otra ventaja que se obtiene al utilizar esta herramienta es la disminución de gastos por impresión y uso de papel.

Tanto la documentación referente a las actividades de inspección de las estructuras de puentes existentes como las actividades de inspección de la construcción de este tipo de estructuras, cuentan con ambas modalidades, herramientas para uso físico y digital, dejando a criterio del personal la escogencia de uso.

Las herramientas cuentan con botones a las diferentes secciones las cuales el usuario puede seleccionar, garantizando la movilización dentro de la misma. La forma de llenado de información se realiza mediante listas, casillas para seleccionar distintas opciones o directamente por medio del teclado del dispositivo electrónico.

Un aspecto importante de la herramienta digital desarrollada para inspeccionar las estructuras de puentes existentes, es la programación de la calificación global de la estructura que se inspecciona. El inspector mediante la asignación de los parámetros que en la metodología de inspección se explican, los cuales son el grado de daño (haciendo uso del catálogo de daños desarrollado), la relevancia estructural, el tipo de falla y el grado de consecuencia de falla, se obtiene la calificación de cada elemento del puente y finalmente, la calificación global de la estructura.

Dicha calificación global se asigna en función del elemento con mayor puntaje obtenido

y las condiciones pueden ser satisfactoria, regular, deficiente, seria, alarmante o como un riesgo inaceptable o falla inminente. A partir de la calificación obtenida, se obtienen las necesidades de atención y las acciones que se pueden llevar a cabo.

## Cambios en la documentación técnica

Todos los cambios realizados a las distintas herramientas de inspección se basaron en los comentarios y observaciones generadas por el Gestor Técnico Regional de ITP, Ing. Joseth Mora Mara, quien al revisar la documentación y con su experiencia, determinó los puntos de mejora de las mismas.

Los cambios más importantes ejecutados en los documentos de inspección de la construcción de estructuras de puentes, fueron la síntesis de las actividades con el fin de condensar la información relevante y evitar que las herramientas se convirtieran en documentos extensos, difíciles de comprender y de procesar por los inspectores. Además, la principal función de estos documentos es facilitar y agilizar las labores de inspección, por lo que era necesario mantener la practicidad de los mismos para ser usados en campo.

Otro aspecto fue el establecimiento de los códigos de toda la documentación técnica. Inicialmente, no contaban con un código, pero al finalizar y aprobar todas las herramientas, en conjunto con la Ing. Shirleny Salas Picado, responsable del Sistema de Gestión de Calidad, a cada herramienta se le asignó el código definitivo, mismo que será utilizado para identificar la documentación dentro del organismo de inspección.

## Actividad teórica informativa

Respecto a la actividad teórica realizada, esta cumplió con su objetivo, el cual era informar al personal del organismo de inspección sobre el manejo de la documentación técnica elaborada y sobre la ejecución de las inspecciones de las estructuras de los puentes a nivel general.

Asimismo, aclarar las dudas que al personal le surgiera sobre estos temas fue fundamental.

Durante la actividad se aclararon dudas sobre el uso de las herramientas y los formularios del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP), abarcando su objetivo y la forma en que se introducen los datos al sistema.

Prosiguiendo con la aclaración de dudas, también se plantearon los requisitos y las competencias con las que debe contar el personal inspector, dado que, para el organismo de inspección, se vuelve imperativo emplear ingenieros o técnicos que cumplan con estas características y que posean la experiencia necesaria para llevar a cabo las actividades de evaluación.

Finalmente, se estableció un intercambio de ideas sobre las posibles metodologías a utilizar para categorizar o establecer un criterio final sobre el estado de deterioro, específicamente de las estructuras de puentes existentes, debido a que se vuelve necesario no solo realizar una inspección visual, sino que también es importante calificar el puente tomando en cuenta la urgencia de su reparación y con ello definir estrategias de mantenimiento o rehabilitación.

# Conclusiones

Se elaboraron instructivos, listas de verificación y registros de inspección que cumplen con lo establecido en la normativa nacional vigente y, además, se apegan a los criterios generales y de evaluación de la Norma INTE-ISO/IEC 17020:2012 concernientes al equipo, métodos y procedimientos de inspección, tratamiento de ítems y registros de inspección.

La estructura de la documentación técnica se basa en la establecida por el organismo de inspección ITP para generar una estandarización y familiarización entre los documentos desarrollados.

El catálogo de daños desarrollado en el instructivo Apéndice A. ITP-II-21 V02 Inspección de estructuras de puentes, tipifica y describe los daños comúnmente encontrados en los elementos de las estructuras de puentes, evaluándolos según la escala de daño que va desde 0 a 3.

El instructivo Apéndice C. ITP-II-24 Inspección de construcción de estructuras de puentes, describe los lineamientos y las principales actividades que se deben seguir para evaluar la construcción de las estructuras que componen los puentes, considerando las especificaciones técnicas nacionales y especificaciones del cliente o administración del proyecto.

El instructivo Apéndice N. ITP-II-25 Medidas de seguridad para las actividades de inspección de puentes, establece las medidas de seguridad indispensables para prevenir cualquier riesgo que pueda atentar contra la seguridad e integridad del personal inspector.

Con el registro de inspección Apéndice M. ITP-RI-33 Toma de datos inspección de construcción de estructuras de puentes y las listas de verificación, se puede respaldar el pago en función de la calidad de las actividades, debido a que mediante su uso se detectan y se informan las conformidades y no conformidades en el proceso constructivo.

Con el uso de los instructivos, listas de verificación y registros de inspección, se podrá inspeccionar y controlar los procesos de evaluación seleccionados porque con la documentación se obtiene información en campo y al mismo tiempo se verifica el cumplimiento de las especificaciones técnicas establecidas.

Por medio de la actividad teórica informativa se da a conocer la documentación técnica desarrollada, así como, las consideraciones generales para realizar las inspecciones de las actividades seleccionadas.

# Recomendaciones

Al organismo de inspección ITP:

Validar los instructivos, listas de verificación y registros de inspección desarrollados para evaluar la condición de las estructuras de puentes existentes y la construcción de nuevas estructuras de puentes en el territorio nacional.

Validar el catálogo de daños desarrollado para ser utilizado en la inspección de los componentes y elementos de las estructuras de puentes existentes.

Validar la metodología de inspección establecida para calificar globalmente las estructuras de puentes existentes.

Revisar la documentación técnica desarrollada y modificarla, si es necesario, hasta lograr las condiciones óptimas de estructura y contenido para facilitar la evaluación de las actividades de inspección seleccionadas.

Ampliar las actividades de inspección de construcción de estructuras de puentes, abarcando toda la División 550: Construcción de Puentes del CR-2020, para garantizar la inspección de todo el proceso constructivo de este tipo de estructuras.

Capacitar constantemente a los inspectores, de forma teórica y práctica, y de igual forma, evaluar su desempeño técnico.

Brindar al personal de inspección equipo y herramientas en buen estado, para facilitar el trabajo y garantizar el desarrollo de inspecciones adecuadas.

Implementar del uso del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP), para ejecutar de manera completa la inspección de inventario de estructuras de puentes existentes.

# Apéndices

**Apéndice A.** ITP-II-21 V02 Inspección de estructuras de puentes.

**Apéndice B.** ITP-RI-34 V01 Inspección de inventario de estructuras de puentes.

**Apéndice C.** ITP-II-24 V01 Inspección de construcción de estructuras de puentes.

**Apéndice D.** ITP-RI-35 V01 Lista de verificación hinca de pilotes.

**Apéndice E.** ITP-RI-36 V01 Lista de verificación acero de refuerzo.

**Apéndice F.** ITP-II-37 V01 Lista de verificación sistema de contención vehicular para puentes.

**Apéndice G.** ITP-RI-38 V01 Lista de verificación drenajes en puentes.

**Apéndice H.** ITP-RI-39 V01 Lista de verificación pintura.

**Apéndice I.** ITP-RI-40 V01 Lista de verificación accesorios de apoyo.

**Apéndice J.** ITP-RI-41 V01 Lista de verificación pilotes de concreto preexcavado y colado en sitio.

**Apéndice K.** ITP-RI-42 V01 Lista de verificación juntas impermeabilizantes del agua.

**Apéndice L.** ITP-RI-43 V01 Lista de verificación encofrado y andamiaje.

**Apéndice M.** ITP-RI-33 V01 Toma de datos de construcción de estructuras de puentes.

**Apéndice N.** ITP-II-25 V01 Medidas de seguridad para las actividades de inspección de puentes.

**Apéndice O.** Herramienta digital - Estructuras de puentes existentes.

**Apéndice P.** Herramienta digital - Construcción de estructuras de puentes.

# Referencias

- Acuña, R. 2016. **GUÍA DE DISEÑO Y EVALUACIÓN DE CICLOVÍAS PARA COSTA RICA.**
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). 2010a. **AASHTO BRIDGE ELEMENT INSPECTION GUIDE MANUAL.** Fifth Edition. Washington, D.C., USA.
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). 2010b. **AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS.** Fifth Edition. Washington, D.C., USA.
- Castillo, R. y Anchía, R. 2018. **TÉRMINOS DE USO FRECUENTE POR INSPECTORES DE PUENTES.**
- Ente Costarricense de Acreditación (ECA). 2021a. **ACREDITACIÓN DE ORGANISMOS DE INSPECCIÓN.**
- Ente Costarricense de Acreditación (ECA). 2021b. **CRITERIOS PARA LA GUÍA DE APLICACIÓN DE LA NORMA INTE-ISO/IEC 17020:2012.**
- Federal Highway Administration (FHWA). 2002. **BRIDGE INSPECTOR'S REFERENCE MANUAL.** Virginia, USA.
- Grupo ACMS Consultores. 2021. **¿QUÉ ES LA NORMA ISO 17020? BENEFICIOS DE LA ACREDITACIÓN.** <https://www.grupoacms.com/consultora/que-es-la-norma-iso-17020>
- Ingeniería Técnica de Proyectos (ITP). 2021. **SOBRE NOSOTROS.** <https://www.itp.cr/sobre-nosotros/>
- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO). 2012. **EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD — REQUISITOS PARA EL FUNCIONAMIENTO DE DIFERENTES TIPOS DE ORGANISMOS QUE REALIZAN LA INSPECCIÓN (INTE-ISO/IEC 17020:2012).**
- LanammeUCR. 2015. **GUÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CONDICIÓN DE PUENTES EN COSTA RICA MEDIANTE INSPECCIÓN VISUAL.**
- LanammeUCR. 2016. **RECOMENDACIONES PARA MEJORAR EL MANUAL DE INSPECCIÓN DE PUENTES DEL MOPT LM-PI-UP-01-2016.**
- Ley N° 8279. **SISTEMA NACIONAL PARA LA CALIDAD.** Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica, 21 de mayo del 2002.
- Ministerio de Fomento del Gobierno de España. 2012. **GUÍA PARA LA REALIZACIÓN DE INSPECCIONES PRINCIPALES DE OBRAS DE PASO EN LA RED DE CARRETERAS DEL ESTADO.**
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). 2002. **TOMO DE DISPOSICIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN VIAL.**
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). 2007. **MANUAL DE INSPECCIÓN DE PUENTES.**
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). 2014. **REVISIÓN AL MANUAL DE INSPECCIÓN DE PUENTES, PRIMERA EDICIÓN 2007.**

- Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). 2015. **MANUAL TÉCNICO DE DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD Y CONTROL TEMPORAL DE TRÁNSITO PARA LA EJECUCIÓN DE TRABAJOS EN LAS VÍAS.**
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). 2020. **MANUAL DE ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS, CARRETERAS Y PUENTES, CR-2020.**
- Ministerio de Transporte de la República de Colombia. 2006. **MANUAL PARA LA INSPECCIÓN VISUAL DE PUENTES Y PONTONES.**
- Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones del Gobierno de Chile. 2020. **MANUAL DE SEÑALIZACIÓN DE TRÁNSITO.**
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones de la República de Perú. 2006. **GUÍA PARA INSPECCIÓN DE PUENTES.**
- Ortiz, G. 2021. **CONCEPTOS BÁSICOS DE EVALUACIÓN DE PUENTES** [capacitación]. Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes, Cartago, Costa Rica.
- Ortiz, G. 2022. **CONCEPTOS BÁSICOS DE EVALUACIÓN DE PUENTES** [capacitación]. Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes, Cartago, Costa Rica.
- Páez, G. 2022a. **INSPECCIÓN VISUAL PUENTE TEC** [capacitación]. Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes, Cartago, Costa Rica.
- Páez, G. 2022b. **MANUAL DE INSPECCIÓN DE PUENTES** [capacitación]. Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes, Cartago, Costa Rica.
- Quirós, C. y Castillo, R. 2012. *Barandas para contención vehicular en puentes.* **PTRA** Costa Rica. No 3:8 p.
- Robles, A. 2022. **CONTROL TEMPORAL DE TRÁNSITO PARA LA EJECUCIÓN DE TRABAJOS EN LAS VÍAS** [capacitación]. Programa de Evaluación de Estructuras de Puentes, Cartago, Costa Rica.
- Valenzuela, S. 2008. **METODOLOGÍA DE GESTIÓN DE PUENTES A NIVEL DE RED BASADA EN INSPECCIÓN VISUAL.** Tesis de maestría. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Zamora, J. 2012. **EVALUACIÓN DE SEGURIDAD VIAL DE PUENTES EN COSTA RICA.**

**Apéndice A.** ITP-II-21 V02 Inspección de estructuras de puentes.

Elaborado por:	Puesto:	Firma:	Fecha:
Revisado por:	Puesto:	Firma:	Fecha:
Aprobado por:	Puesto:	Firma:	Fecha:

Copia No. \_\_\_\_\_ Entregado a: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

**CONTROL DE CAMBIOS**

No.	Página	Cambio realizado	Realizado por	Fecha
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

## **1. PROPÓSITO Y ALCANCE**

Este instructivo describe los procedimientos y métodos para realizar el inventario de puentes y evaluar su deterioro. La información recopilada durante la inspección de puentes es fundamental para programar el mantenimiento oportuno, de su calidad 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.

## **2. RESPONSABILIDADES**

- 3.1. Es responsabilidad del Gerente General velar por que el Ingeniero de Proyecto de Inspección Regional, cuando se le asigne un proyecto de inspección, estudie el contrato, especificaciones del cliente, regulaciones y reglamentos aplicables en el país, a fin de que incluya en la inspección, los requerimientos propios del proyecto, tanto al inicio como cuando se presenten modificaciones por parte del cliente u otras entidades regulatorias.
- 3.2. Es responsabilidad del Ingeniero de Proyecto de Inspección Regional velar por que los Inspectores apliquen de forma correcta esta instrucción y dejen evidencia del resultado de su aplicación.
- 3.3. Es responsabilidad de los Inspectores aplicar de forma oportuna este instructivo y siempre dejar registro y observaciones de los resultados obtenidos en el campo.
- 3.4. Es responsabilidad del Coordinador de Calidad Regional, velar porque el OI trabaje con la versión vigente tanto de este instructivo como de las especificaciones o requerimientos aplicables.

## **3. REFERENCIAS**

### **3.1. REFERENCIAS INTERNAS**

- 4.1.1. "Términos y definiciones" (ITP-MC-03).

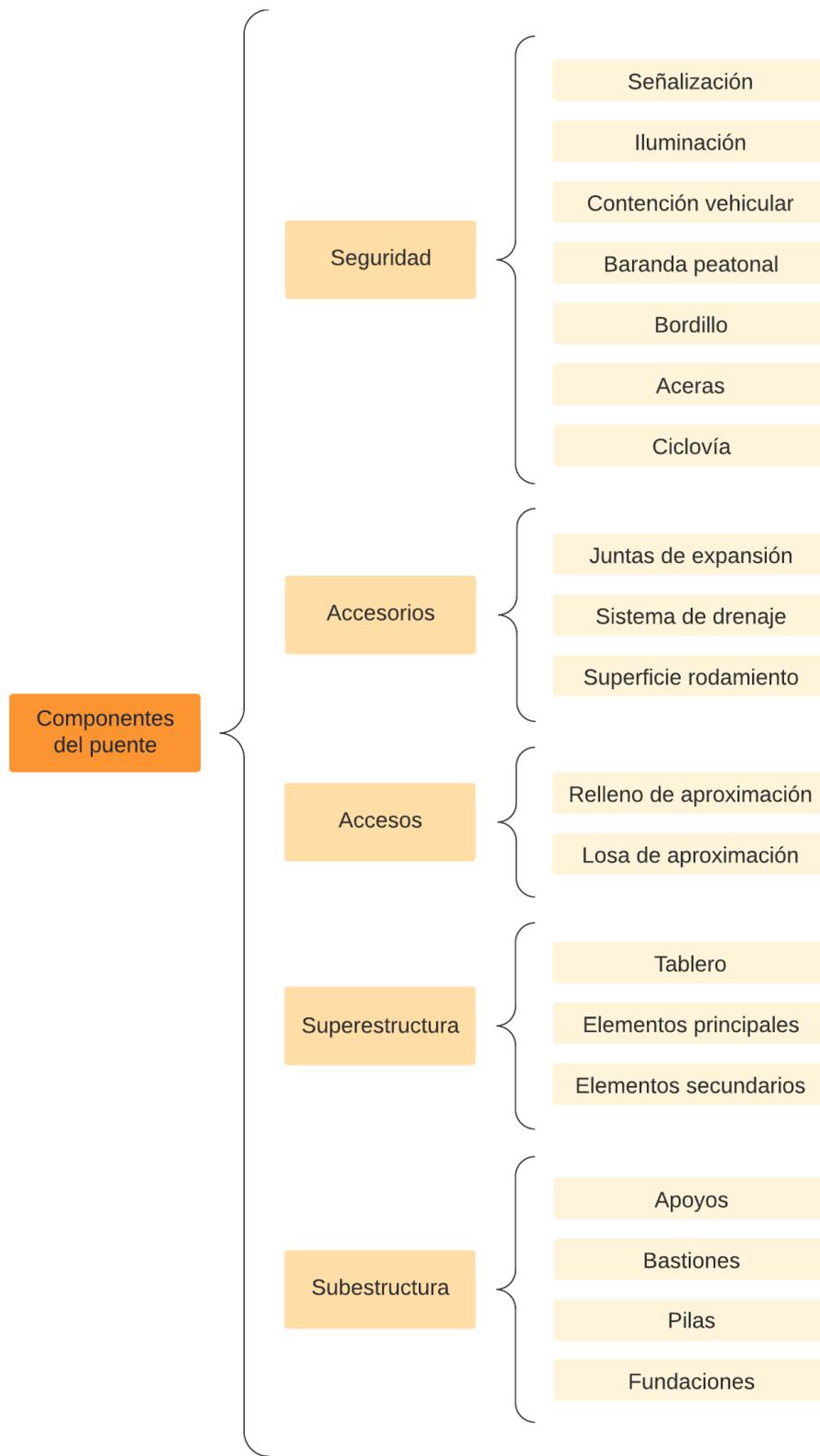
- 4.1.2. "Procedimiento Operativo de Inspección" (ITP-POI-01).
- 4.1.3. "Medidas de seguridad para las actividades de inspección de puentes" (ITP-II-25).
- 4.1.4. "Lista de verificación de la actividad de pavimento bituminoso en caliente" (ITP-RI-21).
- 4.1.5. "Memorándum" (ITP-RI-01).
- 4.1.6. "Inspección de inventario de estructuras de puentes" (ITP-RI-34).
- 4.1.7. "Informe diario de actividades de inspección" (ITP-RI-04).

### **3.2. REFERENCIAS EXTERNAS**

- 4.2.1. "Manual de Inspección de Puentes del Ministerio de Obras Públicas y Transportes".
- 4.2.2. "Manual Técnico de Dispositivos de Seguridad y Control Temporal de Tránsito para la ejecución de Trabajos en las Vías del Ministerio de Obras Públicas y Transportes".
- 4.2.3. "Sistema de administración de estructuras de puentes, Manual de Usuario".
- 4.2.4. "Guía para la Determinación de la Condición de Puentes en Costa Rica Mediante Inspección Visual de la Unidad de Puentes del LANAMME-UCR".
- 4.2.5. INTE-ISO/IEC 17020:2012 "Requisitos para el funcionamiento de diferentes tipos de organismos que realizan la inspección" (ITP-DE-106).
- 4.2.6. ISO 001:2015 "Sistemas de gestión de la calidad — Requisitos" (ITP-DE-175).
- 4.2.7. Especificaciones especiales del cliente.

## **4. COMPONENTES DEL PUENTE**

En la *Figura 1. Componentes y elementos del puente*, se pueden observar los componentes y elementos característicos de las estructuras de puentes.



**Figura 1.** Componentes y elementos del puente

## **4.1. SEGURIDAD**

Los puentes son elementos clave de la red de infraestructura vial. Debido a sus condiciones particulares, pueden aumentar el riesgo de ocurrencia de accidentes de tránsito. Se vuelve imprescindible conocer los distintos elementos que componen los sistemas de seguridad, con el fin de llevar a cabo evaluaciones adecuadas y con esto garantizar la protección de los usuarios. Dichos elementos son los que se mencionan a continuación.

### **4.1.1. Señalización**

La señalización vial son todos aquellos signos, demarcaciones y dispositivos instalados en la faja adyacente a las calzadas de las vías o sobre estas. A través de la señalización se indica a los usuarios de la infraestructura vial la forma correcta y segura de transitar por ellas, con el fin de evitar riesgos y disminuir demoras innecesarias.

Dentro de la señalización se encuentran las señales verticales, las cuales pueden ser de reglamentación, prevención o de información. También se puede encontrar en sitio la señalización que indica las restricciones por altura o carga máxima, según el diseño o las condiciones del puente.

Otro tipo de señalización es la demarcación horizontal, la cual puede estar presente en forma de marcas en la superficie de rodamiento con pintura amarilla o pintura blanca según lo que se desee indicar para regular el tránsito.

### **4.1.2. Iluminación**

Los sistemas de iluminación mejoran significativamente la visibilidad de los conductores. Un puente cuyos accesos no están iluminados generalmente tampoco requieren de iluminación, en el caso de los puentes extensos, estos podrían ser una excepción siempre y cuando se diseñe una transición de luminosidad en los accesos del puente. No es prudente que haya cambios drásticos de luminosidad, ya que el ojo humano requiere de cierto tiempo para adaptarse a la nueva condición.

En caso de que exista iluminación, se recomienda considerar aspectos como el número de luminarias y su espaciamiento, intensidad y homogenización de la iluminación, y si

cubre la totalidad del puente o únicamente en forma parcial, a partir de esto se puede determinar la calidad del sistema de iluminación.

#### **4.1.3. Contención vehicular**

Los sistemas de contención vehicular tienen como principal función retener y redireccionar los vehículos que salen fuera de control de la vía, procurando limitar los daños y lesiones que puedan ocurrir a los ocupantes del vehículo, a los objetos cercanos a la vía y a otros usuarios, ya sean vehículos y/o peatones que circulan por la carretera.

Los sistemas de contención vehicular pueden estar compuestos por cuatro distintos elementos según su función y ubicación dentro de la estructura del puente, los cuales son las barreras de seguridad, la sección de transición, el sistema de barandas de acceso y los terminales de la barrera.

Los sistemas de barandas de acceso y terminales se encuentran en los extremos de la estructura del puente, están destinados a proteger a los automovilistas conforme se acerquen o salgan del puente. Estos sistemas deben tener la longitud y las cualidades estructurales adecuadas para contener y redirigir de manera segura al vehículo que impacte dentro de los límites de desaceleración tolerables, dicha redirección debe ser suave, evitando los enganches y minimizando la tendencia de volcamiento de los autos.

Por otro lado, la sección de transición es donde se unen los sistemas de accesos y terminales con las barreras de seguridad. En esta sección se aumenta gradualmente la rigidez para unir un sistema flexible o semi-rígido a un sistema rígido o un objeto fijo.

Dentro de las barreras de seguridad se pueden encontrar las barreras medianeras, estas se utilizan para separar los carriles de tráfico opuestos. Por lo general se encuentran en carreteras de accesos limitado y alta velocidad.

#### **4.1.4. Baranda peatonal**

La baranda o pasarela peatonal constituye una guía física para los peatones que cruzan el puente con el objetivo de minimizar la probabilidad de que un peatón caiga por encima del sistema.

Este sistema de protección puede estar compuesto por elementos horizontales y/o verticales, siguiendo las especificaciones del fabricante, además de tener una altura mínima de 1060 mm, medidos a partir de la cara superior de la acera.

#### **4.1.5. Bordillo**

El bordillo o cordón es un elemento de seguridad que consiste en una grada entre la acera peatonal y la calzada del puente. Su propósito es evitar que los vehículos invadan la acera.

#### **4.1.6. Aceras**

Las aceras se definen como el área de la vía pública destinada al uso por parte de los peatones y para que los servicios sean instalados.

#### **4.1.7. Ciclovía**

De acuerdo con el SIECA, la vía de las bicicletas o la ciclovía es un espacio designado específicamente para el viaje en bicicleta, sin importar si este fue o no diseñado para el uso exclusivo de bicicletas o es compartido con otros modos de transporte, para ello también se pueden tener otras facilidades como la senda de bicicletas, el carril exclusivo, una vía compartida o la ruta de bicicletas, los cuales se detallan a continuación.

La senda de bicicletas es un tipo de infraestructura en donde los vehículos están prohibidos, sin embargo, este espacio puede compartirse con los peatones. Cuando las sendas forman parte de una carretera o puente, se separan de los carriles por medio de un espacio abierto o baranda.

El carril exclusivo para bicicletas es una fracción de la calzada, espaldón o tablero que se designa para uso de ciclistas. Para diferenciar estos espacios se pinta una línea en la superficie de rodamiento o también se puede utilizar un cordón o bordillo como medio de separación física entre ambos flujos.

Otra facilidad para los ciclistas es la vía compartida, la cual está oficialmente designada y demarcada como ruta de bicicletas pero que permite el tránsito a los vehículos por lo tanto no es un carril exclusivo.

Por último, se tiene la ruta de bicicletas la cual es un sistema de vías destinado mediante señalamiento apropiado por parte de las autoridades de cada país.

## **4.2. ACCESORIOS**

Estos elementos son vitales para garantizar el buen funcionamiento del puente durante su periodo de servicio. Entre los accesorios se encuentran las juntas de expansión, el sistema de drenaje y la superficie de rodamiento o también conocida como superficie de desgaste.

### **4.2.1. Juntas de expansión**

Dispositivos instalados en los extremos de la superestructura conectados a la losa. Permiten la traslación y/o rotación de la superestructura debido a cambios de temperatura y a deflexiones que introduce la carga vehicular. Dentro de los tipos más comunes, se tienen:

- (a) Juntas abiertas: No cuentan con alguna conexión, usualmente cuentan con angulares o perfiles de acero previniendo el desprendimiento del concreto en los bordes externos.
- (b) Juntas selladas: Las juntas selladas se dividen en juntas rellenas con un tapajunta de goma o banda de hule preformado y juntas con sellos comprimidos de neopreno. Ambos tipos de juntas garantizan el relleno de la junta, pero a la vez permiten la impermeabilidad de la misma y el movimiento de la losa.
- (c) Juntas de placas de acero deslizante: Este tipo de juntas consisten en una placa de acero anclada a uno de los extremos de la abertura que se desliza permitiendo el movimiento.
- (d) Juntas de placas dentadas: Están compuestas por dos placas de acero en forma de dedos o dientes que se entrelazan dejando un área libre entre sí.

### **4.2.2. Sistema de drenaje**

El sistema de drenaje de las estructuras de puentes permite evacuar el agua de la calzada y aceras. Este sistema lo constituyen elementos de entrada como sumideros y orificios en la losa y elementos de salida como tuberías y bajantes.

### **4.2.3. Superficie de rodamiento**

Capa superior de la estructura diseñada para soportar las cargas del tránsito, resistir el deslizamiento de los vehículos y la abrasión que ellos producen, así como el intemperismo. Provee una superficie plana para el tránsito confortable de los usuarios. Esta superficie puede ser construida de materiales como asfalto o concreto.

## **4.3. ACCESOS**

Los accesos son los componentes que sirven de transición entre el puente y la carretera. Los elementos principales son el relleno y la losa de aproximación.

### **4.3.1. Relleno de aproximación**

Es el material seleccionado que se coloca detrás de los bastiones para alcanzar la elevación del terreno frente al puente para la construcción de la losa de aproximación.

### **4.3.2. Losa de aproximación**

Elemento de concreto reforzado construido en los accesos que cuenta con la misma elevación que la carretera para permitir el acceso al puente. La losa de aproximación se utiliza para evitar que un posible asentamiento del relleno de aproximación afecte el ingreso de vehículos al puente.

## **4.4. SUPERESTRUCTURA**

La superestructura es el componente estructural que se encarga de recibir de forma directa la carga de los vehículos que circulan por el puente. Las cargas pueden transmitirse a través de tensión, compresión, flexión o una combinación de estas tres.

Existen cuatro tipos de superestructura: viga, cercha, arco y suspendida o soportada por cables (colgante y atirantada). A continuación, se detalla cada una de estas.

### **(a) Superestructura de vigas**

Los puentes tipo viga transmiten las cargas de la superestructura a la subestructura de forma vertical. Algunos ejemplos de estos puentes son puentes tipo viga I, viga doble T, viga tipo losa, viga tipo cajón y marco rígido.

(b) Superestructura de cercha

Incluyen cuerdas, elementos verticales y diagonales que soportan principalmente cargas de compresión y tensión axial. Los hay de dos tipos, cuando el paso vehicular se sitúa por encima de la estructura de cercha, los cuales se denominan cercha paso superior y cuando el paso vehicular se da por debajo de la estructura de cercha, conocidos como cercha paso inferior.

Además de la cercha paso inferior y paso superior, también se pueden encontrar las cerchas de media altura. Este tipo de estructura de puente es una cercha de paso inferior sin ningún sistema de arriostramiento superior y a nivel nacional son conocidas como el puente provisional modular lanzable tipo "Bailey" y el puente permanente tipo "Pony".

(c) Superestructura de arco

En el caso de los puentes tipo arco, las cargas son transmitidas hasta la subestructura de forma diagonal y los elementos trabajan en compresión pura. Al igual que los puentes tipo cercha, en el caso del tipo arco también se aplica el concepto de paso superior y paso inferior.

(d) Superestructura suspendida

Las cargas aplicadas a la superestructura son resistidas por cables los cuales actúan en tensión. Las fuerzas de los cables son transmitidas a la subestructura por medio de los anclajes y las torres. Pueden ser colgantes o atirantados.

Independientemente del tipo de superestructura, este componente estructural está constituido por el tablero, los elementos principales y los elementos secundarios. Estos elementos se describen a continuación.

#### **4.4.1. Tablero**

Se define como la plataforma sobre la cual circula la carga vehicular. Su propósito es proporcionar una superficie de circulación suave y segura para el tráfico. Este componente transfiere la carga viva y la carga muerta de él mismo a la superestructura,

a través de un sistema de piso o en algunos casos, estas cargas se distribuyen directamente a los soportes del puente.

Se pueden encontrar tableros como losas de concreto, sistema de rejillas de acero, sistema de láminas de acero o un sistema de tablones de madera.

#### **4.4.2. Elementos principales**

Soportan las cargas transferidas a ellos por medio del tablero, de igual forma, transmiten los esfuerzos resultantes hacia la subestructura a través de los apoyos.

Dentro de los elementos principales se pueden nombrar las vigas de concreto o acero, arcos de mampostería, concreto o acero, cerchas, cables, anclajes y torres.

#### **4.4.3. Elementos secundarios**

Distribuyen las cargas, proporcionan rigidez lateral y torsional restringiendo las deformaciones de los elementos principales, gracias a esto, mejora el comportamiento de la superestructura.

Dentro de los elementos secundarios se encuentran los diafragmas, sistemas de arriostramiento (superior e inferior), vigas transversales y largueros de piso.

### **4.5. SUBESTRUCTURA**

Formada por los elementos estructurales que soportan el peso propio, las cargas sísmicas y las cargas transmitidas por la superestructura y las cargas que a éstas se aplican.

La subestructura se divide en apoyos, bastiones, pilas y fundaciones.

#### **4.5.1. Apoyos**

Se pueden definir como sistemas mecánicos que unen la superestructura y la subestructura, además, transmiten las cargas de una a la otra. Se pueden clasificar como elastoméricos, expansivos, pot o disco y fijos.

Permiten el movimiento longitudinal de la superestructura ya sea por expansión o contracción por temperatura y permiten la rotación causada por la carga muerta o viva.

#### **4.5.2. Bastiones**

Es un elemento que soporta las cargas transmitidas por la superestructura y la presión del suelo introducida por el relleno de aproximación. Se ubica en los extremos del puente. Los elementos del bastión son la viga cabezal, pedestal, cuerpo, aletones y fundaciones.

#### **4.5.3. Pilas**

Las pilas son estructuras que sirven como soporte intermedio a lo largo del puente, estas estructuras pueden o no estar presentes y si lo están, se encuentran entre los bastiones.

A diferencia de los bastiones, las pilas no necesariamente resisten la presión del suelo. Los elementos de la pila son la viga cabezal, pedestal, cuerpo principal y fundaciones.

#### **4.5.4. Fundaciones**

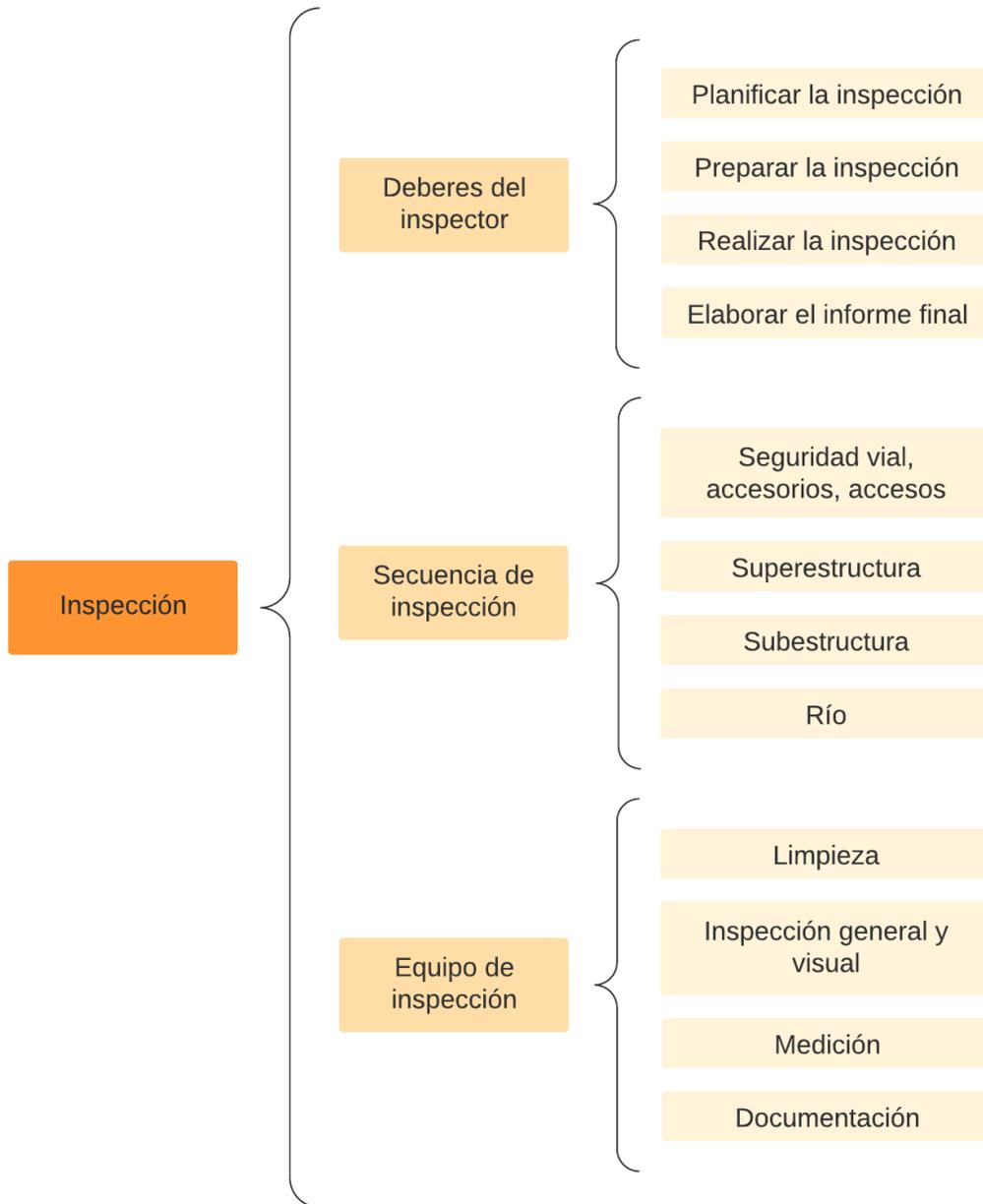
Las fundaciones son el elemento estructural del bastión y la pila que sirven como soporte del puente. Su principal función es transmitir las cargas al suelo sin que se llegue a superar la capacidad de soporte del suelo.

Las fundaciones o también denominadas cimentaciones, se clasifican en cimentaciones superficiales y cimentaciones profundas

Las cimentaciones superficiales, como son las placas de concreto aisladas, transfieren las cargas al suelo existente directamente debajo de ellas. Por otro lado, las cimentaciones profundas, como son las placas de concreto que se apoyan sobre pilotes hincados o colados en sitio, transfieren las cargas a un estrato de suelo más profundo con una capacidad de soporte apropiada

### **5. ASPECTOS BÁSICOS DE INSPECCIÓN**

En la siguiente figura se pueden observar los aspectos básicos que se deben tomar en cuenta al inspeccionar las estructuras de puentes existentes, dentro de los cuales se encuentran los deberes del inspector a cargo, un ejemplo de secuencia de inspección y, por último, el equipo necesario para llevar a cabo las actividades de evaluación.



**Figura 2.** Aspectos básicos de la inspección de estructuras de puentes existentes

## **5.1. DEBERES DEL INSPECTOR**

A continuación, se presentan los deberes del inspector de puentes, estos se basan en tareas que deben realizarse antes, durante y después de la inspección para cumplir con las responsabilidades que conlleva el trabajo.

### **5.1.1. Planificación de la inspección**

Para realizar una inspección ordenada y sistemática, el inspector deberá planificar las actividades. Las actividades básicas incluyen:

- (a) Determinar el tipo de inspección.
- (b) Seleccionar el equipo de inspección.
- (c) Evaluar las actividades requeridas (pruebas no destructivas, inspección acuática, entre otras).
- (d) Establecer un horario (inspecciones matutinitas, vespertinas o nocturnas).

### **5.1.2. Preparación de la inspección**

Las medidas de preparación necesarias antes de la inspección incluyen:

- (a) Revisar el expediente de la estructura del puente (planos, especificaciones técnicas, características del entorno, mapas, esquemas, informes, inspecciones anteriores).
- (b) Identificar los componentes y elementos de la estructura del puente (sistema de numeración de cada componente y elemento).
- (c) Desarrollar la secuencia de inspección (ver subsección 5.2).
- (d) Establecer un cronograma donde se incluya la duración aproximada de las actividades y subactividades de inspección.
- (e) Preparar y organizar las notas, listas de verificación y registros de inspección.
- (f) Organizar las herramientas y equipos necesarios.
- (g) Evaluar los protocolos necesarios (control temporal de tráfico, horas pico, clima, definición de zonas seguras, protocolos para el personal evaluador, permisos, materiales peligrosos y su adecuada manipulación y método de acceso requerido).

(h) Revisar los requerimientos de seguridad (revisión de las medidas mínimas de seguridad y equipo de protección personal).

### **5.1.3. Realización de la inspección**

Para este punto el inspector debe acceder al sitio y examinar los componentes y elementos del puente, la vía y las características del río.

Los deberes asociados con las actividades de inspección en campo, incluyen mantener el sistema de numeración establecido, la secuencia y los procedimientos de inspección adecuados, tomando en cuenta siempre las medidas mínimas de seguridad.

Los procedimientos utilizados para inspeccionar un puente dependen directamente con el tipo de puente, los materiales utilizados y el estado general del mismo, por lo que es imprescindible que el inspector esté familiarizado con los procedimientos básicos de inspección para una amplia variedad de puentes.

Inicialmente el inspector deberá establecer la dirección de la vía y la dirección del flujo de agua, para posteriormente, empezar con la inspección de cada componente y elemento de la estructura. Es importante mantener una actitud atenta y cuidadosa con el trabajo que se realiza para no pasar por alto ninguna sección del puente.

Las inspecciones visuales deben combinarse con el llenado de la documentación técnica desarrollada, garantizando inspecciones minuciosas y completas, además, todas las observaciones deben ser puntuales y cualquier inquietud, anomalía o imprevisto debe ser registrado por el inspector.

### **5.1.4. Elaboración del informe final de inspección**

El inspector debe reunir suficiente información para asegurar un informe completo y detallado, este es un documento que registra el estado del puente y el trabajo de las labores de inspección, para ello el inspector deberá:

- (a) Completar la documentación técnica (listas de verificación, registros de inspección).
- (b) Brindar información objetiva y todos los hallazgos y resultados de la inspección.

- (c) Proporcionar esquemas, bocetos y fotografías que respalden los resultados y la interpretación de la información.
- (d) Suministrar observaciones y recomendaciones.
- (e) Identificar elementos para su adecuada reparación y mantenimiento.

## 5.2. SECUENCIA DE INSPECCIÓN

Al desarrollar la secuencia de inspección es importante tomar en cuenta los siguientes factores:

- (a) Tipo de puente.
- (b) Tamaño y complejidad del puente.
- (c) Condición general.
- (d) Condición de los componentes y elementos del puente.
- (e) Requerimientos específicos del organismo de inspección.
- (f) Condiciones del tráfico.
- (g) Procedimientos especiales.

Un ejemplo de la secuencia de inspección para un puente ordinario se encuentra en la siguiente tabla.

**Tabla 1.** Secuencia de inspección

<b>Componente del puente</b>	<b>Elementos a inspeccionar</b>
Seguridad, Accesorios, Accesos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Losa y relleno de aproximación.</li> <li>▪ Obras de retención.</li> <li>▪ Señalización.</li> <li>▪ Iluminación.</li> <li>▪ Barreras y otros dispositivos para el control del tráfico.</li> <li>▪ Aceras y barandas peatonales.</li> <li>▪ Ciclovía.</li> <li>▪ Juntas de expansión.</li> <li>▪ Superficie de rodamiento.</li> <li>▪ Drenajes.</li> </ul>
Superestructura	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tablero.</li> <li>▪ Elementos principales.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Elementos secundarios.</li> <li>▪ Servicios Públicos instalados (teléfono, acueducto, etc.).</li> </ul>
Subestructura	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Apoyos.</li> <li>▪ Bastiones.</li> <li>▪ Pilas.</li> <li>▪ Protección del talud.</li> <li>▪ Fundaciones.</li> <li>▪ Pilotes.</li> </ul>
Río	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Perfil del río y alineamiento.</li> <li>▪ Lecho del río.</li> <li>▪ Diques.</li> <li>▪ Condición de las márgenes.</li> <li>▪ Apertura hidráulica.</li> <li>▪ Nivel máximo y normal.</li> <li>▪ Signos de socavación.</li> </ul>

### 5.3. EQUIPO DE INSPECCIÓN

Cuando se establece el equipo necesario para la inspección, varios factores juegan un papel importante, como lo son la ubicación y el tipo de puente ya que, si el puente está ubicado sobre un río con un gran cauce, será necesario contar con el equipo como chalecos salvavidas y botes, además, si el puente está hecho de madera, concreto o acero se necesitan equipos específicos para estos escenarios.

Por lo tanto, es necesario revisar todos los aspectos del puente antes de establecer la lista del equipo que se necesita y con esto no perder tiempo en campo o no realizar una adecuada inspección por no contar con el equipo. En la siguiente tabla se muestra una lista estándar de las herramientas de inspección.

**Tabla 2.** Lista estándar de herramientas de inspección de puentes

<b>Actividad</b>	<b>Herramientas</b>
Limpieza	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Escoba: Quitar polvo y escombros.</li> <li>▪ Cepillo de acero: Remover del acero la pintura y la corrosión.</li> <li>▪ Espátulas: Remover la corrosión de la superficie de un elemento.</li> <li>▪ Desatornillador plano: Limpieza general y la investigación.</li> <li>▪ Pala: Remover suciedad y escombros.</li> </ul>
Inspección general	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cuchilla: Tareas generales.</li> <li>▪ Cincel: Examinar la superficie de los elementos de madera.</li> <li>▪ Taladro de mano: Investigación de los elementos de madera.</li> <li>▪ Calador: Examinar internamente los elementos de madera.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cincelador: Examinar la superficie del concreto.</li> <li>▪ Plomada: Medir la alineación vertical.</li> <li>▪ Cinturón de herramientas: Sostener herramientas pequeñas.</li> </ul>
Inspección visual	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Binoculares: Examinar a distancia.</li> <li>▪ Foco: Examinar lugares oscuros.</li> <li>▪ Lupa ligera: Examinar de cerca las grietas.</li> <li>▪ Espejos de inspección: Inspeccionar áreas inaccesibles.</li> </ul>
Medición	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cinta de medición de bolsillo y cinta de medición de 50m.</li> <li>▪ Calibrador (vernier): Medir el grosor del elemento.</li> <li>▪ Medidor de inspección óptica: Medición del ancho de las grietas.</li> <li>▪ Medidor de inclinación y transportador: Determinar la inclinación del elemento.</li> <li>▪ Termómetro: Medir la temperatura.</li> <li>▪ Nivel: Medir las pendientes y hundimientos.</li> </ul>
Documentación	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Registros de inspección, portapapeles y lápiz.</li> <li>▪ Cuaderno de campo.</li> <li>▪ Regla para dibujar.</li> <li>▪ Cámara digital.</li> <li>▪ Tiza o marcadores: Identificación de elementos y fotografías.</li> <li>▪ GPS portátil: Medir las coordenadas de un puente.</li> </ul>
Varios	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cinturón y gancho de seguridad: Inspección segura en lugares altos.</li> <li>▪ Prensa en C: Brinda una tercera mano para la medición.</li> <li>▪ Repelente de insectos y mata avispas.</li> <li>▪ Botiquín de primeros auxilios.</li> <li>▪ Papel sanitario y toallas.</li> <li>▪ Casco.</li> <li>▪ Chaleco.</li> <li>▪ Botas de hule.</li> <li>▪ Linterna.</li> <li>▪ Equipo para comunicación como radios.</li> <li>▪ Guantes.</li> </ul>

## 6. CATÁLOGO DE DAÑOS

Para inspeccionar el grado de daño de los distintos componentes de las estructuras de puentes, se tipifican los daños más comunes encontrados en cada uno de estos. En esta sección se enumeran y describen los daños según los distintos componentes y elementos que constituyen la seguridad vial, los accesorios y accesos, la superestructura y subestructura.

Cada uno de los elementos se evalúa según el grado de daño que presentan haciendo uso de una escala que va desde 0 a 3, donde 0 significa que no existen daños o el daño

es mínimo, 1 un daño leve, 2 un daño moderado y 3 un daño grave, situación en la cual se debe llevar a cabo una revisión estructural del elemento para determinar la capacidad de servicio del mismo y con esto establecer las medidas necesarias a seguir (cambio o reconstrucción).

**Tabla 3.** Escala de grado de daño

Grado de daño	Descripción
0	Ninguno/Mínimo
1	Leve
2	Moderado
3	Grave

En la tabla que se observa a continuación se describen los daños típicos que se pueden encontrar en las estructuras de puentes.

**Tabla 4.** Daños típicos encontrados en las estructuras de puentes

Tipo de daño	Descripción
Deformación	Cambio geométrico incompatible con el diseño o condiciones de servicio, ejemplo deflexión, torsión, dilatación o vibración.
Dstrucción del material	Cambio desfavorable de las características físicas o químicas del material como una reducción de la resistencia, pérdida de tenacidad por endurecimiento (fragilidad) e incremento de la permeabilidad.
Discontinuidad del material	Corte en la continuidad del material incompatible con el diseño, ejemplo grietas, fracturas, delaminación, etc.
Pérdida de sección	Deterioro que produce la pérdida de sección transversal del elemento.
Daños en protección	Pérdida o mal funcionamiento de la protección, ejemplo pérdida/insuficiencia del recubrimiento, reflexividad en pinturas, desprendimiento de pintura, etc.
Desplazamiento/Rotación	Cambio permanente de la ubicación del componente no asociado a una deformación.
Contaminación	Impurezas o contaminantes no deseados como vegetación, sales, aceites, etc.

Seguidamente, se enuncian y se describen detalladamente los diferentes tipos de daños que se pueden encontrar para cada uno de los componentes y elementos del puente y la calificación del grado de daño asociada.

## 6.1. SEGURIDAD

### 6.1.1. Demarcación horizontal

(a) Aspectos generales (todo el sistema)

**Tabla 5.** Aspectos generales a inspeccionar sobre demarcación horizontal

Daño	Grado de daño			
	0	1	2	3
Especificaciones generales	Presentes y en buen estado, ubicadas en aquellos lugares donde éstas se justifiquen según lo establecido en la normativa nacional.	El color y el contraste de la demarcación se encuentra en buenas condiciones, sin embargo, no se encuentran dentro de la ubicación apropiada para que el usuario reaccione y ejecute la maniobra adecuadamente.	Se logra percibir el mensaje que la demarcación horizontal pretende transmitir pero no de forma clara, debido a las malas condiciones físicas de la misma (color desgastado, malas dimensiones, contraste entre demarcación y calzada, etc.).	No se logra percibir el mensaje que la demarcación horizontal pretende transmitir por su mal estado o es inexistente.

### 6.1.2. Señalización vertical

(a) Aspectos generales (todo el sistema)

**Tabla 6.** Aspectos generales a inspeccionar sobre señalización vertical

Daño	Grado de daño			
	0	1	2	3
Especificaciones generales	Presentes y en buen estado, ubicados en aquellos lugares donde se justifiquen según lo establecido en la normativa nacional.	La forma y color de la señal se encuentran en buenas condiciones, sin embargo, no se encuentran dentro de la ubicación longitudinal y lateral apropiadas para que el usuario reaccione y ejecute la maniobra adecuadamente.	Se logra percibir el mensaje que la señal vertical pretende transmitir pero este no es claro, debido a las malas condiciones físicas de la misma (color desgastado, posición incorrecta, impactadas por algún vehículo, etc.).	No se logra percibir el mensaje que la señalización vertical pretende transmitir por su mal estado o es inexistente.

### 6.1.3. Ciclovía

(a) Aspectos generales (todo el sistema)

Para el caso de las ciclovías, se inspecciona tanto la demarcación horizontal como la señalización vertical que indican la existencia de estos espacios en la vía. El inspector debe referirse a la *Tabla 5. Aspectos generales a inspeccionar sobre demarcación horizontal* y la *Tabla 6. Aspectos generales a inspeccionar sobre señalización vertical*.

### 6.1.4. Señalización restricción por altura y carga máxima

(a) Aspectos generales (todo el sistema)

**Tabla 7.** Aspectos generales a inspeccionar sobre restricciones por altura y carga

Daño	Grado de daño			
	0	1	2	3
Especificaciones generales	Presentes y en buen estado, ubicados en aquellos lugares donde se justifiquen según lo establecido en el diseño de la estructura de puente.	La forma y color de la señal se encuentran en buenas condiciones, sin embargo, no se encuentran dentro de la ubicación apropiadas para el conocimiento del usuario.	Se logra percibir el mensaje que la señal pretende transmitir, pero no de forma clara, debido a las malas condiciones físicas de la misma (color desgastado, posición incorrecta, etc.).	No existe la señalización que indiquen las restricciones por altura o carga máxima de la estructura de puente.

### 6.1.5. Sistema de iluminación

(a) Aspectos generales (todo el sistema)

**Tabla 8.** Aspectos generales a inspeccionar sobre sistema de iluminación

Daño	Grado de daño			
	0	1	2	3
Especificaciones generales	Presente y en buen estado.	Menos del 50% de los componentes del sistema de iluminación no garantizan un continuo funcionamiento (la iluminancia es intermitente).	La iluminancia del 50% o más de los componentes del sistema (lámparas) no garantizan que el entorno (tablero, aceras, usuarios de la vía) estén adecuadamente iluminados o contrariamente, provocan un efecto de deslumbramiento en los usuarios.	No existe un sistema de iluminación.

### 6.1.6. Sistemas de contención vehicular

Como se indicó anteriormente, el sistema de contención vehicular se compone de distintos elementos según su ubicación dentro de la estructura de puente. Para la inspección de cada uno de estos elementos se evaluarán especificaciones generales, la ausencia o no del sistema y los daños causados por el impacto de los vehículos. Además de lo anterior, estos sistemas pueden encontrarse en concreto reforzado, acero, madera o mampostería, por lo que también se evaluarán los daños según el tipo de material utilizado en sitio.

(a) Aspectos generales (todo el sistema)

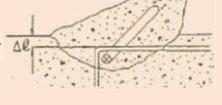
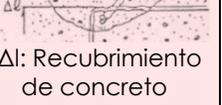
**Tabla 9.** Aspectos generales a inspeccionar sobre sistema de contención vehicular

Daño	Grado de daño			
	0	1	2	3
Especificaciones generales	Existe un sistema de contención vehicular con la capacidad estructural para contener y redireccionar un vehículo de manera segura en caso de una colisión.	La alineación vertical del sistema no es uniforme a lo largo del tramo de la estructura de puente y/o la disposición de la altura de las barreras de contención no es constante. Hace falta menos del 10% del sistema.	Existen tramos de la estructura de puente que no cuentan con un sistema de contención vehicular. Hace falta entre el 10% y 30% del sistema.	Hace falta más del 30% del sistema o no existe un sistema de contención vehicular a lo largo de toda la estructura de puente.

(b) Daños en el material: Concreto reforzado (elemento lineal)

**Tabla 10.** Descripción de daños en concreto reforzado (elemento lineal)

Daño	Grado de daño			
	0	1	2	3
Agrietamiento	No se observan grietas.	El ancho de las grietas es menor a 0,3 mm en intervalos de más de 0,5 m.	El ancho de las grietas es mayor a 0,3 mm en intervalos de menos de 0,5 m.	Se observan grietas con espesores de varios mm.

Delaminación	No se observa delaminación en la superficie de la estructura.	Inicio de delaminación en algunas partes de la superficie de la estructura.	Áreas moderadas con delaminación que están en buen estado. En menos de 2,5 cm de profundidad o 15,25 cm de diámetro, sin acero de refuerzo expuestas.	Delaminación severa y deterioro visible. En más de 2,5 cm de profundidad o 15,25 cm de diámetro, con acero de refuerzo expuestas.
Acero de refuerzo expuesto	No se observan indicios de acero expuesto o se observan cáscaras a lo largo del refuerzo principal.  * Δl	El refuerzo está expuesto en pequeñas partes.  * Δl	Se observa el refuerzo principal expuesto y oxidado.  * Δl	Delaminación en la superficie del concreto.  * Δl: Recubrimiento de concreto
Nidos de piedra	No se observan nidos de piedra.	Se observan nidos de piedra en algunos sitios.	Se observan más de diez nidos de piedra.	Se observan nidos de piedra en muchos sitios.
Eflorescencia	No se observa eflorescencia o se observan pequeñas manchas blancas en la superficie.	Se observa eflorescencia a lo largo de la grieta en menos de la mitad de la superficie.	Se observa eflorescencia en más de la mitad de la superficie.	Se observan estalactitas en muchos lugares causadas por el cloruro de calcio.
Agujeros	No se observan agujeros o se observan inicios de delaminación en la superficie.	Se observan pequeños agujeros a lo largo del refuerzo en la superficie.	Se desarrollan agujeros con más de 1,0 m <sup>3</sup> del área bajo el elemento.	Existen evidencias de que el agujero se extiende a través del elemento.
Impacto	No existen daños por impacto.	Se observan inicios de fisuramiento en el elemento.	Existen deformaciones en los elementos por impacto.	Existe severas deformaciones y pérdida de sección generados por el impacto de vehículos.

**Tabla 11.** Sistema de protección de concreto reforzado (si existe) (elemento lineal)

Daño	Grado de daño			
	0	1	2	3
Efectividad de sistema de protección	Buen estado, totalmente efectivo.	Condición regular, sustancialmente eficaz.	Mal estado, eficacia limitada	El sistema de protección ha fallado o no está en funcionamiento.

(c) Daños en el material: Acero (elemento lineal)

**Tabla 12.** Descripción de daños en acero

Daño	Grado de daño			
	0	1	2	3
Deformación	No se observan daños de deformación o se observan deformaciones menores a 5,0 cm.	Deformación entre 5,0 y 10,0 cm con respecto al original.	Deformación entre 10,0 cm y 20,0 cm con respecto al original.	Deformación mayor a 20 cm con respecto al original.
Oxidación	No se observa oxidación en el elemento o se observa comienzos de oxidación.	20% del elemento está cubierta con oxidación.	50% del elemento está cubierta con oxidación.	Más del 50% de la superficie del elemento está cubierta con oxidación.
Color de oxidación	Café claro.	Amarillo naranja.	Café oscuro.	Negro.
Corrosión	No se observa corrosión en el elemento o se observa el principio de la corrosión.	La corrosión creció y ha ocasionado orificios en partes del elemento.	Algunas partes del elemento están reducidas por corrosión.	Algunas partes del elemento se han perdido por la corrosión.
Conexiones	Todas las conexiones están en su lugar y funcionan adecuadamente o se observan 2 o menos pernos faltantes.	Se observa una ligera rotura en las conexiones y entre 3 y 5 pernos hacen falta.	Algunas conexiones presentan gran rotura y se observa pérdida entre 6 y 10 pernos.	Existe pérdida de sección debido a una gran rotura y se observan más de 10 pernos faltantes.
Grietas en la soldadura o la placa	No se observan grietas.	Se observan grietas de menos de 0,5 cm.	Se detectan varias grietas de entre 0,5 y 1,0 cm.	Se detectan grietas de más de 1,0 cm.
Impacto	No existen daños por impacto.	Se observan inicios de fisuramiento en el elemento.	Existen deformaciones en los elementos por impacto.	Existe severas deformaciones y pérdida de sección generados por el impacto de vehículos.

**Tabla 13.** Sistema de protección de acero (si existe)

Daño	Grado de daño			
	0	1	2	3
Efectividad de sistema de protección	Buen estado, totalmente efectivo.	Condición regular, sustancialmente eficaz.	Mal estado, eficacia limitada	El sistema de protección ha fallado, no existe protección del acero.

Decoloración	No se observa ninguna decoloración.	Se observa inicios de decoloración en algunas secciones de la estructura.	Se observa decoloración en un grado.	No se observa el color original del elemento de acero.
Ampollas	No se observan ampollas en la superficie de la estructura o se observan ampollas ligeras.	Han crecido ampollas en algunas partes de la superficie de la estructura.	Se detecta óxido alrededor de la ampolla en algunas partes de la superficie de la estructura.	Se observa que el óxido socava más de 10 cm <sup>2</sup> en la superficie de la estructura.
Descascaramiento	No se observa descascaramiento de la pintura en la superficie de la estructura o se observa el principio del descascaramiento de la pintura.	Ha crecido el descascaramiento de la pintura en algunas partes de la superficie de la estructura.	Se observa un considerable descascaramiento de la pintura.	Se observa un considerable descascaramiento de la pintura con óxido.

(d) Daños en el material: Madera (elemento lineal)

**Tabla 14.** Descripción de daños en madera

Daño	Grado de daño			
	0	1	2	3
Pudrición	No se observan indicios de pudrición en el elemento.	Se observa pudrición superficial.	Menos del 10% del espesor del miembro presenta pudrición.	Se observa pudrición superior al 10% del espesor del elemento y/o en zonas de tensión.
Laminación	El elemento se encuentra en buenas condiciones, no se observan daños por laminación.	Laminación a nivel superficial y no penetra más del 5% del espesor del elemento.	Penetra más del 50% del espesor del elemento y/o en áreas de eje neutral.	Penetra más del 50% del espesor del elemento y/o en zonas de tensión.
Agrietamiento	No se observan grietas en el elemento.	Las grietas se propagan desde una superficie de zona de compresión o desde una superficie de tensión pero penetran menos del 10% de la profundidad del elemento.	Las grietas se propagan desde la superficie de una zona de tensión hasta una profundidad no superior al 50% de la profundidad del elemento.	Las grietas se propagan desde una zona de tensión hasta una profundidad superior al 50% de la profundidad del elemento.

División	No se observan divisiones en el elemento.	Se observan divisiones longitudinales desde una superficie opuesta o adyacente. La longitud no excede la profundidad del elemento.	La longitud de la división es inferior al 25% de la longitud del elemento.	La longitud de la división es superior al 25% de la longitud del elemento.
Abrasión o desgaste	No se observan daños por abrasión o desgaste en el elemento.	Se observa desgaste a nivel de superficie, sin pérdida de sección.	Pérdida de sección inferior al 10% del espesor del elemento.	Pérdida de sección superior al 10% del espesor del elemento.
Impacto	No existen daños por impacto.	Se observan inicios de fisuramiento en el elemento.	Existen deformaciones en los elementos por impacto.	Existe severas deformaciones y pérdida de sección generados por el impacto de vehículos.

(e) Daños en el material: Mampostería (bloques de mampostería)

**Tabla 15.** Descripción de daños en mampostería

Daño	Grado de daño			
	0	1	2	3
Agrietamiento de mortero	Sin presencia de grietas en el mortero.	El ancho de las grietas es menor a 0,5 mm en intervalos de más de 1,0 m.	Grietas en menos del 10% de las juntas. Entre 0,5 y 2,0 mm en intervalos de 0,3 a 1,0 m.	Grietas en más del 10% de las juntas. Mayores a 2,0 mm en intervalos menores a 0,3 m.
Agrietamiento de bloques	Sin presencia de grietas en los bloques.	Las grietas están presentes pero no han permitido que el bloque se desplace.	Las grietas están presentes y el bloque tiene cambios menores.	El bloque está agrietado con una deformación de la cara de la mampostería. Falta bloque.
Eflorescencia	No se observa eflorescencia o se observan pequeñas manchas blancas en la superficie.	Se observa eflorescencia a lo largo de la grieta en menos de la mitad de la superficie.	Se observa eflorescencia en más de la mitad de la superficie.	Se observan estalactitas en muchos lugares causadas por el cloruro de calcio.
Áreas reparadas	No se observan áreas reparadas debido a daños anteriores.	10% del elemento cuenta con áreas reparadas.	50% del elemento cuenta con áreas reparadas.	Más del 50% del elemento cuenta con áreas intervenidas.

Impacto	No existen daños por impacto.	Se observan inicios de fisuramiento en el elemento.	Existen deformaciones en los elementos por impacto.	Existe severas deformaciones y pérdida de sección generados por el impacto de vehículos.
---------	-------------------------------	---	---	--

### 6.1.7. Baranda peatonal

(a) Aspectos generales (todo el sistema)

**Tabla 16.** Aspectos generales a inspeccionar sobre sistema de baranda peatonal

Daño	Grado de daño			
	0	1	2	3
Especificaciones generales	Existe un sistema de baranda peatonal óptimo para proteger y brindar seguridad de paso al peatón.	La disposición de la altura de las barandas peatonales no es constante a lo largo del tramo de la estructura de puente. Hace falta menos del 10% del sistema.	Existen tramos de la estructura de puente que no cuentan con un sistema de baranda peatonal. Hace falta entre el 10% y 30% del sistema.	Hace falta más del 30% del sistema o no existe un sistema de baranda peatonal a lo largo de toda la estructura de puente.

(b) Daños en el material: Concreto reforzado (elemento lineal)

Para inspeccionar los daños causados en la baranda peatonal de concreto reforzado, el inspector debe referirse a la *Tabla 10. Descripción de daños en concreto reforzado (elemento lineal)* y *Tabla 11. Sistema de protección de concreto reforzado (si existe) (elemento lineal)*.

(c) Daños en el material: Acero (elemento lineal)

Para inspeccionar los daños causados en la baranda peatonal de acero, el inspector debe referirse a la *Tabla 12. Descripción de daños en acero* y *Tabla 13. Sistema de protección de acero (si existe)*.

### 6.1.8. Bordillo

(a) Daños en el material: Concreto reforzado (elemento lineal)

Para inspeccionar los daños causados en la baranda peatonal de concreto reforzado, el inspector debe referirse a la *Tabla 10. Descripción de daños en concreto reforzado*

(elemento lineal) y Tabla 11. Sistema de protección de concreto reforzado (si existe) (elemento lineal).

### 6.1.9. Aceras

(a) Aspectos generales (todo el sistema)

**Tabla 17.** Aspectos generales a inspeccionar sobre aceras

Daño	Grado de daño			
	0	1	2	3
Especificaciones generales	Existen aceras y se encuentran en buen estado.	Se observa la presencia de vegetación y la pérdida de adherencia del elemento. Hace falta menos del 10% del sistema.	Se observa pérdida de sección en menos del 50% de la superficie de la acera. Hace falta entre el 10% y 30% del sistema.	Hace falta más del 30% del sistema o no existen aceras a lo largo de toda la estructura de puente.
Asentamiento	No se observa asentamiento.	El asentamiento es menor a 30,0 mm.	El asentamiento es entre 30,0 y 40,0 mm.	El asentamiento es mayor a 40,0 mm.

(b) Daños en el material: Concreto reforzado (elemento área)

**Tabla 18.** Descripción de daños en concreto reforzado (elemento área)

Daño	Grado de daño			
	0	1	2	3
Grietas en una dirección	No se observan grietas o el ancho de las grietas es menor a 0,2 mm en intervalos de más de 1,0 m.	El ancho de las grietas es mayor a 0,2 mm en intervalos de más de 1,0 m.	El ancho de las grietas es mayor a 0,2 mm en intervalos entre 1,0 m y 0,5 m.	El ancho de las grietas es mayor a 0,2 mm en intervalos de menos de 0,5 m.
Grietas en dos direcciones	No se observan grietas.	El ancho de las grietas es menor a 0,2 mm con intervalos mayores a 0,5 m.	El ancho de las grietas es mayor a 0,2 mm con intervalos menores a 0,5 m.	El ancho de las grietas es mayor a 0,2 mm y se observan inicios de delaminación en la superficie de la estructura.

Delaminación	No se observa delaminación en la superficie de la estructura.	Inicio de delaminación en algunas partes de la superficie de la estructura.	Áreas moderadas con delaminación que están en buen estado. En menos de 2,5 cm de profundidad o 15,25 cm de diámetro, sin acero de refuerzo expuestas.	Delaminación severa y deterioro visible. En más de 2,5 cm de profundidad o 15,25 cm de diámetro, con acero de refuerzo expuestas.
Acero de refuerzo expuesto	No se observan indicios de acero expuesto o se observan cáscaras a lo largo del refuerzo principal.  Refuerzo Principal * Δl	El refuerzo está expuesto en pequeñas partes.  * Δl	Se observa el refuerzo principal expuesto y oxidado.  * Δl	Delaminación en la superficie del concreto.  * Δl: Recubrimiento de concreto
Nidos de piedra	No se observan nidos de piedra.	Se observan nidos de piedra en algunos sitios.	Se observan más de diez nidos de piedra.	Se observan nidos de piedra en muchos sitios.
Eflorescencia	No se observa eflorescencia o se observan pequeñas manchas blancas en la superficie.	Se observa eflorescencia a lo largo de la grieta en menos de la mitad de la superficie.	Se observa eflorescencia en más de la mitad de la superficie.	Se observan estalactitas en muchos lugares causadas por el cloruro de calcio.
Agujeros	No se observan agujeros o se observan inicios de delaminación en la superficie.	Se observan pequeños agujeros a lo largo del refuerzo en la superficie.	Se desarrollan agujeros con más de 1,0 m <sup>3</sup> del área bajo el elemento.	Existen evidencias de que el agujero se extiende a través del elemento.
Impacto	No existen daños por impacto.	Se observan inicios de fisuramiento en el elemento.	Existen deformaciones en los elementos por impacto.	Existe severas deformaciones y pérdida de sección generados por el impacto de vehículos.

**Tabla 19.** Sistema de protección de concreto reforzado (si existe) (elemento área)

Daño	Grado de daño			
	0	1	2	3
Efectividad de sistema de protección	Buen estado, totalmente efectivo.	Condición regular, sustancialmente eficaz.	Mal estado, eficacia limitada	El sistema de protección ha fallado o no está en funcionamiento.

## 6.2. ACCESORIOS

### 6.2.1. Juntas de expansión

(a) Aspectos generales (cada elemento)

**Tabla 20.** Descripción de daños en juntas de expansión

Daño	Grado de daño			
	0	1	2	3
Filtración de agua	No hay filtración de agua proveniente de las juntas o se observan en algunas partes de los asientos del puente.	Se observan filtraciones en menos del 50% del muro y la viga cabezal.	Se observan filtraciones en más del 50% del muro y la viga cabezal.	Las filtraciones cubren toda la pared frontal y la viga cabezal.
Faltante o deformación	No se observan faltante o deformación o se observan pequeñas deformaciones.	Algunas partes están deformadas.	Algunas partes se han perdido.	Los vehículos deben reducir la velocidad antes de pasar por la junta de expansión.
Movimiento vertical	No se observan o se observan pequeños movimientos.	Algunas partes se mueven verticalmente y se detectan sonidos.	Algunas partes se mueven notablemente o se detectan fuertes sonidos.	La velocidad del vehículo debe reducirse antes de la junta de expansión.
Obstrucción	No se observan juntas obstruidas.	Una pequeña cantidad de material cubre la junta pero sigue funcionando adecuadamente.	Una cantidad moderada de obstrucciones cubren las juntas.	La junta está cubierta por sobrecapas de asfalto impidiendo su adecuado funcionamiento.
Adhesión	Adhesión adecuada.	Sustancialmente adheridas.	Adhesión limitada.	Adhesión mínima.

### 6.2.2. Sistema de drenaje

(a) Aspectos generales (todo el sistema)

**Tabla 21.** Aspectos generales a inspeccionar sobre sistema de drenaje

Daño	Grado de daño			
	0	1	2	3
Especificaciones generales	El sistema de drenaje se encuentra en buen estado y funciona adecuadamente.	Los bajantes del sistema de drenaje carecen de longitud, por lo que el agua escurre sobre elementos inferiores causando daños.	Las rejillas se encuentran parcialmente obstruidas por la acumulación de materiales.	Se encuentra totalmente obstruido, evitando la evacuación de agua y provocando una acumulación de agua en el tablero.

### 6.2.3. Superficie de rodamiento

(a) Daños en el material: Asfalto (elemento área)

**Tabla 22.** Descripción de daños en asfalto

Daño	Grado de daño			
	0	1	2	3
Ondulaciones	No hay filtración. Sin ondulaciones o la profundidad de la ondulación es menor a 2,0 cm.	La profundidad de la ondulación esta entre 2,0 y 4,0 cm.	La profundidad de la ondulación es mayor a 4,0 cm.	Es necesario detener el vehículos para esquivar la ondulación.
Surcos	No se observan surcos o la profundidad de los surcos es menor a 2,0 cm.	La profundidad de la ondulación esta entre 2,0 y 4,0 cm.	La profundidad de la ondulación es mayor a 4,0 cm.	Es necesario detener el vehículos para esquivar los surcos.
Agrietamiento	No se observan grietas o el espesor de las grietas es menor a 5,0 mm.	El espesor de la grieta está entre 5,0 mm y 10,0 mm.	Se observan grietas en red.	Se observan grietas en red y en algunas partes hay desprendimientos de material.
Baches	No se observan baches o la profundidad del bache es menor que 20,0 mm.	La profundidad del bache esta entre 20,0 mm y 50,0 mm.	La profundidad del bache es mayor que 50,0 mm.	Es necesario detener el vehículos para esquivar los baches.
Sobrecapas	No se observan sobrecapas de asfalto.	Se observa una sobrecapa a lo largo de la superficie de rodamiento.	Se observan dos sobrecapas a lo largo de la superficie de rodamiento.	Se observan más de dos sobrecapas a lo largo de la superficie de rodamiento.

**Tabla 23.** Sistema de protección de asfalto (si existe)

Daño	Grado de daño			
	0	1	2	3
Efectividad de sistema de protección	Buen estado, totalmente efectivo.	Condición regular, sustancialmente eficaz.	Mal estado, eficacia limitada	La superficie de rodamiento ya no es efectiva.

(b) Daños en el material: Concreto reforzado (elemento área)

Para inspeccionar los daños causados en la superficie de rodamiento de concreto reforzado, el inspector debe referirse a la *Tabla 18. Descripción de daños en concreto reforzado (elemento área)* y *Tabla 19. Sistema de protección de concreto reforzado (si existe) (elemento área)*.

### 6.3. ACCESOS

#### 6.3.1. Losa de aproximación

(a) Aspectos generales (elemento área)

**Tabla 24.** Aspectos generales a inspeccionar sobre losa de aproximación

Daño	Grado de daño			
	0	1	2	3
Asentamiento	No se observa asentamiento.	El asentamiento es menor a 30,0 mm.	El asentamiento es entre 30,0 y 40,0 mm.	El asentamiento es mayor a 40,0 mm.

(b) Daños en el material: Asfalto (elemento área)

Para inspeccionar los daños causados en la losa de aproximación de asfalto, el inspector debe referirse a la *Tabla 22. Descripción de daños en asfalto* y *Tabla 23. Sistema de protección de asfalto (si existe)*.

(c) Daños en el material: Concreto reforzado (elemento área)

Para inspeccionar los daños causados en la losa de aproximación de concreto reforzado, el inspector debe referirse a la *Tabla 18. Descripción de daños en concreto reforzado (elemento área)* y *Tabla 19. Sistema de protección de concreto reforzado (si existe) (elemento área)*.

#### 6.3.2. Relleno de aproximación

(a) Aspectos generales (todo el sistema)

**Tabla 25.** Aspectos generales a inspeccionar sobre relleno de aproximación

Daño	Grado de daño			
	0	1	2	3
Especificaciones generales	No hay daños en el talud del relleno de aproximación.	Se observan indicios de colapso en el talud del relleno de aproximación.	El talud del relleno de aproximación colapsó ligeramente.	El colapso del talud reduce el ancho de la vía.

### 6.3.3. Obras de retención

(a) Aspectos generales (todo el sistema)

**Tabla 26.** Aspectos generales a inspeccionar sobre talud de protección

Daño	Grado de daño			
	0	1	2	3
Especificaciones generales	No hay daños en el talud de protección.	Se observan indicios de colapso en el talud de protección.	El talud en frente del bastión está deformado ligeramente.	El talud de protección en frente del bastión colapsó.

## 6.4. SUPERESTRUCTURA: ELEMENTOS PRINCIPALES

### 6.4.1. Tablero

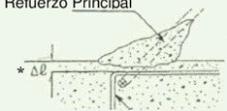
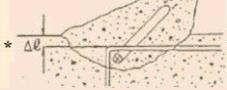
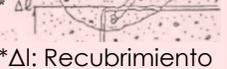
(a) Daños en el material: Concreto reforzado (elemento área)

Para inspeccionar los daños causados en el tablero de concreto reforzado, el inspector debe referirse a la *Tabla 18. Descripción de daños en concreto reforzado (elemento área)* y *Tabla 19. Sistema de protección de concreto reforzado (si existe) (elemento área)*.

(b) Daños en el material: Concreto presforzado (elemento área)

**Tabla 27.** Descripción de daños en concreto presforzado

Daño	Grado de daño			
	0	1	2	3
Agrietamiento	No se observan grietas.	El ancho de las grietas es menor a 1,6 mm en intervalos de más de 0,35 m.	El ancho de las grietas es entre 1,6 y 3,2 mm en intervalos de 0,35 a 1,0 m.	El ancho de las grietas es mayor a 3,2 mm en intervalos menores a 0,35 m.
Delaminación	No se observa delaminación en la superficie de la estructura.	Inicio de delaminación en algunas partes de la superficie de la estructura.	Áreas moderadas con delaminación que están en buen estado. En menos de 2,5 cm de profundidad o 15,25 cm de diámetro, sin acero de refuerzo expuestas.	Delaminación severa y deterioro visible. En más de 2,5 cm de profundidad o 15,25 cm de diámetro, con acero de refuerzo expuestas.

Acero de refuerzo expuesto	No se observan indicios de acero expuesto o se observan cáscaras a lo largo del refuerzo principal. 	El refuerzo está expuesto en pequeñas partes. 	Se observa el refuerzo principal expuesto y oxidado. 	Delaminación en la superficie del concreto.  *Δl: Recubrimiento de concreto
Presfuerzo expuesto	No se observa presfuerzo expuesto.	Se observa los inicios de la exposición del presfuerzo.	Presente sin pérdida de sección.	Presente con pérdida de sección.
Nidos de piedra	No se observan nidos de piedra.	Se observan nidos de piedra en algunos sitios.	Se observan más de diez nidos de piedra.	Se observan nidos de piedra en muchos sitios.
Eflorescencia	No se observa eflorescencia o se observan pequeñas manchas blancas en la superficie.	Se observa eflorescencia a lo largo de la grieta en menos de la mitad de la superficie.	Se observa eflorescencia en más de la mitad de la superficie.	Se observan estalactitas en muchos lugares causadas por el cloruro de calcio.
Agujeros	No se observan agujeros o se observan inicios de delaminación en la superficie.	Se observan pequeños agujeros a lo largo del refuerzo en la superficie.	Se desarrollan agujeros con más de 1,0 m <sup>3</sup> del área bajo el elemento.	Existen evidencias de que el agujero se extiende a través del elemento.
Impacto	No existen daños por impacto.	Se observan inicios de fisuramiento en el elemento.	Existen deformaciones en los elementos por impacto.	Existe severas deformaciones y pérdida de sección generados por el impacto de vehículos.

**Tabla 28.** Sistema de protección de concreto presforzado (si existe)

Daño	Grado de daño			
	0	1	2	3
Efectividad de sistema de protección	Buen estado, totalmente efectivo.	Condición regular, sustancialmente eficaz.	Mal estado, eficacia limitada.	El sistema de protección ha fallado o no está en funcionamiento.

(c) Daños en el material: Acero (elemento área)

Para inspeccionar los daños causados en el tablero de acero, el inspector debe referirse a la *Tabla 12. Descripción de daños en acero* y *Tabla 13. Sistema de protección de acero (si existe)*.

(d) Daño en el material: Madera (elemento área)

Para inspeccionar los daños causados en el tablero de madera, el inspector debe referirse a la *Tabla 14. Descripción de daños en madera*.

#### **6.4.2. Vigas principales**

Para el caso de las vigas que forman parte de los elementos principales de la estructura de puente, estas pueden ser del tipo losa, I, T, cajón o marco rígido. Además, pueden ser elementos en concreto reforzado, presforzado o acero.

(a) Daños en el material: Concreto reforzado (elemento lineal)

Para inspeccionar los daños causados en las vigas principales de concreto reforzado tipo lineales (I y T), el inspector debe referirse a la *Tabla 10. Descripción de daños en concreto reforzado (elemento lineal)* y *Tabla 11. Sistema de protección de concreto reforzado (si existe) (elemento lineal)*.

(b) Daños en el material: Concreto reforzado (elemento área)

Para inspeccionar los daños causados en las vigas principales de concreto reforzado tipo área (losa, cajón, marco rígido), el inspector debe referirse a la *Tabla 18. Descripción de daños en concreto reforzado (elemento área)* y *Tabla 19. Sistema de protección de concreto reforzado (si existe) (elemento área)*.

(c) Daños en el material: Concreto presforzado (elemento lineal, área)

Para inspeccionar los daños causados en las vigas principales de concreto presforzado, el inspector debe referirse a la *Tabla 27. Descripción de daños en concreto presforzado* y *Tabla 28. Sistema de protección de concreto presforzado (si existe)*.

(d) Daños en el material: Acero (elemento lineal)

Para inspeccionar los daños causados en las vigas principales de acero, el inspector debe referirse a la *Tabla 12. Descripción de daños en acero* y *Tabla 13. Sistema de protección de acero (si existe)*.

#### **6.4.3. Vigas transversales y largueros de piso**

(a) Daños en el material: Concreto reforzado (elemento lineal)

Para inspeccionar los daños causados en las vigas transversales y largueros de concreto reforzado, el inspector debe referirse a la *Tabla 10. Descripción de daños en concreto reforzado (elemento lineal)* y *Tabla 11. Sistema de protección de concreto reforzado (si existe) (elemento lineal)*.

(b) Daños en el material: Concreto presforzado (elemento lineal)

Para inspeccionar los daños causados en las vigas transversales y largueros de concreto presforzado, el inspector debe referirse a la *Tabla 27. Descripción de daños en concreto presforzado* y *Tabla 28. Sistema de protección de concreto presforzado (si existe)*.

(c) Daños en el material: Acero (elemento lineal)

Para inspeccionar los daños causados en las vigas transversales y largueros de acero, el inspector debe referirse a la *Tabla 12. Descripción de daños en acero* y *Tabla 13. Sistema de protección de acero (si existe)*.

#### **6.4.4. Cerchas, arcos**

(a) Daños en el material: Concreto reforzado (elemento lineal)

Para inspeccionar los daños causados en los arcos de concreto reforzado, el inspector debe referirse a la *Tabla 10. Descripción de daños en concreto reforzado (elemento lineal)* y *Tabla 11. Sistema de protección de concreto reforzado (si existe) (elemento lineal)*.

(b) Daños en el material: Concreto presforzado (elemento lineal)

Para inspeccionar los daños causados en los arcos de concreto presforzado, el inspector debe referirse a la *Tabla 27. Descripción de daños en concreto presforzado* y *Tabla 28. Sistema de protección de concreto presforzado (si existe)*.

(c) Daños en el material: Acero (elemento lineal)

Para inspeccionar los daños causados en las cerchas o arcos de acero, el inspector debe referirse a la *Tabla 12. Descripción de daños en acero* y *Tabla 13. Sistema de protección de acero (si existe)*.

(d) Daños en el material: Madera (elemento lineal)

Para inspeccionar los daños causados en las cerchas o arcos de madera, el inspector debe referirse a la *Tabla 14. Descripción de daños en madera*.

#### 6.4.5. Cables, torres

(a) Cables principales y secundarios de acero (cada elemento)

**Tabla 29.** Descripción de daños en cables principales y secundario de acero

Daño	Grado de daño			
	0	1	2	3
Oxidación	No se observa oxidación en el elemento o se observan los inicios.	20% del elemento está cubierta con oxidación.	50% del elemento está cubierta con oxidación.	Más del 50% de la superficie del elemento está cubierta con oxidación.
Color de oxidación	Café claro.	Amarrillo naranja.	Café oscuro.	Negro.
Corrosión	No se observa corrosión en el elemento o se observa el principio de esta.	La corrosión creció y ha ocasionado orificios en partes del elemento.	Algunas partes del elemento están reducidas por corrosión.	Algunas partes del elemento se han perdido por la corrosión.
Hilos y bandas	Los hilos y las bandas del cable están en su lugar y funcionan según lo previsto.	Se observan inicios de daños en menos del 20% de los hilos y bandas de los cables.	Se observan daños en más del 20% de los hilos y bandas de los cables pero continúan en funcionamiento.	Los cables pueden tener fallas en los hilos como pérdida de sección y las áreas de las bandas han fallado.
Anclajes	Todos los anclajes están en su lugar y funcionan adecuadamente o se observan 2 o menos pernos faltantes.	Se observa una ligera rotura y entre 3 y 5 pernos hacen falta.	Algunos anclajes presentan gran rotura y se observa pérdida entre 6 y 10 pernos.	Existe pérdida de sección debido a una gran rotura y se observan más de 10 pernos faltantes.

Grietas en la soldadura o la placa de anclaje	No se observan grietas.	Se observan grietas de menos de 0,5 cm.	Se detectan varias grietas de entre 0,5 y 1,0 cm.	Se detectan grietas de más de 1,0 cm.
---	-------------------------	---	---	---------------------------------------

Además de lo anterior, el inspector deberá evaluar el sistema de protección (si existe) de los elementos de acero. Para realizar estas actividades deberá consultar la *Tabla 13. Sistema de protección de acero (si existe)*.

(b) Pasador de acero y/o pasador y colgador de acero (cada elemento)

**Tabla 30.** Descripción de daños en pasador y colgador de acero

Daño	Grado de daño			
	0	1	2	3
Oxidación	No se observa oxidación en el elemento o se observa comienzos de oxidación.	20% del elemento está cubierta con oxidación.	50% del elemento está cubierta con oxidación.	Más del 50% de la superficie del elemento está cubierta con oxidación.
Color de oxidación	Café claro.	Amarrillo naranja.	Café oscuro.	Negro.
Corrosión	No se observa corrosión en el elemento o se observa el principio de la corrosión.	La corrosión creció y ha ocasionado orificios en partes del elemento.	Algunas partes del elemento están reducidas por corrosión.	Algunas partes del elemento se han perdido por la corrosión.
Conexiones	Todas las conexiones están en su lugar y funcionan adecuadamente o se observan 2 o menos pernos faltantes.	Se observa una ligera rotura y entre 3 y 5 pernos hacen falta.	Algunas conexiones presentan rotura y se observa pérdida entre 6 y 10 pernos.	Desalineación de los pasadores y colgadores, gran rotura y se observan más de 10 pernos faltantes.
Grietas en la soldadura o la placa de conexiones	No se observan grietas.	Se observan grietas de menos de 0,5 cm.	Se detectan varias grietas de entre 0,5 y 1,0 cm.	Se detectan grietas de más de 1,0 cm.

Además de lo anterior, el inspector deberá evaluar el sistema de protección (si existe) de los elementos de acero. Para realizar estas actividades deberá consultar la *Tabla 13. Sistema de protección de acero (si existe)*.

(c) Torres de acero (cada elemento)

Para inspeccionar los daños causados en las torres de acero, el inspector debe referirse a la *Tabla 12. Descripción de daños en acero* y *Tabla 13. Sistema de protección de acero (si existe)*.

## **6.5. SUPERESTRUCTURA: ELEMENTOS SECUNDARIOS**

### **6.5.1. Diafragma**

(a) Daños en el material: Concreto reforzado (elemento lineal)

Para inspeccionar los daños causados en los diafragmas de concreto reforzado, el inspector debe referirse a la *Tabla 10. Descripción de daños en concreto reforzado (elemento lineal)* y *Tabla 11. Sistema de protección de concreto reforzado (si existe) (elemento lineal)*.

(b) Daños en el material: Concreto presforzado (elemento lineal)

Para inspeccionar los daños causados en los diafragmas de concreto presforzado, el inspector debe referirse a la *Tabla 27. Descripción de daños en concreto presforzado* y *Tabla 28. Sistema de protección de concreto presforzado (si existe)*.

(c) Daños en el material: Acero (elemento lineal)

Para inspeccionar los daños causados en los diafragmas de acero, el inspector debe referirse a la *Tabla 12. Descripción de daños en acero* y *Tabla 13. Sistema de protección de acero (si existe)*.

### **6.5.2. Sistema de arriostamiento**

(a) Daños en el material: Concreto reforzado (elemento lineal)

Para inspeccionar los daños causados en el sistema de arriostamiento de concreto reforzado, el inspector debe referirse a la *Tabla 10. Descripción de daños en concreto reforzado (elemento lineal)* y *Tabla 11. Sistema de protección de concreto reforzado (si existe) (elemento lineal)*.

(b) Daños en el material: Concreto presforzado (elemento lineal)

Para inspeccionar los daños causados en el sistema de arriostramiento de concreto presforzado, el inspector debe referirse a la *Tabla 27. Descripción de daños en concreto presforzado* y *Tabla 28. Sistema de protección de concreto presforzado (si existe)*.

(c) Daños en el material: Acero (elemento lineal)

Para inspeccionar los daños causados en el sistema de arriostramiento de acero, el inspector debe referirse a la *Tabla 12. Descripción de daños en acero* y *Tabla 13. Sistema de protección de acero (si existe)*.

(d) Daños en el material: Madera (elemento lineal)

Para inspeccionar los daños causados en el sistema de arriostramiento de madera, el inspector debe referirse a la *Tabla 14. Descripción de daños en madera*.

## 6.6. SUBESTRUCTURA: APOYOS

### 6.6.1. Apoyo elastomérico

(a) Aspectos generales (cada elemento)

**Tabla 31.** Descripción de daños en apoyos

Daño	Grado de daño			
	0	1	2	3
Movimiento	Movimiento libre.	Movimiento con restricción mínima.	Movimiento con restricción moderada.	Movimiento restringido.
Alineación	Completamente alineado.	Se observan pequeños cambios en la alineación lateral o vertical.	La alineación lateral o vertical es notable y se acerca a los límites de rodamiento.	Los cambios de alineación han resultado en rodamientos que ya no son capaces de soportar carga o que están causando daños al material de soporte.
Inclinación	No se observa ninguna inclinación.	El apoyo se encuentra ligeramente inclinado.	El apoyo se encuentra moderadamente inclinado.	Se encuentra notablemente inclinado y ya perdió su función estructural.
Deformación	No se observan deformaciones o las deformaciones son ligeras.	Existen deformaciones pero no impiden el funcionamiento del apoyo.	El apoyo está notablemente deformado y deberá ser reemplazado.	El apoyo está completamente deforme y no funciona como apoyo.

Rotura de pernos	No se observan daños en el perno de anclaje.	La tuerca no se encuentra en su posición original y el perno de anclaje está deformado.	El perno de anclaje se desplazó 5,0 cm.	El perno de anclaje está completamente cortado.
Oxidación	No se observa oxidación en el elemento o se observa comienzos de oxidación.	20% del elemento está cubierta con oxidación.	50% del elemento está cubierta con oxidación.	Más del 50% de la superficie del elemento está cubierto con oxidación.
Color de oxidación	Café claro.	Amarrillo naranja.	Café oscuro.	Negro.
Corrosión	No se observa corrosión en el elemento o se observa el principio de la corrosión.	La corrosión creció y ha ocasionado orificios en partes del elemento.	Algunas partes del elemento están reducidas por corrosión.	Algunas partes del elemento se han perdido por la corrosión.

### 6.6.2. Apoyo expansivo

(a) Aspectos generales (cada elemento)

Para inspeccionar los daños causados en las en los apoyos expansivos, el inspector debe referirse a la *Tabla 31. Descripción de daños en apoyos.*

### 6.6.3. Apoyo pot o disco

(a) Aspectos generales (cada elemento)

Para inspeccionar los daños causados en las en los apoyos tipo pot o disco, el inspector debe referirse a la *Tabla 31. Descripción de daños en apoyos.*

### 6.6.4. Apoyo fijo

(a) Aspectos generales (cada elemento)

**Tabla 32.** Descripción de daños en apoyos fijos

Daño	Grado de daño			
	0	1	2	3
Alineación	Completamente alineado.	Se observan pequeños cambios en la alineación lateral o vertical.	La alineación lateral o vertical es notable y se acerca a los límites de rodamiento.	Los cambios de alineación han resultado en rodamientos que ya no son capaces de soportar carga o que están causando daños al material de soporte.

Inclinación	No se observa ninguna inclinación.	El apoyo se encuentra ligeramente inclinado.	El apoyo se encuentra moderadamente inclinado.	Se encuentra notablemente inclinado y ya perdió su función estructural.
Deformación	No se observan deformaciones o las deformaciones son ligeras.	Existen deformaciones pero no impiden el funcionamiento del apoyo.	El apoyo está notablemente deformado y deberá ser reemplazado.	El apoyo está completamente deformado y no funciona como apoyo.
Rotura de pernos	No se observan daños en el perno de anclaje.	La tuerca no se encuentra en su posición original y el perno de anclaje está deformado.	El perno de anclaje se desplazó 5,0 cm.	El perno de anclaje está completamente cortado.
Oxidación	No se observa oxidación en el elemento o se observa comienzos de oxidación.	20% del elemento está cubierta con oxidación.	50% del elemento está cubierta con oxidación.	Más del 50% de la superficie del elemento está cubierta con oxidación.
Color de oxidación	Café claro.	Amarillo naranja.	Café oscuro.	Negro.
Corrosión	No se observa corrosión en el elemento o se observa el principio de la corrosión.	La corrosión creció y ha ocasionado orificios en partes del elemento.	Algunas partes del elemento están reducidas por corrosión.	Algunas partes del elemento se han perdido por la corrosión.

## 6.7. SUBESTRUCTURA: BASTIONES

### 6.7.1. Fundación

(a) Aspectos generales (todo el sistema)

**Tabla 33.** Aspectos generales a inspeccionar sobre fundación de bastión

Daño	Grado de daño			
	0	1	2	3
Asentamiento	No se observa asentamiento.	Se observa un asentamiento leve.	Se ha producido un asentamiento medible pero no impacta la capacidad de carga de la estructura.	Se ha producido un asentamiento medible impactando la capacidad de carga de la estructura.

(a) Daños en el material: Concreto reforzado (elemento lineal)

Para inspeccionar los daños causados en las fundaciones del bastión de concreto reforzado, el inspector debe referirse a la *Tabla 10. Descripción de daños en concreto reforzado (elemento lineal)* y *Tabla 11. Sistema de protección de concreto reforzado (si existe) (elemento lineal)*.

(b) Daños en el material: Concreto presforzado (elemento lineal)

Para inspeccionar los daños causados en las fundaciones del bastión de concreto presforzado, el inspector debe referirse a la *Tabla 27. Descripción de daños en concreto presforzado* y *Tabla 28. Sistema de protección de concreto presforzado (si existe)*.

(c) Daños en el material: Acero (elemento lineal)

Para inspeccionar los daños causados en las fundaciones del bastión de acero, el inspector debe referirse a la *Tabla 12. Descripción de daños en acero* y *Tabla 13. Sistema de protección de acero (si existe)*.

(d) Daños en el material: Madera (elemento lineal)

Para inspeccionar los daños causados en las fundaciones del bastión de madera, el inspector debe referirse a la *Tabla 14. Descripción de daños en madera*.

### **6.7.2. Cabezal**

(a) Daños en el material: Concreto reforzado (elemento lineal)

Para inspeccionar los daños causados en el cabezal del bastión de concreto reforzado, el inspector debe referirse a la *Tabla 10. Descripción de daños en concreto reforzado (elemento lineal)* y *Tabla 11. Sistema de protección de concreto reforzado (si existe) (elemento lineal)*.

(b) Daños en el material: Concreto presforzado (elemento lineal)

Para inspeccionar los daños causados en el cabezal del bastión de concreto presforzado, el inspector debe referirse a la *Tabla 27. Descripción de daños en concreto presforzado* y *Tabla 28. Sistema de protección de concreto presforzado (si existe)*.

(c) Daños en el material: Acero (elemento lineal)

Para inspeccionar los daños causados en el cabezal del bastión de acero, el inspector debe referirse a la *Tabla 12. Descripción de daños en acero* y *Tabla 13. Sistema de protección de acero (si existe)*.

(d) Daños en el material: Madera (elemento lineal)

Para inspeccionar los daños causados en el cabezal del bastión de madera, el inspector debe referirse a la *Tabla 14. Descripción de daños en madera*.

### **6.7.3. Cuerpo y aletones**

(a) Daños en el material: Concreto reforzado (elemento lineal)

Para inspeccionar los daños causados en el cuerpo y aletones del bastión de concreto reforzado, el inspector debe referirse a la *Tabla 10. Descripción de daños en concreto reforzado (elemento lineal)* y *Tabla 11. Sistema de protección de concreto reforzado (si existe) (elemento lineal)*.

(b) Daños en el material: Concreto presforzado (elemento lineal)

Para inspeccionar los daños causados en el cuerpo y aletones del bastión de concreto presforzado, el inspector debe referirse a la *Tabla 27. Descripción de daños en concreto presforzado* y *Tabla 28. Sistema de protección de concreto presforzado (si existe)*.

(c) Daños en el material: Acero (elemento lineal)

Para inspeccionar los daños causados en el cuerpo y aletones del bastión de acero, el inspector debe referirse a la *Tabla 12. Descripción de daños en acero* y *Tabla 13. Sistema de protección de acero (si existe)*.

(d) Daños en el material: Madera (elemento lineal)

Para inspeccionar los daños causados en el cuerpo y aletones del bastión de madera, el inspector debe referirse a la *Tabla 14. Descripción de daños en madera*.

(e) Daños en el material: Mampostería (bloques de mampostería)

Para inspeccionar los daños causados en el cuerpo y aletones del bastión de mampostería, el inspector debe referirse a la *Tabla 15. Descripción de daños en mampostería.*

## 6.8. SUBESTRUCTURA: PILAS

### 6.8.1. Fundación

(a) Aspectos generales (todo el sistema)

**Tabla 34.** Aspectos generales a inspeccionar sobre fundación de pilas

Daño	Grado de daño			
	0	1	2	3
Asentamiento	No se observa asentamiento.	Se observa un asentamiento leve.	Se ha producido un asentamiento medible pero no impacta la capacidad de carga de la estructura.	Se ha producido un asentamiento medible impactando la capacidad de carga de la estructura.

(b) Daños en el material: Concreto reforzado (elemento lineal)

Para inspeccionar los daños causados en las fundaciones de las pilas de concreto reforzado, el inspector debe referirse a la *Tabla 10. Descripción de daños en concreto reforzado (elemento lineal)* y *Tabla 11. Sistema de protección de concreto reforzado (si existe) (elemento lineal).*

(c) Daños en el material: Concreto presforzado (elemento lineal)

Para inspeccionar los daños causados en las fundaciones de las pilas de concreto presforzado, el inspector debe referirse a la *Tabla 27. Descripción de daños en concreto presforzado* y *Tabla 28. Sistema de protección de concreto presforzado (si existe).*

(d) Daños en el material: Acero (elemento lineal)

Para inspeccionar los daños causados en las fundaciones de las pilas de acero, el inspector debe referirse a la *Tabla 12. Descripción de daños en acero* y *Tabla 13. Sistema de protección de acero (si existe).*

(e) Daños en el material: Madera (elemento lineal)

Para inspeccionar los daños causados en las fundaciones de las pilas de madera, el inspector debe referirse a la *Tabla 14. Descripción de daños en madera*.

### **6.8.2. Viga cabezal**

(a) Daños en el material: Concreto reforzado (elemento lineal)

Para inspeccionar los daños causados en la viga cabezal de las pilas de concreto reforzado, el inspector debe referirse a la *Tabla 10. Descripción de daños en concreto reforzado (elemento lineal)* y *Tabla 11. Sistema de protección de concreto reforzado (si existe) (elemento lineal)*.

(b) Daños en el material: Concreto presforzado (elemento lineal)

Para inspeccionar los daños causados en la viga cabezal de las pilas de concreto presforzado, el inspector debe referirse a la *Tabla 27. Descripción de daños en concreto presforzado* y *Tabla 28. Sistema de protección de concreto presforzado (si existe)*.

(c) Daños en el material: Acero (elemento lineal)

Para inspeccionar los daños causados en la viga cabezal de las pilas de acero, el inspector debe referirse a la *Tabla 12. Descripción de daños en acero* y *Tabla 13. Sistema de protección de acero (si existe)*.

(d) Daños en el material: Madera (elemento lineal)

Para inspeccionar los daños causados en la viga cabezal de las pilas de madera, el inspector debe referirse a la *Tabla 14. Descripción de daños en madera*.

### **6.8.3. Cuerpo**

(a) Daños en el material: Concreto reforzado (elemento lineal)

Para inspeccionar los daños causados en el cuerpo de las pilas de concreto reforzado, el inspector debe referirse a la *Tabla 10. Descripción de daños en concreto reforzado (elemento lineal)* y *Tabla 11. Sistema de protección de concreto reforzado (si existe) (elemento lineal)*.

(b) Daños en el material: Concreto presforzado (elemento lineal)

Para inspeccionar los daños causados en el cuerpo de las pilas de concreto presforzado, el inspector debe referirse a la *Tabla 27. Descripción de daños en concreto presforzado* y *Tabla 28. Sistema de protección de concreto presforzado (si existe)*.

(c) Daños en el material: Acero (elemento lineal)

Para inspeccionar los daños causados en el cuerpo de las pilas de acero, el inspector debe referirse a la *Tabla 12. Descripción de daños en acero* y *Tabla 13. Sistema de protección de acero (si existe)*.

(d) Daños en el material: Madera (elemento lineal)

Para inspeccionar los daños causados en el cuerpo de las pilas de madera, el inspector debe referirse a la *Tabla 14. Descripción de daños en madera*.

(e) Daños en el material: Mampostería (bloques de mampostería)

Para inspeccionar los daños causados en el cuerpo de las pilas de mampostería, el inspector debe referirse a la *Tabla 15. Descripción de daños en mampostería*.

## **6.9. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN CONTRA AMENAZAS NATURALES**

### **6.9.1. Aspectos sísmicos**

(a) Longitud de asiento

Para inspeccionar la longitud de asiento, el encargado de la evaluación inicialmente deberá conocer la longitud establecida en los planos estructurales y luego deberá medir esta distancia en sitio, para comparar ambos datos y establecer si se cumple o no con el diseño de la estructura de puente. Seguidamente, se debe analizar si la longitud tomada en sitio cumple con lo establecido en el Artículo 4.7.4.4 de AASHTO LRFD, donde se indica que la longitud de asiento mínima requerida se obtiene a partir de una longitud de asiento empírica, la cual se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$N_{emp} = (200 + 1,7 \cdot L + 6,7 \cdot H)(1 + 0,000125 \cdot S^2) \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

$N_{emp}$  = longitud de asiento empírica medida normal a la línea de centro del apoyo [mm]

- L* = longitud del tablero hasta la junta de expansión adyacente o el extremo del tablero, como se muestra en la Figura 16 [m]
- H* = para bastiones, la altura promedio de las columnas que soportan el tablero del puente desde el bastión hasta la siguiente junta de expansión; para pilas, la altura de la pila [m]
- S* = ángulo de sesgo medido con respecto a la línea normal a la línea de centro del puente [°]

Adicionalmente, el Artículo 4.7.4.4 de AASHTO LRFD establece que la longitud de asiento real debe ser mayor a un porcentaje de la longitud de asiento empírica, el cual se asigna dependiendo de la zona sísmica donde se ubique la estructura. En el caso específico de un puente ubicado en zonas con alta sismicidad, la longitud de asiento mínima requerida debe tomarse como el 150% de la longitud de asiento empírica. Por lo tanto, la ecuación a utilizar para determinar la longitud de asiento mínima requerida es la siguiente:

$$N_{\min} = 1,50 \cdot N_{emp} \quad \text{Ec. 2}$$

Donde:

$N_{\min}$  = longitud de asiento mínima requerida, medida normal a la línea de centro del apoyo [mm]

$N_{emp}$  = longitud de asiento empírica, calculada por medio de la Ec.1 [mm]

**Tabla 35.** Inspección de la longitud de asiento

Daño	Grado de daño			
	0	1	2	3
Longitud de asiento	La longitud de asiento cumple con las disposiciones mínimas establecidas en AASHTO LRFD.	La longitud de asiento medida en sitio no es la establecida en los planos estructurales pero cumple con AASHTO LRFD.	No aplica.	La longitud de asiento no cumple con las disposiciones mínimas establecidas en AASHTO LRFD.

(b) Llaves de cortante

**Tabla 36.** Inspección de las llaves de cortante

Daño	Grado de daño			
	0	1	2	3
Llaves de cortante	La estructura de puente cuenta con llaves de cortante.	Se cuenta con llaves de cortante, sin embargo no cumplen con el diseño establecido en los planos estructurales.	Los dispositivos se encuentran en mal estado, limitando su función de prevención de colapso de la estructura.	La estructura de puente no cuenta con llaves de cortante.

(c) Otros sistemas (dispositivos especiales)

**Tabla 37.** Inspección de los sistemas de protección sísmica

Daño	Grado de daño			
	0	1	2	3
Sistemas de protección sísmica	Se cuenta con otros sistemas de protección sísmica los cuales están en buen estado y funcionan adecuadamente.	La condición de los sistemas es regular, sustancialmente eficaces.	Los sistemas están en mal estado y su eficacia es limitada.	El sistema de protección ha fallado o no está en funcionamiento.

### 6.9.2. Aspectos hidráulicos

(a) Socavación en fundaciones (bastiones y pilas)

**Tabla 38.** Descripción de daños producidos por socavación

Daño	Grado de daño			
	0	1	2	3
Socavación	No se observa socavación.	Se observa socavación pero no se extiende a la fundación.	Aparece socavación por la fundación.	Pérdida de terreno en el que se apoya la fundación.

(b) Sistema de protección de socavación

**Tabla 39.** Inspección de sistema de protección de socavación

Daño	Grado de daño			
	0	1	2	3
Sistemas de protección de socavación	Se cuenta con sistema de protección de socavación, el cual está en buen estado y funciona adecuadamente.	La condición del sistema es regular, sustancialmente eficaces.	El sistema está en mal estado y su eficacia es limitada.	El sistema de protección ha fallado o no está en funcionamiento.

(c) Bloqueo de cauce

**Tabla 40.** Descripción de daños producidos por bloqueo de cauce

Daño	Grado de daño			
	0	1	2	3
Bloqueo de cauce	No se observan objetos o materiales que puedan ocasionar un bloqueo en el cauce del río.	El claro hidráulico es suficiente para que los objetos o materiales pasen sin mayor problema.	Se observa un riesgo elevado por bloqueo de objetos o materiales en el cauce del río.	Se evidencia un bloqueo por objetos o materiales, creando un desbordamiento del cauce.

## 7. METODOLOGÍA DE INSPECCIÓN

Para realizar una adecuada inspección de las estructuras de puentes, es imprescindible establecer una metodología mediante la cual se pueda determinar el estado o condición de este tipo de estructuras, tomando en cuenta aspectos estructurales, de seguridad vial, edad y vulnerabilidad ante amenazas sísmicas e hidrológicas. Para lograr esto, se hará uso de la *Guía para la Determinación de la Condición de Puentes en Costa Rica Mediante Inspección Visual*, desarrollada por la Unidad de Puentes del LANAMME-UCR.

Esta guía se ha creado con el objetivo de ser un documento de referencia y de aplicación práctica para la evaluación de una amplia gama de tipologías estructurales de puentes, para ello, la Unidad de Puentes ha analizado los procedimientos utilizados en 12 países y ha adaptado estas metodologías internacionales a las condiciones del país y las necesidades de la infraestructura nacional, por lo que se convierte en una robusta herramienta que al ser utilizada, minimiza la subjetividad de las evaluaciones generando mejores resultados.

Dentro de las ventajas que cuenta la guía, se pueden mencionar las siguientes:

- (a) Permite incorporar parámetros asociados a la vulnerabilidad sísmica, importancia estratégica de cada puente, grado de deterioro y antigüedad.
- (b) Contempla aspectos estructurales enfocados en salvaguardar la integridad del puente, la seguridad de los usuarios, amenazas naturales y las labores de conservación que promueven puentes durables.
- (c) Proporciona una calificación de la condición general de los puentes.
- (d) Además de brindar una calificación global de la estructura, posibilita un análisis específico de los múltiples elementos de la misma y a partir de esto, se pueden enfocar los esfuerzos de conservación, rehabilitación, o diseño de prevención de daños a los elementos más críticos.
- (e) Establece recomendaciones asociadas a la urgencia de atención de la estructura, labores de reparación y mantenimiento, o la necesidad de estudios adicionales.

## 7.1. MÉTODO PARA LA CALIFICACIÓN DE LA CONDICIÓN

Para determinar la calificación de la condición estructural del puente mediante la inspección visual se propone seguir una serie de seis pasos con el propósito de uniformizar y estandarizar criterios a la hora de determinar la condición del puente.

### 7.1.1. Información preliminar e inspección visual del puente

Inicialmente, se investiga la información básica del puente como los planos constructivos, la fecha de construcción, el historial de inspecciones y mantenimiento y características varias del tránsito como el valor del tránsito promedio diario TPD. Con esto se determina la importancia operacional (crítico CR, esencial E y convencional CO) y el rango de vida remanente del puente ASL, según la clasificación definida en los Lineamientos de Diseño Sismorresistentes de Puentes (2013) para el diseño y rehabilitación sísmica de puentes.

**Tabla 41.** Calificativos del puente según su importancia operacional y vida residual

<b>Importancia operacional y económica del puente</b>	<b>Vida remanente del puente ASL (vida útil entre 50 y 75 años)</b>
Convencional (CO)	ASL 1 (menor a 15 años)
Esencial (E)	ASL 2 (15 - 50 años)
Crítico (CR)	ASL 3 (mayor a 50 años)

### 7.1.2. Componentes del puente y grado de daño GD

Para cada uno de los tramos de la superestructura y subestructura se catalogan los daños por elemento y se asigna un valor de grado de daño GD. Los detalles para la determinación del GD están definidos en el sección 6 de este documento y como se menciona en dicha sección, se propone una escala de daño del 0 a 3, donde 0 significa que no existen daños o el daño es mínimo, 1 un daño leve, 2 un daño moderado y 3 un daño grave.

Para cada componente se evalúan en campo todos los elementos y en la herramienta digital se ingresan los datos de grado de daño que se encuentran en la condición más crítica, esto para obtener la calificación global de la estructura de puente más crítica.

### 7.1.3. Asignación de la relevancia estructural RE

La relevancia estructural RE es una variable que incorpora la importancia de un componente o elemento según su función en el sistema global del puente. Toma en cuenta aspectos de seguridad vial, durabilidad, protección del entorno, accesibilidad y aspectos estructurales.

Para designar la categoría de cada elemento, la Unidad de Puentes del LANAMME-UCR analizó los pesos atribuidos en la bibliografía internacional y su experiencia adquirida en las inspecciones de puentes existentes, finalmente, se obtuvo como resultado lo que se observa en la siguiente tabla.

**Tabla 42.** Relevancia estructural (RE) recomendados para los componentes del puente

RE = 1	RE = 2	RE = 3	RE = 4
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Juntas de expansión*</li>   <li>▪ Seguridad vial*:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Señalización</li> <li>- Iluminación</li> <li>- Rotulación de altura y carga máxima</li> </ul> </li>   <li>▪ Accesos*:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Barrera vehicular</li> </ul> </li>   <li>▪ Superficie de ruedo*</li>   <li>▪ Protección durabilidad:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistema de drenaje*</li> <li>- Pintura estructura</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Superestructura:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diafragma<sup>1</sup></li> <li>- Arriostres (superior e inferior)</li> </ul> </li>   <li>▪ Seguridad vial*:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Barreras vehiculares (en puente)</li> <li>- Aceras</li> </ul> </li>   <li>▪ Accesos*:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Relleno aproximación</li> <li>- Losa aproximación</li> <li>- Muros de contención</li> </ul> </li>   <li>▪ Aletones y muros</li>   <li>▪ Rehabilitación:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Refuerzo con fibras</li> <li>- Refuerzo/adición vigas</li> <li>- Postensión externa</li> <li>- Recalce o pilas adicionales</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tablero</li>   <li>▪ Superestructura:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Puente con 4 o más vigas de concreto o acero</li> <li>- Puente tipo cajón</li> <li>- Vigas transversales y largueros de piso</li> <li>- Armadura/viga rigidizadora (colgantes o atirantados)</li> <li>- Cuerpo de arco mampostería</li> </ul> </li>   <li>▪ Pila:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuerpo muro o marco con pantalla</li> <li>- Viga cabezal</li> </ul> </li>   <li>▪ Bastión:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cabezal</li> <li>- Cuerpo</li> <li>- Cimiento</li> </ul> </li>   <li>▪ Puente tipo marco</li>   <li>▪ Apoyos:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elastomérico</li> <li>- Expansivo</li> <li>- Pot o disco</li> <li>- Fijo</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Superestructura:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estructura de madera</li> <li>- Puente con 3 o menos vigas de concreto o acero</li> <li>- Puente tipo cercha</li> <li>- Arco de concreto o acero</li> </ul> </li>   <li>▪ Pila               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Columna</li> <li>- Cuerpo tipo marco</li> <li>- Cimientos</li> </ul> </li>   <li>▪ Cables, anclajes y torres (puentes colgantes y atirantados)</li> </ul>

Notas:

\* Componentes no estructurales del puente cuyos daños afectan su operación

<sup>1</sup> En puentes con curvas o sesgos pronunciados los diafragmas podrían calificarse como RE = 3

Además de la asignación de la relevancia estructural a los componentes del puente descritos en la tabla anterior, es importante realizar una evaluación especial a aquellos elementos que cumplen con la labor específica de proteger la estructura de eventos sísmicos o hidrológicos. Tomando en cuenta que la frecuencia y la magnitud de estos eventos varía en el tiempo, evaluar un puente antiguo, pronto a cumplir su vida útil, como si fuera nuevo no es correcto. Los requisitos de desempeño son distintos en cada caso, por lo tanto, para estos elementos se incluye además la variable de importancia. La designación del RE en estos casos se obtiene mediante el uso de la siguiente tabla.

**Tabla 43.** Determinación de RE para elementos de protección sísmica e hidráulica según la frecuencia de amenaza, vida remanente e importancia operacional

RE	Amenaza hidrológica Frecuencia amenaza natural "overtopping"				Amenaza por sismo Periodo de retorno (PR) amenaza natural		
	Frecuente (F) < 3 años	Ocasional (O) ≈ 10 años	Una vez en la vida (V) ≈ 50 años	Remota (R) ≈ 100 años	Ocasional (O) PR = 500 años	Una vez en la vida (V) PR = 100 años	Remota (R) PR = 2500 años
1	CO: ASL 1, 2	E: ASL 1 CO: ASL 1, 2	CR: ASL 1 E: ASL 2 CO: ASL 3	CR: ASL 3	E: ASL 1 CO: ASL 2	-	-
2	CR: ASL 1, 2 E: ASL 1, 2, 3 CO: ASL 3	CR: ASL 1,2,3 E: ASL 2, 3 CO: ASL 3	CR: ASL 2, 3 E: ASL 3	-	-	CR: ASL 1, 2 E: ASL 2, 3 CO: ASL 3	-
3	CR: ASL 3	-	-	-	-	-	CR: ASL 3

Notas:

Según Lineamientos para diseño sismorresistente de puentes 2013

Importancia operacional: CR= Crítico / E= Esencial / CO= Convencional

Vida de servicio remanente: ASL1 (Menor a 15 años) / ASL2 (Entre 15 años y 50 años) / ASL3 (Mayor que 50 años)

En la tabla anterior se introducen primero parámetros de ocurrencia. Para sismo se utiliza el concepto de periodo de retorno, aplicado en la práctica común de diseño de estructuras sismorresistentes. En el caso de eventos hidrológicos, se utiliza la frecuencia de overtopping.

El overtopping se da cuando el agua sobrepasa o golpea la superestructura del puente, esto ocurre cuando el área hidráulica es insuficiente. Este fenómeno se puede correlacionar con la probabilidad de que la cimentación sufra daños por socavación. A diferencia del cálculo de avenidas para el cauce del río en un determinado periodo de

retorno, el overtopping puede ser aproximado con base en el conocimiento de los pobladores del entorno del puente.

La relevancia estructural RE para elementos de protección sísmica e hidrológica se define en la Tabla 43 de la siguiente manera:

- (a) Primero se determina cuáles elementos aplican para el puente (inclusive cuando estos no existan) y la frecuencia de overtopping.
- (b) Seguidamente se busca la importancia operacional del puente (Crítico CR, Esencial E o Convencional CO) y la vida de servicio remanente (ASL 1, ASL 2 o ASL 3).
- (c) Cuando se han definido los parámetros anteriores, se busca la casilla correspondiente con la frecuencia, la importancia y la ASL y se encuentra en la columna de la izquierda la relevancia estructural RE asignada para esas condiciones.

Para la amenaza por sismo no es necesario encontrar el período de retorno dado a que este trabajo ya se realizó en la elaboración de la Tabla 43 por la Unidad de Puentes de LANAMME-UCR.

#### **7.1.4. Tipo de falla y grado de consecuencia de falla FCF**

El factor de consecuencia de falla FCF se escoge para cada elemento según sean las consecuencias de su falla sobre el puente (según lo descrito en la Tabla 44) y la forma en que se esperaría ocurra la falla del puente como sistema, debido a los daños en el elemento (como se denota en la Tabla 45).

En la Tabla 45 se introduce un nuevo nivel de importancia denominado CR+, específicamente ideado para los puentes de la red vial nacional de importancia estratégica, con gran importancia económica y cuyo colapso presenta un alto riesgo de pérdida de vidas humanas debido a su alta ocupación ( $TPD > 50\,000$ ). Para este caso, se pondera con un factor FCF de 1,25 únicamente para aquellos componentes del puente que además de tener un grado de relevancia estructural de  $RE = 4$  también podrían presentar un tipo de falla no redundante. Para estos elementos, inclusive un grado de deterioro moderado se considera como una situación riesgosa e inaceptable

tomando en cuenta las consecuencias económicas y posible pérdida de vidas humanas que se derivan de su falla.

**Tabla 44.** Definición de niveles de consecuencias de falla y tipos de puentes clasificables según

Consecuencia	Descripción
Nivel 1: Baja	Consecuencias leves sin riesgo de pérdida de vidas o lesiones, molestias a usuarios, servicio puede ser afectado en periodos cortos.
Nivel 2: Moderada	Consecuencias moderadas. Riesgo leve de pérdidas de vida o lesiones. Consecuencia económica considerable.
Nivel 3: Alta	Consecuencias altas. Riesgo moderado de pérdidas de vida o lesiones. Consecuencia económica alta.
Nivel 4: Severa	Consecuencias muy altas. Riesgo alto de pérdidas de vida o lesiones. Consecuencia económica muy alta.

**Tabla 45.** Relación entre la relevancia estructural RE, tipos de falla y niveles de consecuencias

Tipo de falla probable del puente como sistema	Consecuencias según tipo de falla							
	Nivel 1 FCF = 0,6	Nivel 2 FCF = 0,8			Nivel 3 FCF = 1,0			Nivel 4 FCF=1,25
	Todos	CO	E	CR	E	CR	CR+	CR+
A: Servicio	RE = 1	-	-		-		-	-
B: Falla elemento secundario o de entorno	-	RE = 2	RE = 2	RE = 2			RE = 2	-
C: Redundante Falla de elemento no causaría colapso del puente	-	RE = 3 o 4	RE = 3		RE = 4	RE = 3 o 4	RE = 3 o 4	-
D: No redundante Falla de elemento causaría colapso del puente	-	RE = 3 o 4	RE = 3		RE = 4	RE = 3 o 4	RE = 3	RE = 4

### 7.1.5. Calificación de los elementos del puente CE

Los tres factores calculados anteriormente se combinan para determinar la calificación de cada uno de los elementos de la estructura de puente. El valor de CE, que se

encuentra en el rango de 1 a 6 (Tabla 46) se encuentra al calcular la Ec. 3 y redondeando al valor entero más próximo.

$$CE_i = \begin{cases} 1 & \text{si } GD = 0 \\ \text{Entero}\{[(FCF \cdot RE) - 1] + GD\} \leq 6 & \text{si } GD \neq 0 \end{cases} \quad \text{Ec. 3}$$

Como se puede observar, si  $GD = 0 \rightarrow CE_i = 1$ ,  $CE_{\min} = 1$  y  $CE_{\max} = 6$ .  $CE_i$  corresponde a la calificación de un componente "i" del puente.

Es importante recalcar la importancia del cálculo de un adecuado valor de GD. En particular, el grado  $GD = 3$  corresponde específicamente a un estado en que el deterioro tiene implicaciones serias en el elemento o que inclusive ya ha fallado.

#### **7.1.6. Clasificación global del puente CP**

En esta metodología la calificación global del puente se asigna en función del elemento con mayor puntaje obtenido. Lo cual se describe también mediante la Ec. 4:

$$CP = \text{máx}(CE_i) \quad \text{Ec. 4}$$

Al hacer este tipo propuesta, se asume que el puente está formado por elementos independientes entre sí y se concibe, por lo menos para el caso de falla completa, el sistema global del puente como un sistema en serie.

En una formulación en serie se asume que la falla del elemento más débil provoca la falla de todo el sistema por lo que es considerada una formulación conservadora siempre y cuando (desde un punto de vista probabilístico), la probabilidad de falla total esté gobernada por la probabilidad de falla de ese elemento específico. No obstante, se debe mencionar que al tomar en cuenta la redundancia para algunos elementos de la superestructura se alcanza en algún grado el efecto indirecto de una formulación en paralelo del sistema, en donde la falla se da luego de la falla del componente más fuerte.

Con un valor asignado de CP, se obtiene finalmente la condición del puente a utilizar en la Tabla 46, para calificar el estado del puente. Vale la pena recordar que esta metodología provee información tanto de la condición global del puente como de los grados de daño específicos de los elementos. Esta información es de utilidad para

realizar un análisis estadístico de los componentes del puente que presentan mayores problemas con el fin de enfocar los esfuerzos de conservación, rehabilitación e inclusive consideraciones de diseño hacia la prevención del daño; más aún en componentes clave para asegurar la integridad estructural del puente.

**Tabla 46.** Niveles de calificación propuestos para puentes en Costa Rica

Categoría	Condición	Descripción	
		Integridad estructural y seguridad vial	Necesidad de atención
1	Satisfactoria	Estado bueno. Sin daño o daños son leves. La estabilidad estructural, seguridad vial y durabilidad están asegurados.	Mantenimiento rutinario (Debe estar programado para todos los puentes de la Red Vial Nacional).
2	Regular	Deterioros ligeros que deben ser tratados por aspectos de durabilidad o progresión del daño. Deficiencias en aspectos de seguridad vial.	Reparaciones se programan en conjunto con el siguiente mantenimiento rutinario del puente.
3	Deficiente	Deficiencia importante pero los componentes del puente funcionan aún de forma adecuada. Daño o defecto en seguridad vial peligroso.	Es necesario programar la reparación previo al próximo mantenimiento rutinario.
4	Seria	Puente estable, pero con deterioro significativo en uno o varios elementos estructurales primarios, o falla en secundarios. Si no se trata la proliferación del deterioro, este podría conducir a una situación inestable a futuro. Deficiencia en seguridad vial muy riesgosa para los usuarios.	Atención pronta. Se debe atender pronto el puente para detener la progresión del daño. Se debe atender una situación peligrosa en la seguridad vial de forma prioritaria incluyendo el señalamiento de la situación vial riesgosa.
5	Alarmante	Situación crítica. La estabilidad del puente puede estar comprometida en un periodo de tiempo corto gracias a la progresión del daño. Procurar reparación o tratamiento inmediato para asegurar estabilidad y evitar daños irreversibles en los elementos.	Atención prioritaria. Se debe señalar la condición estructural peligrosa del puente y los trabajos de reparación son prioritarios. Evaluar la capacidad estructural residual del puente para juzgar si es necesario restringir la carga permitida.
6	Riesgo inaceptable o Falla inminente	Condición de deterioro inaceptable en puentes de importancia muy alta o situación de puente inestable con riesgo alto de colapso de la estructura. Daño severo en un elemento crítico o daños severos extendidos sobre varios elementos principales. Daño irreversible que posiblemente requiera el cambio del puente o la substitución de elementos dañados.	Atención inmediata. Cerrar el puente o restringir el paso de vehículos pesados (según criterio de la Administración). Evaluar necesidad de colocación de soportes temporales o un puente temporal. Estudio estructural del puente y propuesta de reparación o cambio del puente.

## **8. REGISTROS DE INSPECCIÓN**

Documentación donde se recopila la información necesaria de cada estructura de puente. Cada uno de los registros de inspección en la parte superior contiene la información de identificación dentro del organismo, junto con los espacios para anotar la información de los inspectores responsables de las actividades de evaluación.

### **8.1. REGISTROS DE INSPECCIÓN 1. INFORMACIÓN DE LA ESTRUCTURA**

Estos registros de inspección presentan los datos generales y los datos de la superestructura y subestructura del puente. Se dividen en cuatro registros denominados como General, Superestructura, Subestructura: Bastiones y Pilas.

#### **8.1.1. Registro de inspección: General**

El registro de inspección llamado General lo conforman cinco partes, la primera es la información del puente en donde se anotan el nombre, las coordenadas (latitud norte y longitud oeste), la localización (provincia, cantón y distrito), el número y la clasificación de la ruta en donde se ubica la estructura y las fechas o en su caso los años cuando se diseñó y se construyó la estructura del puente.

La segunda parte es la información de los elementos básicos, que serían la dirección de la vía, longitud total, longitud de la alcantarilla (en caso de tratarse de una estructura tipo alcantarilla), pendiente longitudinal, cruza sobre, tipo de estructura, número de subestructuras, tramos y subestructuras, presencia de servicios públicos dentro del área de influencia de la estructura, características del pavimento (tipo y espesor) y la existencia de restricciones por carga, altura o ancho.

Seguidamente se tiene la sección correspondiente a las dimensiones del camino, se muestra una figura de referencia para anotar adecuadamente cada una de estas, además se puede indicar las dimensiones de los elementos de seguridad como las barandas peatonales, aceras y ciclovías.

La cuarta parte corresponde a una lista de verificación de las fotografías que el inspector debe tomar en campo y, por último, la quinta sección es a un espacio de observaciones para anotaciones importantes.

### **8.1.2. Registro de inspección: Superestructura**

La información relevante de la superestructura se indica en este registro de inspección. Consta de siete partes las cuales hacen referencia a la estructura de viga principal, viga transversal y larguero de piso, juntas de expansión, tablero, pintura y un espacio para anotar las observaciones que el inspector considere relevantes.

La información que se registra según el elemento que se inspecciona tiene que ver con la clasificación como es el caso del tipo de viga principal o el tipo de junta de expansión ya sea inicial o final y el material utilizado para la construcción del elemento.

### **8.1.3. Registros de inspección: Subestructura (bastiones y pilas)**

La información de la subestructura se almacena y se recopila en estos registros de inspección. Se tienen dos formularios diferentes, uno para bastiones y otro para pilas. En ambos registros se introduce el tipo de material, tipo de bastión o pila y las dimensiones de cada estructura (altura, ancho y largo). De igual forma se especifica el tipo de fundación y las dimensiones (ancho y largo). Si existen pilotes como fundaciones se especifica el tipo, además el tipo de apoyo y el ancho de asiento.

## **8.2. REGISTROS DE INSPECCIÓN 2. GRADO DE DAÑO**

Con respecto a las condiciones de grado de daño se debe realizar la inspección con estos formularios. En la sección 6. Catálogo de daños de este instructivo, se describe el criterio de evaluación para el grado de daño en cada elemento del puente. Los registros de inspección deben ser completados según cada componente del puente, según los componentes de seguridad, accesorios, accesos, superestructura y subestructura, además, si la estructura de puente consiste en tres tipos de superestructuras, cerchas de acero, vigas I de acero y losa de concreto, el inspector debe preparar tres tipos de memorias para cada componente. El registro de los daños debe ser renovado cada vez que se lleve a cabo una nueva inspección.

La calificación de los grados de daño ayuda en la planificación de las intervenciones necesarias. El grado de daño es la calificación dada por el inspector de campo a los diferentes componentes y elementos del puente. Se les asigna ese número

objetivamente y no por criterios personales u opiniones, deben ser consistentes entre inspectores, es decir debe ser la misma calificación, para dar la misma deficiencia estructural del elemento.

Hay seis componentes que se evalúan en los registros de inspección referentes al grado de daño. Para cada componente se inspeccionan distintos elementos, los cuales se enumeran a continuación.

- (a) Seguridad: Demarcación horizontal, señalización vertical, ciclovía, restricción por altura y carga máxima, iluminación, sistema de contención vehicular, baranda peatonal, bordillo, aceras.
- (b) Accesorios: Juntas de expansión, sistema de drenaje y superficie de rodamiento.
- (c) Accesos: Losa de aproximación, relleno de aproximación, obras de retención.
- (d) Superestructura: Tablero, vigas principales, cerchas, arcos, viga diafragma, sistema de arriostramiento.
- (e) Subestructura: Apoyos, bastiones y pilas.
- (f) Amenazas naturales: Elementos de protección sísmicos e hidráulicos.

Cada elemento está basado en consideraciones independientes. Esto quiere decir que un elemento que pertenezca a la superestructura y obtenga un grado de deterioro alto, no implica necesariamente que la superestructura en general se encuentre en malas condiciones.

Siempre que se califique un elemento con un grado de daño mayor a 0 se debe incluir un comentario técnico y específico al respecto en el espacio de observaciones que justifique y respalde el grado de daño asignado, el comentario debe incluirse de manera concisa y específica, además se debe tomar una fotografía que sea congruente con el grado de daño indicado. Se deben tomar cuantas fotos sean necesarias y relevantes para mantener el inventario del puente, las mismas deben adjuntarse en el Informe de la inspección.

### **8.3. REGISTRO DE INSPECCIÓN 3. ESQUEMAS**

Si los planos constructivos están disponibles deben ser escaneados y añadidos en estos registros de inspección. En el caso de que algún plano no exista, deben escanearse esquemas con las dimensiones del puente y geometría, componentes, elementos y otras notas especiales.

Se cuentan con seis plantillas para adjuntar los planos o esquemas de las vistas en planta, perfil, detalles de la superestructura, subestructura (bastiones y pilas) y los cabezales de entrada y salida en el caso de ser una estructura tipo alcantarilla. Cada plantilla tiene una sección de contenido tipo lista de verificación para que el inspector tome en cuenta al realizar los esquemas en campo, además de un espacio para anotar las observaciones que se consideren pertinentes.

## **9. GUÍA DE RECOPIACIÓN DE DATOS**

### **9.1. REGISTRO DE INSPECCIÓN: GENERAL**

#### **9.1.1. Información del puente**

- (a) Nombre: Generalmente en Costa Rica cuando un puente cruza un río éste lleva el nombre del mismo. De lo contrario si el puente cruza sobre una carretera o vía férrea hay que verificar planos o información del puente para obtener este dato, sino se cuenta con este dato se debe consultar con algún oficial de gobierno ya sea la Dirección de Puentes del MOPT, el CONAVI o la Municipalidad respectiva.
- (b) Latitud norte y longitud oeste: Se refiere a la localización del puente según sus coordenadas. Para obtener este dato es necesario que el inspector porte un aparato de sistema de posicionamiento global conocido como GPS por sus siglas en inglés.
- (c) Localización: Provincia, Cantón, Distrito: Se define la ubicación del puente según la provincia, cantón y distrito.

- (d) N° ruta y clasificación: Se refiere a la clasificación de la ruta donde está ubicado el puente, según la ley número 5060 “Ley general de caminos públicos y sus reformas” se definen como rutas primarias a la red de rutas que sirven de corredores caracterizados por volúmenes de tránsito relativamente altos y con una alta proporción de viajes internacionales, interprovinciales o de la larga distancia; rutas secundarias son las que conectan cabeceras cantonales importantes, así como otros centros de población, producción o turismo; rutas terciarias son aquellas que sirven de colectoras del tránsito para las carreteras primarias y secundarias y las rutas cantonales son las que están administradas por las municipalidades que incluyen los caminos vecinales, locales y los no clasificados. Las rutas primarias, secundarias y terciarias son definidas como tales por la Dirección de Planificación Sectorial del MOPT según el tránsito promedio diario de cada una. Las rutas nacionales son las que se clasifican en primarias, secundarias o terciarias. En caso de puentes en rutas cantonales, se debe seleccionar: “Cantonal”. En la *Tabla 47. Datos del tipo de ruta* se muestran las opciones.

**Tabla 47.** Datos del tipo de ruta

<b>Número</b>	<b>Tipo de ruta</b>
1	Primaria
2	Secundaria
3	Terciaria
4	Cantonal

- (e) Fecha de diseño: Este dato se puede encontrar en los planos, de no ser así se debe consultar con algún oficial de gobierno ya sea en la Dirección de Puentes del MOPT, el CONAVI o la Municipalidad respectiva. Si no existe ninguna información se debe indicar en el informe.
- (f) Fecha de construcción: Este dato puede obtenerse de la placa con que cuenta el puente, en caso que la placa mencione un período, se debe incluir el año menor que aparece, si el puente no tiene ninguna placa se debe consultar con algún oficial de gobierno ya sea en la Dirección de Puentes del MOPT, CONAVI o la

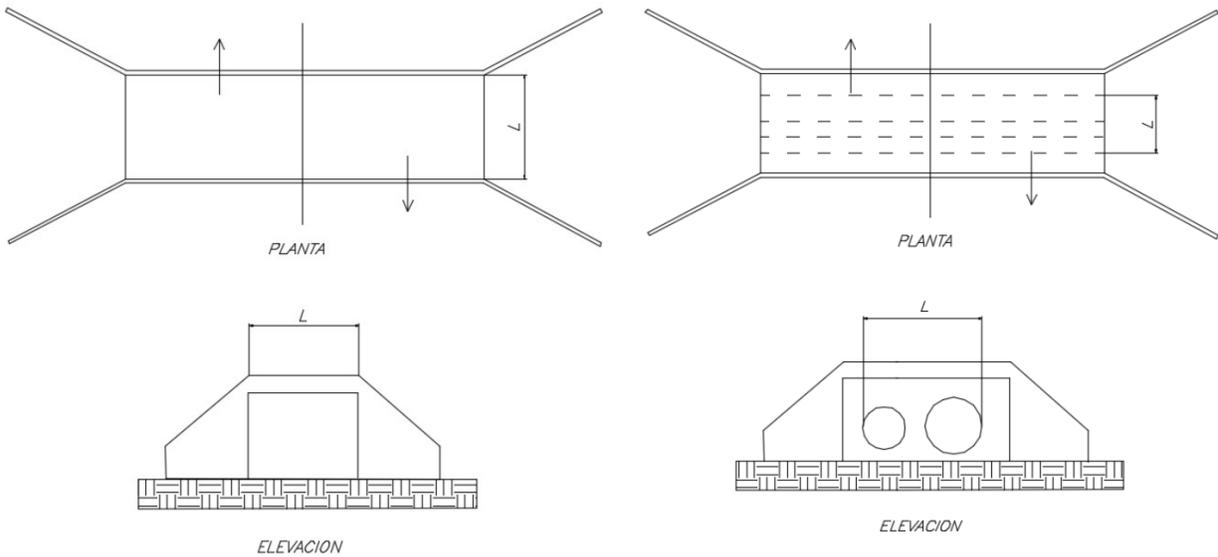
Municipalidad respectiva. Si no existe ninguna información se debe indicar en el informe.

### 9.1.2. Elementos básicos

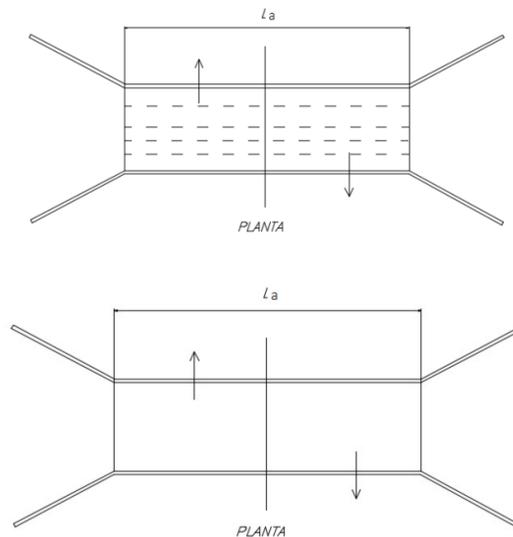
- (a) Dirección de la vía: Se refiere al lugar hacia el cual se dirige el puente (cabecera de cantón, distrito o cualquier poblado que se pueda identificar en los mapas 1:50000), utilizando como punto de referencia el kilómetro de inicio del mismo. Generalmente este dato se encuentra en la hoja del plan general de los planos del puente.
- (b) Longitud total: Se refiere a la suma total de la longitud de cada tramo del puente. Es la distancia comprendida entre la línea centro de los apoyos inicial y final ubicados en los bastiones. El dato se debe de obtener en metros. En caso que no existan planos para obtener la distancia de línea de centro de apoyos, se permitirá tomar la medida en campo de junta a junta. Se deberá especificar en las observaciones y en el informe cómo se obtuvo este dato.

En el caso de las alcantarillas, la longitud total se asocia al área de pavimento que resulta afectado en caso de algún problema en la estructura; por tal razón en este campo se requiere indicar la longitud paralela a la dirección de la vía, la cual corresponde a la distancia máxima entre las paredes exteriores de las alcantarillas o baterías de alcantarillas (más de una celda o diámetros de alcantarillas).

Adicionalmente, se debe incluir el dato de la longitud de la alcantarilla ( $L_a$ ), entendida como la distancia a lo largo de su eje y medida entre caras externas de cabezales de entrada y salida que físicamente están perpendicular a la vía.



**Figura 3.** Longitud total de alcantarillas



**Figura 4.** Longitud de alcantarillas ( $L_a$ )

(c) Pendiente longitudinal: Es el porcentaje de la inclinación longitudinal del puente. La gran mayoría de los puentes cuentan con una sola pendiente longitudinal, en los casos particulares que se cuentan con pendientes diferentes se debe introducir el promedio de las mismas. Además, cuando corresponde a un caso particular en las observaciones se debe anotar los diferentes porcentajes de pendientes para cada superestructura.

- (d) Cruza sobre: Se refiere al nombre del río o estructura sobre o debajo de la cual atraviesa el puente.
- (e) Tipo de estructura: Existen opciones de tipos de estructura determinadas, las cuales son: puente, paso superior, paso inferior, vado, alcantarilla y otros.

**Tabla 48.** Datos del tipo de estructura

<b>Número</b>	<b>Tipo de estructura</b>
1	Puente
2	Paso superior
3	Paso inferior
4	Vado
5	Alcantarilla
6	Otro

- (f) Número de superestructuras: Se refiere a la sumatoria de todos los tipos de superestructura que presenta un mismo puente. Una característica es que cada tipo de superestructura se encuentra separada por juntas de expansión, es decir, si “n” es la cantidad de juntas de expansión total del puente, existen “n-1” tipos de superestructuras.

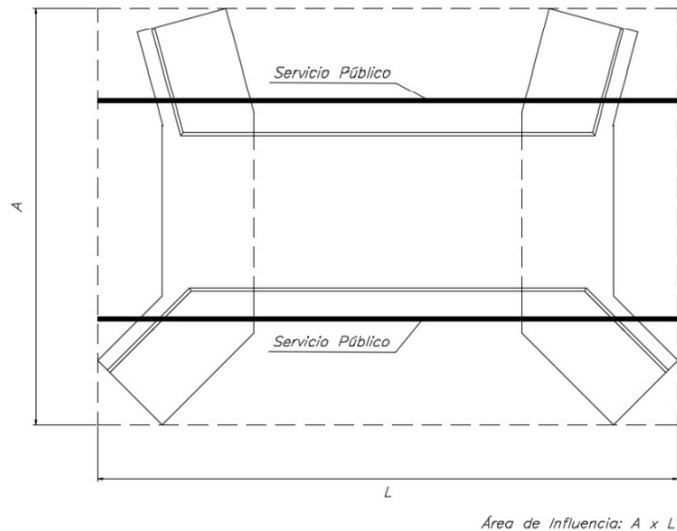
En el caso de las alcantarillas debe indicarse una superestructura independientemente del número de alcantarillas o celdas que conformen la estructura.

- (g) Número de tramos: Se refiere al número de tramos en que se divide el puente.
- (h) Número de subestructuras: Es la cantidad total de bastiones y pilas de un puente. En el caso de las alcantarillas se deben indicar dos subestructuras que corresponden al cabezal de entrada y cabezal de salida (incluyendo los aletones en caso de que existan).
- (i) Servicios públicos: En los casos en que las tuberías o conductos para los servicios públicos están conectados al puente, los servicios al usuario pueden resultar afectados en una eventual intervención de la estructura; por tal razón deberán

incluirse los tipos de servicios que estén adosados al puente, así como aquellos que físicamente se encuentren en el área de influencia de la estructura (área rectangular que incluye las dimensiones de las fundaciones). A continuación, se presentan las diferentes opciones.

**Tabla 49.** Datos de tipos de servicios públicos

Número	Servicio público
1	Agua
2	Gas
3	Telecomunicaciones
4	Oleoducto
5	Electricidad
6	Otro



**Figura 5.** Área de influencia de la estructura

- (j) Tipo de pavimento y espesor: Se debe obtener información sobre el tipo de pavimento, en este caso se cuenta con varias opciones determinadas (asfalto, concreto, sin superficie de rodamiento, otros), además, se debe de obtener el espesor en milímetros del pavimento tanto de la capa original (este dato se puede obtener en los planos del puente usualmente son 50mm), como también de la sobrecapa si existe.

**Tabla 50.** Datos de tipo de pavimento

<b>Número</b>	<b>Tipo de pavimento</b>
1	Asfalto
2	Concreto
3	No existe
4	Otro

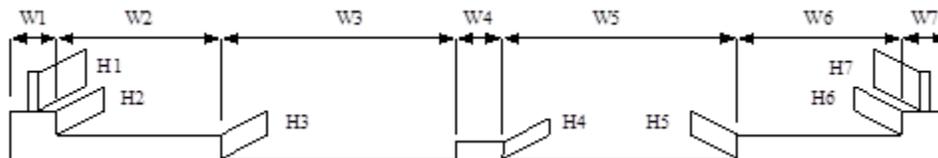
- (k) Restricciones: Se refiere al caso en que el puente presente alguna restricción. Si existe una restricción por carga se debe de obtener el dato en toneladas, si es por altura o ancho se debe de obtener en metros. Solo debe anotarse cuando en el sitio exista un rótulo que las indique, caso contrario se deben dejar los espacios en blanco e incluir un comentario en la sección de observaciones.

### 9.1.3. Dimensiones del camino

- (a) Ancho total: Espacio comprendido entre los bordes exteriores de los elementos extremos de la sección transversal del puente. El ancho del puente es la suma del ancho de la calzada y aceras incluyendo barandas, excepto en el caso en que las barandas estén sujetas lateralmente al bordillo no se considerarán dentro del ancho del puente y por lo tanto no se debe anotar el ancho de la misma en  $w_1$ .
- (b) Ancho de calzada: Distancia entre las partes internas de los cordones.
- (c) Altura libre vertical superior: Altura entre la rasante del paso inferior y la menor elevación de todos los elementos que componen la carretera existente. En el caso de las cerchas es la altura entre la rasante del puente y la elevación inferior del portal o armadura frontal de la cercha.
- (d) Altura libre vertical inferior: Altura existente entre la parte inferior de la viga de mayor peralte o altura y el nivel de agua máximo del río, o, a la rasante del camino o línea férrea para el caso de un paso superior. En caso de que el nivel de agua máximo no esté en planos, la medida se debe tomar según indicios visibles tales como: marcas de agua en la subestructura, marcas en la vegetación (altura a la que se encuentran expuestas las raíces), de ser posible el testimonio de algún vecino de la zona que identifique niveles de inundación para respaldar el dato de agua máxima. En el caso

de las alcantarillas, se debe indicar la máxima altura libre para el paso del agua (en caso de que existan alcantarillas de diferente altura o diámetro). Se debe anotar en las observaciones como fue determinado este dato en sitio

- (e) Ancho de vía de acceso: Espacio destinado al tránsito de vehículos en el camino de acceso. El ancho de aproximación en la mayoría de los casos es mayor que la calzada del puente.
- (f) Baranda: Se debe indicar si la estructura de puente cuenta con barandas peatonales y si estas son de concreto o acero y si se encuentran adosadas al puente.
- (g) Acera: Anotar las dimensiones de la acera en caso de existencia.
- (h) Ciclovía: Anotar el ancho de la ciclovía en caso de que la estructura del puente cuente con este elemento de seguridad.



**Figura 6.** Dibujo de sección transversal del puente para mediciones

#### 9.1.4. Fotografías

Lista de verificación de las diferentes fotografías de la estructura del puente, que el inspector debe tomar en campo.

#### 9.1.5. Observaciones

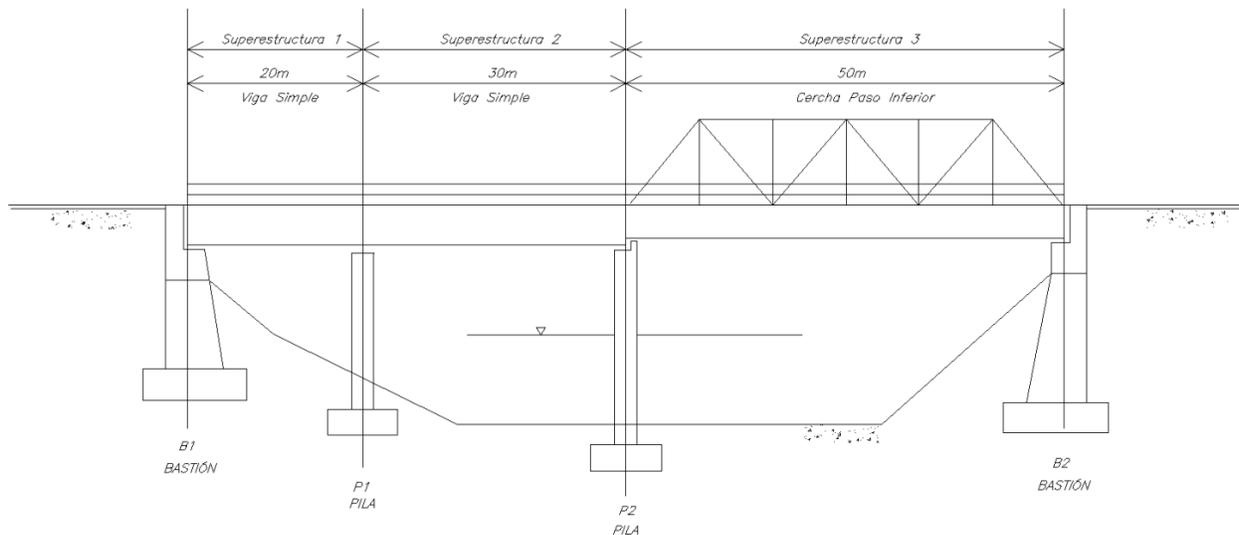
Este espacio se utiliza para realizar alguna anotación sobre aspectos de importancia de la condición del puente y el sitio donde está ubicado. Cualquier información de relevancia que se observe por el ingeniero o inspector y que no haya sido recopilada en los formularios debe ser escrita en este espacio.

## 9.2. REGISTRO DE INSPECCIÓN: SUPERESTRUCTURA

### 9.2.1. Información básica

(a) Superestructura número: Se debe anotar el número de superestructura a la cual se va a introducir la información.

La numeración de la superestructura se determina basándose en la dirección de la ruta y el kilómetro de inicio para identificar tanto el inicio como el final del puente y a partir de ahí se determina como número uno la superestructura ubicada al inicio del mismo.



**Figura 7.** Numeración de superestructura y subestructura

(b) Número de tramos: Se debe de anotar el número de tramos que presenta cada superestructura.

(c) Alineación en planta: La alineación del puente se refiere a la ubicación en planta del puente respecto a un eje horizontal general. Existen tres tipos:

- (1) Recto: Cuando la línea centro de apoyos del puente es perpendicular (ángulo  $90^\circ$ ) al eje horizontal del puente.
- (2) Sesgado: Cuando la línea centro de apoyos del puente no es perpendicular, sino que presenta un ángulo distinto a  $90^\circ$  respecto al eje horizontal general del puente. Este dato se debe anotar en grados.

- (3) Curvo: El alineamiento del eje central del puente forma una curva horizontal con respecto al eje general.

**Tabla 51.** Datos de alineación del puente

<b>Número</b>	<b>Tipo de alineación</b>
1	Recto
2	Curvo
3	Sesgado

### 9.2.2. Estructura de viga principal

- (a) Material: En la siguiente tabla se muestran las diferentes opciones de tipo de materiales para las vigas principales.

**Tabla 52.** Datos de material de vigas principales

<b>Número</b>	<b>Material de vigas principales</b>
1	Acero
2	Concreto presforzado
3	Concreto reforzado
4	Compuesto concreto-acero
5	Otro

- (b) Tipo superestructura: Los diferentes tipos de superestructuras se mencionan en la tabla a continuación. En el caso en que la estructura sea una alcantarilla debe indicarse como "Otro" y anotarlo en la sección de observaciones.

**Tabla 53.** Datos de tipo de estructura

<b>Número</b>	<b>Tipo de superestructura</b>
1	Viga simple
2	Viga continua
3	Marco rígido
4	Cercha paso inferior
5	Cercha paso superior
6	Arco paso inferior

7	Arco paso superior
8	Colgantes
9	Atirantados
10	Cercha de media altura
11	Otro

(c) Tipo viga: Se refiere al elemento que funciona predominantemente a flexión. En el caso de los sistemas de piso, los mismos se rigen por elementos a flexión. Existen seis tipos determinados de vigas principales que se muestran en la siguiente tabla. En el caso en que la estructura sea una alcantarilla, debe seleccionarse como "Otro", de igual manera, los puentes colgantes se tipifican con la opción "Otro".

**Tabla 54.** Datos de tipo de vigas principales

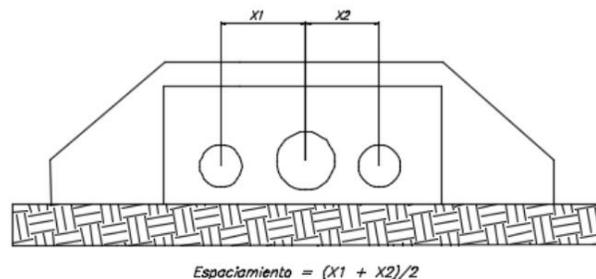
<b>Número</b>	<b>Tipo de vigas principales</b>
1	Losa
2	Viga I
3	Viga T
4	Viga cajón
5	Marco rígido
6	Otro

(d) Longitud total de viga principal: Se refiere a la longitud total en metros de la superestructura. En caso que no existan planos para obtener la distancia de línea de centro de apoyos, se permitirá tomar la medida en campo de junta a junta. Se deberá especificar cómo se obtuvo este dato. En el caso de las alcantarillas, la longitud total que se debe ingresar en este campo corresponde a la longitud paralela a la dirección de la vía, la cual corresponde a la distancia máxima entre las paredes exteriores de las alcantarillas o baterías de alcantarillas (más de una celda o diámetros de alcantarillas), ver *Figura 3. Longitud total de alcantarillas.*

(e) Longitud de tramo máximo: Esta longitud al igual que la anterior se debe de recopilar en metros y se refiere al tramo de mayor longitud de la superestructura analizada. En

el caso de alcantarillas la longitud de tramo máximo en superestructura es la misma que la longitud total.

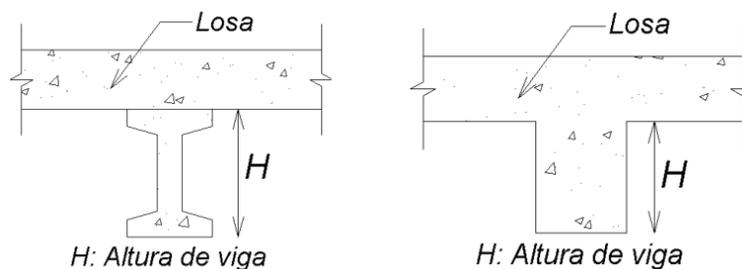
- (f) Número de vigas de superestructura: Corresponde a la cantidad de vigas que conforman la superestructura analizada. En el caso de las alcantarillas corresponde al número de alcantarillas o celdas de la estructura. En el caso de puentes colgantes siempre se debe indicar dos y en observaciones se debe anotar la cantidad de cables que soportan el piso por cada lado y el diámetro de cada uno de los cables unitarios que conforman el grupo de cables existente. (Ej.: Puente Colgante sobre río Peñas Blancas, cuenta con 2 cables a cada lado compuesto por un grupo de 3 cables individuales de 2").
- (g) Espaciamiento entre ejes de vigas: Se debe anotar la separación que existe entre ejes de las vigas principales, este dato debe ser ingresado en metros. En el caso de las alcantarillas el dato corresponde a la separación entre ejes de las alcantarillas (cuando solo es una alcantarilla el espacio se debe dejar en blanco). Si el espaciamiento de vigas y alcantarillas es diferente entre cada una de ellas, se debe anotar el valor promedio del espaciamiento y además en observaciones se deberá indicar cuál es la distancia real (en metros) que existe entre cada uno de los elementos. En el caso de puentes colgantes, se refiere a la distancia entre el centro de los cables o grupos de cables a cada lado.



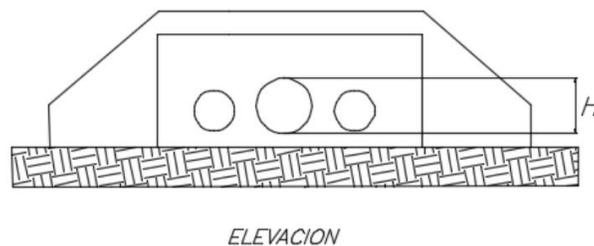
**Figura 8.** Espaciamiento de alcantarillas

- (h) Altura de la viga: Se refiere a la altura de la viga principal de la superestructura respectiva, este dato se debe recopilar en metros. En caso de ser vigas con sección variable se ingresará el valor promedio. Cuando el tipo de superestructura es una cercha se debe anotar la altura máxima de la estructura. Con respecto a las

alcantarillas se debe anotar la altura de la alcantarilla (diámetro o altura de la celda), si las alcantarillas tienen dimensiones diferentes, se deberá anotar el dato de la alcantarilla de mayor tamaño y se deberá anotar en las observaciones el dato de altura de cada alcantarilla. Además, para los puentes colgantes lo que se requiere conocer es la flecha de la catenaria, para obtenerla se debe indicar como altura, la distancia vertical entre el apoyo de las vigas transversales y la montura del cable en las torres. Además, en las observaciones se debe incluir la distancia vertical entre el cable y el piso y de ser conocida la distancia de la contraflecha, también es necesario anotar la distancia entre la torre y el bloque de anclaje.



**Figura 9.** Altura de vigas



**Figura 10.** Altura de alcantarillas

- (i) Ancho de la viga: Hace referencia al ancho de la principal de la superestructura respectiva, este dato se debe recopilar en metros.

### 9.2.3. Viga transversal y larguero de piso

- (a) Material: En la siguiente tabla se muestran las diferentes opciones de tipo de materiales para las vigas transversales y los largueros de piso.

**Tabla 55.** Datos de material de vigas transversales y largueros de piso

<b>Número</b>	<b>Material de vigas transversales y largueros de piso</b>
1	Acero
2	Concreto presforzado
3	Concreto reforzado
4	Compuesto concreto-acero
5	Otro

#### 9.2.4. Juntas de expansión

(a) Inicial y final: En la tabla a continuación se mencionan los tipos de juntas de expansión.

**Tabla 56.** Datos de tipos de juntas de expansión

<b>Número</b>	<b>Tipo de juntas de expansión</b>
1	Juntas abiertas
2	Juntas selladas
3	Juntas de placas de acero deslizante
4	Juntas de placas dentadas
5	No tiene
6	Otro

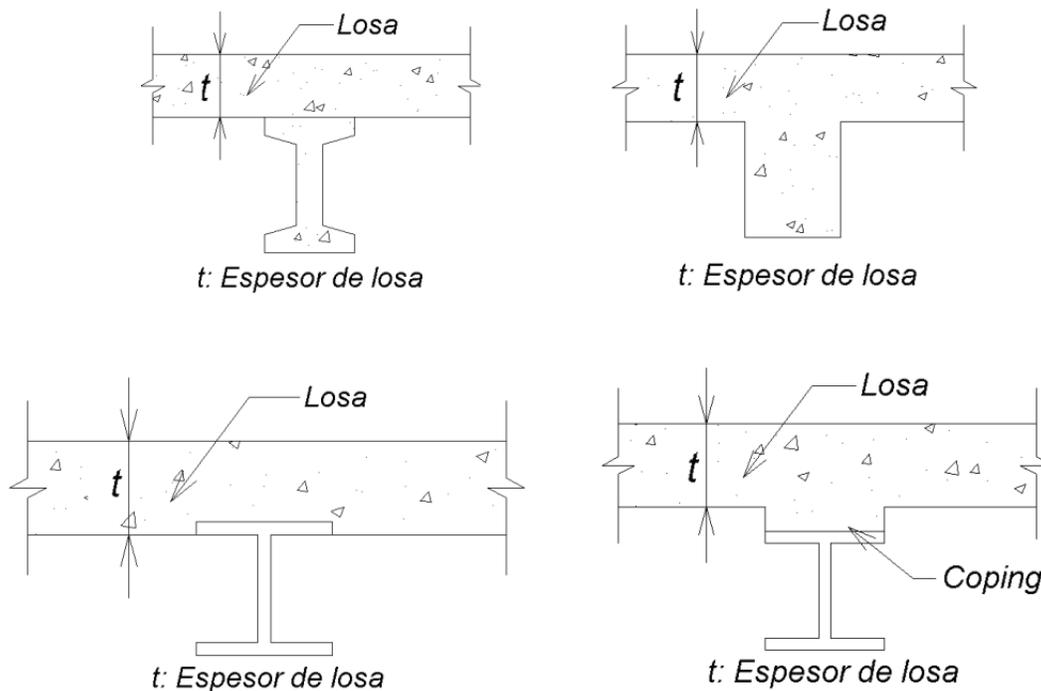
#### 9.2.5. Tablero

(a) Materiales: Se muestran en la siguiente tabla cuatro opciones del material de la losa.

**Tabla 57.** Material de la losa

<b>Número</b>	<b>Material para la losa</b>
1	Concreto
2	Acero
3	Madera
4	Otro

(b) Espesor: Se debe de anotar el espesor de la losa en metros. En la siguiente figura se puede observar las distintas formas de obtener esta dimensión.



**Figura 11.** Espesor de losa

### 9.2.6. Pintura

(a) Tipo de pintura: Este ítem aplica en el caso que la superestructura sea de acero. El sistema de protección contra la corrosión en estructuras de acero puede ser mediante dos formas:

- (1) Sistema de barrera: conformado de 3 capas: primario el cual protege al sustrato de acero (ej.: minio rojo tipo I o II, silicato de magnesio, cromato de zinc, minio de óxido de hierro, silicio cromato básico de plomo tipo I, zinc inorgánico, zinc orgánico), la segunda capa es la capa intermedia la cual genera el anclaje mecánico (minio rojo tipo I o II, silicato de magnesio, cromato de zinc; combinadas con negro humo, minio rojo tipo I o II, minio de óxido de hierro, silicio cromato básico de plomo tipo I, pintura alquídica a base de plomo y zinc, imprimante vinílico, resina alquídica modificada) y la tercera es la capa de acabado (pintura alquídica, pintura de aluminio, silicromato básico de plomo tipo I, minio de óxido de hierro, pintura epóxica, pintura vinílica, uretano, resina alquídica).

- (2) Galvanizado: Galvanizado en caliente por inmersión, aplica en el caso de los cables de los puentes colgantes y en el caso de los puentes modulares lanzables. Galvanizado en frío como por ejemplo la metalización.

En caso de que la estructura este recubierta por otro tipo de pintura o sistemas de protección por ejemplo con "BREA" se anota el tipo de pintura en las observaciones y se indica como "Otro".

A continuación, se mencionan las opciones que se pueden escoger para el tipo de pintura.

**Tabla 58.** Datos de tipo de pintura

<b>Número</b>	<b>Material de pintura</b>
1	Capa primaria
2	Capa intermedia
3	Capa de acabado
4	Galvanizado en caliente
5	Galvanizado en frío
6	Sin pintura
7	Otro

- (b) Área pintada: Para este caso en el espacio determinado se debe introducir el área pintada de la superestructura en metros cuadrados. Al igual que el ítem anterior, aplica en el caso que sea una superestructura de acero.

### **9.2.7. Observaciones**

Este espacio se utiliza para realizar alguna anotación sobre aspectos de importancia de la condición del puente y el sitio donde está ubicado. Cualquier información de relevancia que se observe por el ingeniero o inspector y que no haya sido recopilada en los formularios debe ser escrita en este espacio.

### **9.3. REGISTRO DE INSPECCIÓN: SUBESTRUCTURA (BASTIONES Y PILAS)**

- (a) Subestructura número: Se debe anotar el número de subestructura a la cual se va a introducir la información.

La numeración de la subestructura se determina al igual que para la superestructura, basándose en la dirección de la ruta y el kilómetro de inicio del puente para identificar tanto el inicio como el final del mismo y a partir de ahí se determina como número uno la subestructura ubicada al inicio.

### 9.3.1. Bastión/Pila

- (a) Nombre: Se debe anotar el nombre de la subestructura de la siguiente manera, en el caso de los bastiones debe iniciar con la letra "B" y continua con un consecutivo "B1" y "B2", en el caso de las pilas inicia con la letra "P" y continua también con un consecutivo "P1", "P2", "P3", etc. Se debe recopilar la información según la numeración, basándose en la dirección de la ruta y el kilómetro de inicio del puente.
- (b) Materiales: Se debe anotar el material tanto del bastión como de la pila según corresponda. Para este caso se cuentan con seis opciones, en la siguiente tabla se muestran los diferentes tipos de material.

**Tabla 59.** Datos de material del bastión y pila

Número	Material de bastión y pila
1	Concreto
2	Acero
3	Compuesto concreto-acero
4	Mampostería
5	Madera
9	Otro

- (c) Tipo de bastión: Se anota la información del tipo de bastión. En el caso en que la estructura sea una alcantarilla debe anotarse con la opción "Otro" e indicar si se refiere al cabezal de entrada o de salida.

**Tabla 60.** Datos de tipo de bastión

Número	Tipo de bastión
1	Gravedad
2	Voladizo
3	Marco

4	Marco rígido
5	Muro contrafuerte
6	Tierra armada
7	Cabezal sobre pilotes
8	Otro

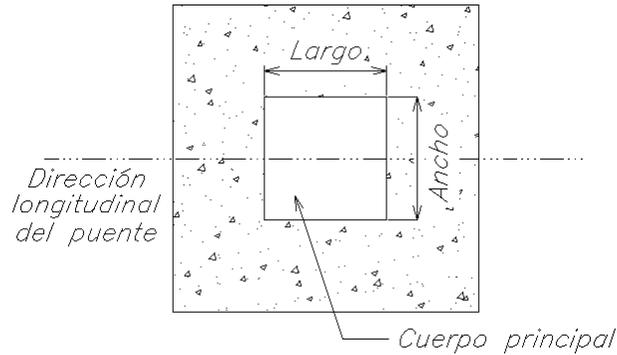
(d) Tipo de pila: Se anota la información del tipo de columna de la pila.

**Tabla 61.** Datos de tipo de pila

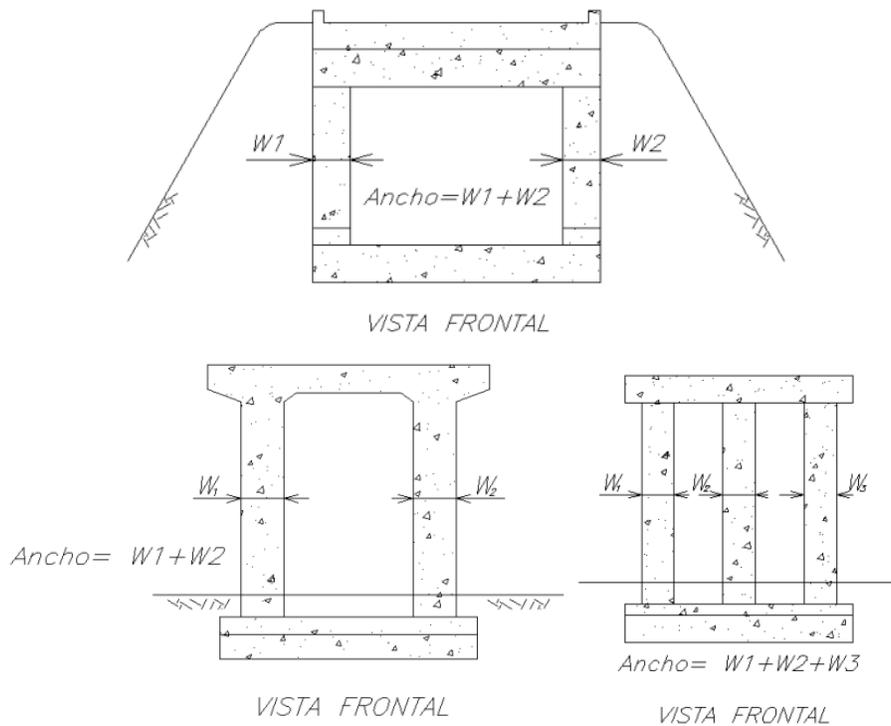
<b>Número</b>	<b>Tipo de pila</b>
1	Muro
2	Marco rígido
3	Columna sencilla
4	Columna múltiple
5	Cabezal sobre pilotes
6	Otro

(e) Altura del bastión y pila: Se anota la información de la altura total en metros tanto del bastión como de la pila. Este dato comprende para el caso de la pila desde la parte superior de la viga cabezal o martillo hasta la base de la fundación y para el caso del bastión la altura se mide desde la parte superior de la pared de cabezal hasta la base de la fundación. En el caso de una alcantarilla, se refiere a la altura de los cabezales de entrada y salida, por lo cual se debe considerar desde la parte superior del cabezal hasta el fondo de la fundación. Tanto para los puentes como para las alcantarillas, en caso de no tener acceso a la fundación, se debe medir hasta el nivel de terreno. Se debe indicar en observaciones como fue determinado este dato en sitio.

(f) Dimensiones de la columna: Se anota el ancho y el largo de la columna tanto de bastiones o pila según corresponda. Ambos datos deben estar en metros. Cuando se tienen elementos de sección variable se debe incluir el promedio de la dimensión y en observaciones anotar las dimensiones reales.



**Figura 12.** Dimensiones de columna



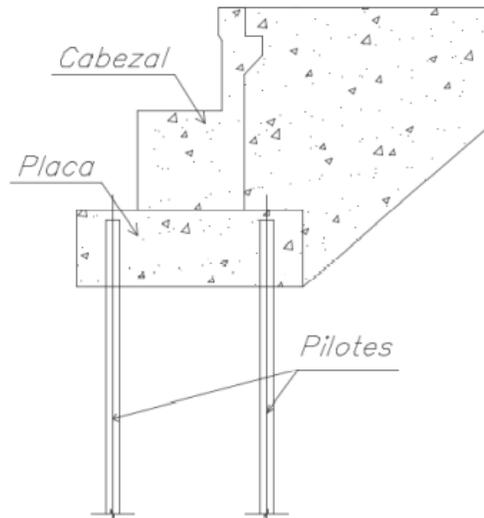
**Figura 13.** Dimensiones de ancho de columna de bastión y pila tipo marco rígido y pila tipo columna múltiple

### 9.3.2. Fundación

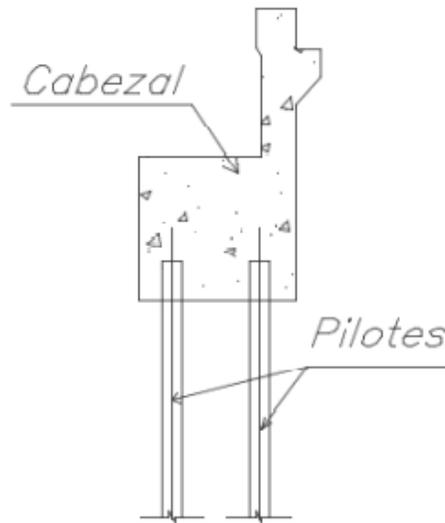
(a) Tipo: Se debe anotar el tipo de fundación con que cuenta el bastión o la pila según corresponda. Este dato se puede encontrar en los planos del puente, de no contar con los planos se debe consultar con algún oficial de gobierno ya sea en la Dirección de Puentes del MOPT, el CONAVI o la Municipalidad respectiva. Si no existe ninguna información se debe indicar en el informe.

**Tabla 62.** Datos de tipo de fundación

<b>Número</b>	<b>Tipo de fundación</b>
1	Placa aislada
2	Pilotes
3	Sobre pilotes
4	Caisson
5	Placa corrida
7	No se tiene información
8	Pozos
9	Otro

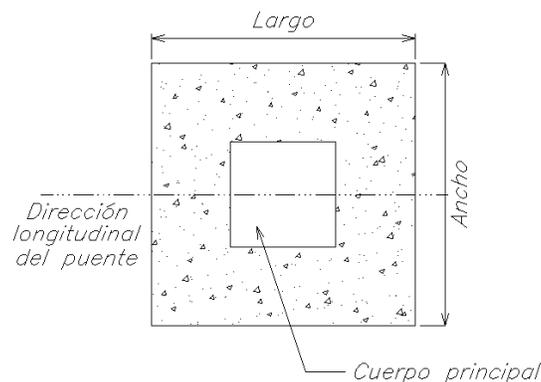


**Figura 14.** Tipo de fundación (sobre pilotes)

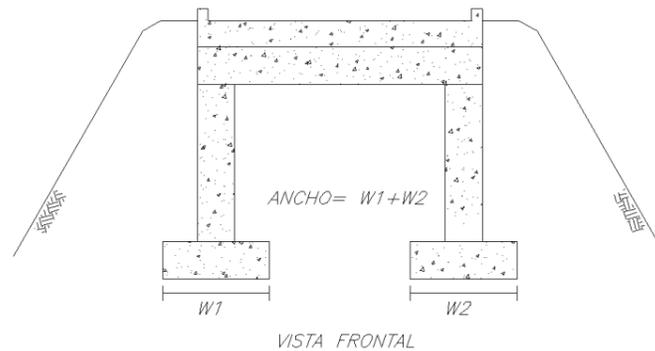


**Figura 15.** Tipo de fundación (pilotes)

(b) Dimensiones: Se introduce en los dos espacios establecidos tanto el ancho como el largo de fundación del bastión o la pila según corresponda. Ambos datos deben ser recopilados en metros. Este dato se puede encontrar en los planos del puente, de no contar con los planos se debe consultar con algún oficial de gobierno ya sea en la Dirección de Puentes del MOPT, el CONAVI o la Municipalidad respectiva. Si no existe ninguna información se debe indicar en el informe y se debe dejar el espacio en blanco. En la figura a continuación se muestran cómo se deben recopilar las dimensiones.



**Figura 16.** Dimensiones de la fundación



**Figura 17.** Dimensiones de ancho de fundación

- (c) Tipo pilotes: Si la fundación posee pilotes, la información del tipo de pilotes se puede encontrar en los planos del puente, de no contar con los planos se debe consultar con algún oficial de gobierno ya sea en la Dirección de Puentes del MOPT, el CONAVI o la Municipalidad respectiva. Si no existe ninguna información se debe indicar en el informe y se debe dejar el espacio en blanco.

**Tabla 63.** Datos de tipos de pilote

Número	Tipo de pilote
1	Concreto presforzado
2	Concreto reforzado
3	Concreto colado en sitio
4	Tubulares de acero
5	Acero tipo H
6	Madera
7	Otro

### 9.3.3. Apoyo

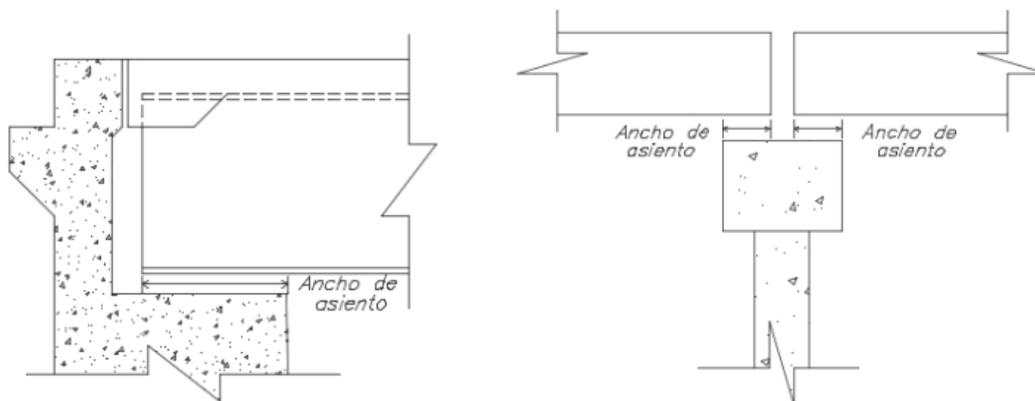
- (a) Tipo de apoyo: Se debe anotar el tipo de apoyo en el campo inicial o final según el elemento que se está analizando. En el caso del primer bastión, la información se debe indicar en la ubicación inicial, en el segundo bastión se debe anotar la información en la ubicación final; con respecto a las pilas la información se debe anotar en la ubicación inicial; si existen dos apoyos en la pila se anotará en ambos espacios (inicial y final). Cuando no existe un elemento de apoyo como tal entre la

superestructura y la subestructura, se debe dejar el espacio en blanco e incluir un comentario en observaciones.

**Tabla 64.** Datos de tipo de apoyo en subestructura

Número	Tipo de apoyo en la subestructura
1	Elastomérico
2	Expansivo
3	Pot o disco
4	Fijo
5	Otro

(b) Ancho de asiento: Se refiere a la máxima distancia de apoyo posible desde el borde exterior del elemento principal o viga hasta el extremo exterior de la viga cabezal o martillo. Esta medida debe ser anotada en metros. En caso de existir anchos de asiento diferentes, se debe anotar la dimensión menor siendo que sería la más crítica.



**Figura 18.** Ancho de asiento

#### 9.3.4. Observaciones

Este espacio se utiliza para realizar alguna anotación sobre aspectos de importancia de la condición del puente y el sitio donde está ubicado. Cualquier información de relevancia que se observe por el ingeniero o inspector y que no haya sido recopilada en los formularios debe ser escrita en este espacio.

## 10. MEDICIÓN Y PAGO

El pago de los servicios de inspección de estructuras de puentes se realizará conforme la unidad de medida de pago establecida en el contrato, sean unidades, metros de longitud de puente, por monto global o cualquier otra definida.

**Apéndice B.** ITP-RI-34 V01 Inspección de inventario de estructuras de puentes.

Nombre del inspector \_\_\_\_\_ ID \_\_\_\_\_ Fecha de inspección    /    /    A  
Nombre del inspector \_\_\_\_\_ ID \_\_\_\_\_

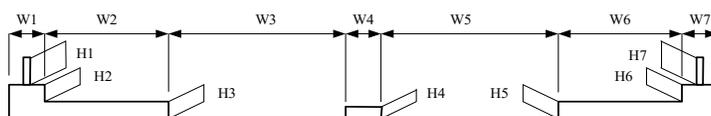
**Información del Puente**

Nombre \_\_\_\_\_ Provincia \_\_\_\_\_ Nº Ruta \_\_\_\_\_ Clasif. \_\_\_\_\_  
Latitud norte \_\_\_\_\_ ' \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ ''' Loc. Cantón \_\_\_\_\_ Fecha diseño    /    /    A  
Long. oeste \_\_\_\_\_ ' \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ ''' Distrito \_\_\_\_\_ Fecha construcción    /    /    A

**Elementos Básicos**

Dir. de la vía hacia \_\_\_\_\_  
Longitud total (m) \_\_\_\_\_  $L_a$  (m) \_\_\_\_\_  
Pend. longitudinal (%) \_\_\_\_\_  
Cruza sobre \_\_\_\_\_  
  
Tipo de estructura \_\_\_\_\_  
Nº Superestructura \_\_\_\_\_  
Nº Tramos \_\_\_\_\_  
Nº Subestructura \_\_\_\_\_  
  
Servicios públicos  Agua  Gas  
 Telecom.  Oleoducto  
 Electr.  Otros  
  
Tipo \_\_\_\_\_  
Pavimento Espesor Original \_\_\_\_\_  
(mm) Sobrecapa \_\_\_\_\_  
  
Restricciones Por carga (ton) \_\_\_\_\_  
 Fotografías Por altura (m) \_\_\_\_\_  
Por ancho (m) \_\_\_\_\_

**Dimensiones del Camino**



Ancho total (m) \_\_\_\_\_ Calzada (m) \_\_\_\_\_

W1(m) \_\_\_\_\_ H1(m) \_\_\_\_\_  Baranda  
W2(m) \_\_\_\_\_ H2(m) \_\_\_\_\_  Concreto  
W3(m) \_\_\_\_\_ H3(m) \_\_\_\_\_  Acero  
W4(m) \_\_\_\_\_ H4(m) \_\_\_\_\_  Adosadas  
W5(m) \_\_\_\_\_ H5(m) \_\_\_\_\_  
W6(m) \_\_\_\_\_ H6(m) \_\_\_\_\_  Acera  
W7(m) \_\_\_\_\_ H7(m) \_\_\_\_\_ W (m) \_\_\_\_\_  
H (m) \_\_\_\_\_  
Altura libre vertical sup. (m) \_\_\_\_\_  
Altura libre vertical inf. (m) \_\_\_\_\_  Ciclovía  
Ancho vía de acceso (m) \_\_\_\_\_ W (m) \_\_\_\_\_

**Fotografías**

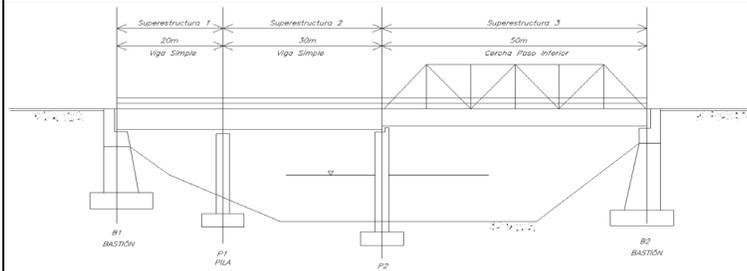
Lateral  Inferior  Línea centro  Juntas  
 General  Cause  Panorámica  Rótulo

**Observaciones**

Observaciones

Nombre del inspector \_\_\_\_\_ ID \_\_\_\_\_ Fecha de inspección    /    /     
 Nombre del inspector \_\_\_\_\_ ID \_\_\_\_\_

**Información Básica**



Superestructura N° \_\_\_\_\_

Número de tramos \_\_\_\_\_

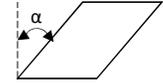
Alineación en planta

Recto

Sesgado

Curvo

$\alpha =$  \_\_\_\_\_ °



**Estructura de Viga Principal**

Material viga principal

- Acero  Concreto-acero  
 Concreto presforzado  Madera  
 Concreto reforzado  Otro \_\_\_\_\_

Tipo superestructura

- Viga simple  Arco paso inferior  
 Viga continua  Arco paso superior  
 Marco rígido  Colgantes  
 Cercha paso inferior  Atirantados  
 Cercha paso superior  Otro \_\_\_\_\_  
 Cercha media altura

Tipo viga

- Losa  Viga cajón  
 Viga I  Marco rígido  
 Viga T  Otro \_\_\_\_\_

Longitud total de viga principal (m) \_\_\_\_\_

Entre juntas de expansión

¿Cómo se obtuvo?  Caras externas de bastiones

Otro \_\_\_\_\_

Longitud de tramo máximo (m) \_\_\_\_\_

Número de vigas de superestructura \_\_\_\_\_

Espaciamiento entre ejes de vigas (m) \_\_\_\_\_

Altura de viga (peralte, viga acero) (m) \_\_\_\_\_

Ancho de viga (patín, viga acero) (m) \_\_\_\_\_

**Juntas de Expansión**

Junta de expansión inicial

- Abierta  Placa acero deslizante  
 Sellada  Placa dentada  
 No tiene  Otro \_\_\_\_\_

Junta de expansión final

- Abierta  Placa acero deslizante  
 Sellada  Placa dentada  
 No tiene  Otro \_\_\_\_\_

**Tablero**

Material losa

- Concreto  Madera  
 Acero  Otro \_\_\_\_\_

Espesor (m) \_\_\_\_\_

**Pintura**

Tipo de pintura (acero) \_\_\_\_\_

Área pintada (m<sup>2</sup>) \_\_\_\_\_

**Observaciones**

**Viga Transversal y Larguero de Piso**

Material viga transversal \_\_\_\_\_

Material larguero de piso \_\_\_\_\_

Nombre del inspector \_\_\_\_\_ ID \_\_\_\_\_ Fecha de inspección    /    /   

Nombre del inspector \_\_\_\_\_ ID \_\_\_\_\_

Subestructura N° \_\_\_\_\_

**Bastión N° \_\_\_\_\_**

Materiales		Tipo		Dimensiones
<input type="radio"/> Concreto	<input type="radio"/> Mampostería	<input type="radio"/> Gravedad	<input type="radio"/> Muro contrafuerte	Altura (m) _____
<input type="radio"/> Acero	<input type="radio"/> Madera	<input type="radio"/> Voladizo	<input type="radio"/> Tierra armada	Ancho(m) _____
<input type="radio"/> Concreto-Acero	<input type="radio"/> Otro _____	<input type="radio"/> Marco	<input type="radio"/> Cbz. sobre pilotes	Largo (m) _____
		<input type="radio"/> Marco rígido	<input type="radio"/> Otro _____	
			<input type="radio"/> Cbz. de entrada	
			<input type="radio"/> Cbz. de salida	

**Fundación Bastión N° \_\_\_\_\_**

Tipo		Tipo pilotes	Dimensiones	
<input type="radio"/> Placa aislada	<input type="radio"/> Placa corrida	<input type="radio"/> Conc. preesforzad	<input type="radio"/> Acero tipo H	Ancho(m) _____
<input type="radio"/> Pilotes	<input type="radio"/> Pozos	<input type="radio"/> Conc. reforzado	<input type="radio"/> Madera	Largo (m) _____
<input type="radio"/> Sobre pilotes	<input type="radio"/> No se tiene info.	<input type="radio"/> Colados en sitio	<input type="radio"/> Otro _____	
<input type="radio"/> Caisson	<input type="radio"/> Otro _____	<input type="radio"/> Tubulares de acero		

**Apoyo Bastión N° \_\_\_\_\_**

<input type="radio"/> Inicial		<input type="radio"/> Final	
Tipo	Asiento (m) _____	Tipo	Asiento (m) _____
<input type="radio"/> Apoyo elastomérico		<input type="radio"/> Apoyo elastomérico	
<input type="radio"/> Apoyo expansivo		<input type="radio"/> Apoyo expansivo	
<input type="radio"/> Apoyo pot o disco		<input type="radio"/> Apoyo pot o disco	
<input type="radio"/> Apoyo fijo		<input type="radio"/> Apoyo fijo	
<input type="radio"/> Otro _____		<input type="radio"/> Otro _____	

**Observaciones**

Nombre del inspector \_\_\_\_\_ ID \_\_\_\_\_ Fecha de inspección    /    /    A

Nombre del inspector \_\_\_\_\_ ID \_\_\_\_\_

Subestructura N° \_\_\_\_\_

**Pila N° \_\_\_\_\_**

Materiales		Tipo		Dimensiones
<input type="radio"/> Concreto	<input type="radio"/> Mampostería	<input type="radio"/> Muro	<input type="radio"/> Columna múltiple	Altura (m) _____
<input type="radio"/> Acero	<input type="radio"/> Madera	<input type="radio"/> Marco rígido	<input type="radio"/> Cbz. sobre pilotes	Ancho(m) _____
<input type="radio"/> Concreto-Acero	<input type="radio"/> Otro _____	<input type="radio"/> Columna sencilla	<input type="radio"/> Otro _____	Largo (m) _____

**Fundación Pila N° \_\_\_\_\_**

Tipo		Tipo pilotes		Dimensiones
<input type="radio"/> Placa aislada	<input type="radio"/> Placa corrida	<input type="radio"/> Conc. presforzado	<input type="radio"/> Acero tipo H	Ancho(m) _____
<input type="radio"/> Pilotes	<input type="radio"/> Pozos	<input type="radio"/> Conc. reforzado	<input type="radio"/> Madera	Largo (m) _____
<input type="radio"/> Sobre pilotes	<input type="radio"/> No se tiene info.	<input type="radio"/> Colados en sitio	<input type="radio"/> Otro _____	
<input type="radio"/> Caisson	<input type="radio"/> Otro _____	<input type="radio"/> Tubulares de acero		

**Apoyo Pila N° \_\_\_\_\_**

<input type="radio"/> Inicial		<input type="radio"/> Final	
Tipo	Asiento (m) _____	Tipo	Asiento (m) _____
<input type="radio"/> Apoyo elastomérico		<input type="radio"/> Apoyo elastomérico	
<input type="radio"/> Apoyo expansivo		<input type="radio"/> Apoyo expansivo	
<input type="radio"/> Apoyo pot o disco		<input type="radio"/> Apoyo pot o disco	
<input type="radio"/> Apoyo fijo		<input type="radio"/> Apoyo fijo	
<input type="radio"/> Otro _____		<input type="radio"/> Otro _____	

**Observaciones**



Nombre del inspector \_\_\_\_\_ ID \_\_\_\_\_ Fecha de inspección    /    /    A

Nombre del inspector \_\_\_\_\_ ID \_\_\_\_\_ Superestructura N° \_\_\_\_\_

Accesorios						
Daños a evaluar		Juntas de expansión		Sistema de drenaje		Superficie de rodamiento
		Inicial	Final	Entrada	Salida	
General	Especificaciones					
	Asentamiento					
	Filtración agua					
	Faltante deformación					
	Mov. Vertical					
	Obstrucción					
	Adhesión					
Asfalto	Elemento área	Ondulaciones				
		Surcos				
		Agrietamiento				
		Baches				
		Sobrecapas				
		Sist. Protección				
Concreto reforzado	Elemento área	Grietas 1D				
		Grietas 2D				
		Delaminación				
		Acero expuesto				
		Nidos de piedra				
		Eflorescencia				
		Agujeros				
		Impacto				
		Sist. Protección				

Nombre del inspector \_\_\_\_\_ ID \_\_\_\_\_ Fecha de inspección    /    /    A

Nombre del inspector \_\_\_\_\_ ID \_\_\_\_\_ Superestructura N° \_\_\_\_\_

Accesos				
Daños a evaluar		Losa de aproximación	Relleno de aproximación	Obras de retención
<b>General</b>	Especificaciones			
	Asentamiento			
<b>Asfalto</b>	<b>Elemento área</b>	Ondulaciones		
		Surcos		
		Agrietamiento		
		Baches		
		Sobrecapas		
		Sist. Protección		
<b>Concreto reforzado</b>	<b>Elemento área</b>	Grietas 1D		
		Grietas 2D		
		Delaminación		
		Acero expuesto		
		Nidos de piedra		
		Eflorescencia		
		Agujeros		
		Impacto		
		Sist. Protección		

Nombre del inspector \_\_\_\_\_ ID \_\_\_\_\_ Fecha de inspección    /    /    A  
 Nombre del inspector \_\_\_\_\_ ID \_\_\_\_\_ Superestructura N° \_\_\_\_\_

<b>Tablero</b>							
<b>Daños a evaluar</b>		<b>Tablero concreto</b>	<b>Tablero acero</b>	<b>Tablero madera</b>			
<b>Concreto reforzado</b>	<b>Elemento área</b>	Grietas 1D					
		Grietas 2D					
		Delaminación					
		Acero expuesto					
		Nidos de piedra					
		Eflorescencia					
		Agujeros					
		Impacto					
		Sist. Protección					
<b>Concreto prestresado</b>	<b>Elemento área</b>	Agrietamiento					
		Delaminación					
		Acero expuesto					
		Presfuerzo expuesto					
		Nidos de piedra					
		Eflorescencia					
		Agujeros					
		Impacto					
		Sist. Protección					
<b>Acero</b>	<b>Elemento área</b>	Deformación					
		Oxidación					
		Color oxidación					
		Corrosión					
		Conexiones					
		Grieta soldadura					
		Impacto					
	<b>Protección</b>	Sist. Protección					
		Decoloración					
		Ampollas					
		Descascaramiento					
		<b>Madera</b>	<b>Elemento área</b>	Pudrición			
				Laminación			
Agrietamiento							
División							
Abrasión							
Impacto							



Nombre del inspector \_\_\_\_\_ ID \_\_\_\_\_ Fecha de inspección    /    /   

Nombre del inspector \_\_\_\_\_ ID \_\_\_\_\_

**Apoyos**

Daños a evaluar		Bastión N°	Bastión N°	Pila N°					
<b>Tipos de apoyos</b>	<b>Elastoméricos</b>	Movimiento							
		Alineación							
		Inclinación							
		Deformación							
		Rotura pernos							
		Oxidación							
		Color oxidación							
		Corrosión							
	<b>Expansivo</b>	Movimiento							
		Alineación							
		Inclinación							
		Deformación							
		Rotura pernos							
		Oxidación							
		Color oxidación							
		Corrosión							
	<b>Pot o disco</b>	Movimiento							
		Alineación							
		Inclinación							
		Deformación							
		Rotura pernos							
		Oxidación							
		Color oxidación							
		Corrosión							
	<b>Fijo</b>	Alineación							
		Inclinación							
		Deformación							
		Rotura pernos							
Oxidación									
Color oxidación									
Corrosión									

Nombre del inspector \_\_\_\_\_ ID \_\_\_\_\_ Fecha de inspección    /    /   

Nombre del inspector \_\_\_\_\_ ID \_\_\_\_\_

**Bastiones**

Daños a evaluar		Fundación N°	Cabezal N°	Cuerpo N°	Aletones N°	Fundación N°	Cabezal N°	Cuerpo N°	Aletones N°	
<b>G</b>	Asentamiento									
<b>Concreto reforzado</b>	<b>Elemento lineal</b>	Agrietamiento								
		Delaminación								
		Acero expuesto								
		Nidos de piedra								
		Eflorescencia								
		Agujeros								
		Impacto								
		Sist. Protección								
	<b>Elemento lineal</b>	Agrietamiento								
		Delaminación								
		Acero expuesto								
		Presfuerzo expuesto								
		Nidos de piedra								
		Eflorescencia								
		Agujeros								
		Impacto								
		Sist. Protección								
<b>Acero</b>	<b>Elemento lineal</b>	Deformación								
		Oxidación								
		Color oxidación								
		Corrosión								
		Conexiones								
		Grieta soldadura								
		Impacto								
	<b>Protección</b>	Sist. Protección								
		Decoloración								
		Ampollas								
		Descascaramiento								
<b>Madera</b>	<b>Elemento lineal</b>	Pudrición								
		Laminación								
		Agrietamiento								
		División								
		Abrasión								
		Impacto								

Nombre del inspector \_\_\_\_\_ ID \_\_\_\_\_ Fecha de inspección    /    /   

Nombre del inspector \_\_\_\_\_ ID \_\_\_\_\_

Pilas							
Daños a evaluar		Fundación N°	Viga cabezal N°	Cuerpo N°	Fundación N°	Viga cabezal N°	Cuerpo N°
G	Asentamiento						
Concreto reforzado	Elemento lineal	Agrietamiento					
		Delaminación					
		Acero expuesto					
		Nidos de piedra					
		Eflorescencia					
		Agujeros					
		Impacto					
		Sist. Protección					
		Agrietamiento					
		Delaminación					
		Acero expuesto					
		Presfuerzo expuesto					
		Nidos de piedra					
		Eflorescencia					
Agujeros							
Impacto							
Sist. Protección							
Acero	Elemento lineal	Deformación					
		Oxidación					
		Color oxidación					
		Corrosión					
		Conexiones					
		Grieta soldadura					
		Impacto					
	Protección	Sist. Protección					
		Decoloración					
		Ampollas					
		Descascaramiento					
Madera	Elemento lineal	Pudrición					
		Laminación					
		Agrietamiento					
		División					
		Abrasión					
		Impacto					



**Ingeniería Técnica de Proyectos ITP, S.A.**  
Inspección de inventario de estructuras de puentes  
*Grado de daño - Amenazas naturales*

**Código**  
**ITP-RI-34**

**Versión: 01**

**Consecutivo:**

Nombre del inspector \_\_\_\_\_ ID \_\_\_\_\_ Fecha de inspección    /    /    A

Nombre del inspector \_\_\_\_\_ ID \_\_\_\_\_

**Elementos de Protección Contra Amenazas Naturales**

Daños a evaluar		Bastión N°	Bastión N°	Pila N°					
Elementos de protección	Sísmicos	Longitud asiento							
		Llaves cortante							
		Otros sistemas							
	Hidráulicos	Socavación							
		Prof. Socavación							
		Bloqueo cauce							



**Ingeniería Técnica de Proyectos ITP, S.A.**  
Inspección de inventario de estructuras de puentes  
*Esquema - Planta*

**Código**  
ITP-RI-34

**Versión: 01**

**Consecutivo:**

Nombre del inspector \_\_\_\_\_

ID \_\_\_\_\_

Fecha de inspección    /    /   

Nombre del inspector \_\_\_\_\_

ID \_\_\_\_\_

--

Contenido	Observaciones														
<table><tr><td><input type="radio"/> Dirección vía</td><td><input type="radio"/> Longitudes</td></tr><tr><td><input type="radio"/> Dirección agua</td><td><input type="radio"/> Ancho calzada</td></tr><tr><td><input type="radio"/> Sesgo</td><td><input type="radio"/> Acera</td></tr><tr><td><input type="radio"/> Tramos</td><td><input type="radio"/> Ciclovia</td></tr><tr><td><input type="radio"/> Bastiones</td><td><input type="radio"/> Servicios</td></tr><tr><td><input type="radio"/> Pilas</td><td><input type="radio"/> Materiales</td></tr><tr><td><input type="radio"/> Juntas</td><td><input type="radio"/> Daños</td></tr></table>	<input type="radio"/> Dirección vía	<input type="radio"/> Longitudes	<input type="radio"/> Dirección agua	<input type="radio"/> Ancho calzada	<input type="radio"/> Sesgo	<input type="radio"/> Acera	<input type="radio"/> Tramos	<input type="radio"/> Ciclovia	<input type="radio"/> Bastiones	<input type="radio"/> Servicios	<input type="radio"/> Pilas	<input type="radio"/> Materiales	<input type="radio"/> Juntas	<input type="radio"/> Daños	
<input type="radio"/> Dirección vía	<input type="radio"/> Longitudes														
<input type="radio"/> Dirección agua	<input type="radio"/> Ancho calzada														
<input type="radio"/> Sesgo	<input type="radio"/> Acera														
<input type="radio"/> Tramos	<input type="radio"/> Ciclovia														
<input type="radio"/> Bastiones	<input type="radio"/> Servicios														
<input type="radio"/> Pilas	<input type="radio"/> Materiales														
<input type="radio"/> Juntas	<input type="radio"/> Daños														



**Ingeniería Técnica de Proyectos ITP, S.A.**  
Inspección de inventario de estructuras de puentes  
*Esquema - Perfil*

**Código**  
ITP-RI-34

**Versión: 01**

**Consecutivo:**

Nombre del inspector \_\_\_\_\_

ID \_\_\_\_\_

Fecha de inspección    /    /   

Nombre del inspector \_\_\_\_\_

ID \_\_\_\_\_

--

Contenido	Observaciones														
<table><tr><td><input type="radio"/> Tipo de viga</td><td><input type="radio"/> Barandas</td></tr><tr><td><input type="radio"/> Tipo de juntas</td><td><input type="radio"/> Alturas</td></tr><tr><td><input type="radio"/> Tipo de apoyos</td><td><input type="radio"/> Longitudes</td></tr><tr><td><input type="radio"/> Tipo fundaciones</td><td><input type="radio"/> Asiento</td></tr><tr><td><input type="radio"/> Tramos</td><td><input type="radio"/> Perfil de terreno</td></tr><tr><td><input type="radio"/> Bastiones</td><td><input type="radio"/> Materiales</td></tr><tr><td><input type="radio"/> Pilas</td><td><input type="radio"/> Daños</td></tr></table>	<input type="radio"/> Tipo de viga	<input type="radio"/> Barandas	<input type="radio"/> Tipo de juntas	<input type="radio"/> Alturas	<input type="radio"/> Tipo de apoyos	<input type="radio"/> Longitudes	<input type="radio"/> Tipo fundaciones	<input type="radio"/> Asiento	<input type="radio"/> Tramos	<input type="radio"/> Perfil de terreno	<input type="radio"/> Bastiones	<input type="radio"/> Materiales	<input type="radio"/> Pilas	<input type="radio"/> Daños	
<input type="radio"/> Tipo de viga	<input type="radio"/> Barandas														
<input type="radio"/> Tipo de juntas	<input type="radio"/> Alturas														
<input type="radio"/> Tipo de apoyos	<input type="radio"/> Longitudes														
<input type="radio"/> Tipo fundaciones	<input type="radio"/> Asiento														
<input type="radio"/> Tramos	<input type="radio"/> Perfil de terreno														
<input type="radio"/> Bastiones	<input type="radio"/> Materiales														
<input type="radio"/> Pilas	<input type="radio"/> Daños														



**Ingeniería Técnica de Proyectos ITP, S.A.**  
Inspección de inventario de estructuras de puentes  
*Esquema - Superestructura*

**Código**  
ITP-RI-34

**Versión: 01**

**Consecutivo:**

Nombre del inspector \_\_\_\_\_

ID \_\_\_\_\_

Fecha de inspección    /    /   

Nombre del inspector \_\_\_\_\_

ID \_\_\_\_\_

Superestructura N° \_\_\_\_\_

**Contenido**

- |                                       |                                       |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| <input type="radio"/> Vigas           | <input type="radio"/> Arriostramiento |
| <input type="radio"/> Dim. vigas      | <input type="radio"/> Longitudes      |
| <input type="radio"/> Espaciam. vigas | <input type="radio"/> Sesgo           |
| <input type="radio"/> Juntas          | <input type="radio"/> Tramos          |
| <input type="radio"/> Diafragmas      | <input type="radio"/> Materiales      |
| <input type="radio"/> Pilas           | <input type="radio"/> Daños           |

**Observaciones**

--



**Ingeniería Técnica de Proyectos ITP, S.A.**  
Inspección de inventario de estructuras de puentes  
*Esquema - Bastiones*

**Código**  
ITP-RI-34

**Versión: 01**

**Consecutivo:**

Nombre del inspector \_\_\_\_\_

ID \_\_\_\_\_

Fecha de inspección    /    /   

Nombre del inspector \_\_\_\_\_

ID \_\_\_\_\_

Bastión N° \_\_\_\_\_

Bastión N° \_\_\_\_\_

**Contenido**

- Tipo de bastión
- Tipo de vigas
- Tipo de baranda
- Fundación
- Dim. bastiones
- Dim. vigas
- Dim. tablero
- Espaciam. vigas
- Alturas
- Longitudes
- Acera
- Ciclovía
- Materiales
- Daños

**Observaciones**



**Ingeniería Técnica de Proyectos ITP, S.A.**  
Inspección de inventario de estructuras de puentes  
*Esquema - Pilas*

**Código**  
ITP-RI-34

**Versión: 01**

**Consecutivo:**

Nombre del inspector \_\_\_\_\_

ID \_\_\_\_\_

Fecha de inspección    /    /   

Nombre del inspector \_\_\_\_\_

ID \_\_\_\_\_

Pila N° \_\_\_\_\_

Pila N° \_\_\_\_\_

**Contenido**

- Tipo de pilas
- Tipo de vigas
- Tipo de baranda
- Fundación
- Dim. pilas
- Dim. vigas
- Dim. tablero
- Espaciam. vigas
- Alturas
- Longitudes
- Acera
- Ciclovía
- Materiales
- Daños

**Observaciones**



**Ingeniería Técnica de Proyectos ITP, S.A.**  
Inspección de inventario de estructuras de puentes  
*Esquema - Alcantarillas*

**Código**  
ITP-RI-34

**Versión: 01**

**Consecutivo:**

Nombre del inspector \_\_\_\_\_

ID \_\_\_\_\_

Fecha de inspección    /    /   

Nombre del inspector \_\_\_\_\_

ID \_\_\_\_\_

Cabezal de entrada \_\_\_\_\_

Cabezal de salida \_\_\_\_\_

**Contenido**

- |   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| <input type="radio"/> Tipo de baterías  | <input type="radio"/> Espaciamiento |
| <input type="radio"/> Tipo de baranda   | <input type="radio"/> Alturas       |
| <input type="radio"/> Fundación         | <input type="radio"/> Longitudes    |
| <input type="radio"/> Dim. alcantarilla | <input type="radio"/> Acera         |
| <input type="radio"/> Dim. aletones     | <input type="radio"/> Ciclovía      |
| <input type="radio"/> Dim. tablero      | <input type="radio"/> Materiales    |
| <input type="radio"/> Dim. fundación    | <input type="radio"/> Daños         |

**Observaciones**

--



INGENIERÍA  
TÉCNICA DE  
PROYECTOS

**Ingeniería Técnica de Proyectos ITP, S.A.**  
Inspección de inventario de estructuras de puentes  
*Observaciones generales*

**Código**  
**ITP-RI-34**

**Versión: 01**

**Consecutivo:**

Nombre del inspector \_\_\_\_\_ ID \_\_\_\_\_ Fecha de inspección    /    /   

Nombre del inspector \_\_\_\_\_ ID \_\_\_\_\_

**Observaciones**

**Equipo Crítico Utilizado en la Inspección**

Espacio para uso del Ingeniero de Proyectos:

Conforme: ( ) Sí ( ) No

\_\_\_\_\_  
Firma

**Apéndice C.** ITP-II-24 V01 Inspección de construcción de estructuras de puentes.

 <b>Ingeniería Técnica de Proyectos ITP, S.A.</b> <i>Inspección de construcción de estructuras de puentes</i>	<b>Código:</b> ITP-II-24	
	<b>Versión:</b> 01	<b>Página:</b> 1 de 90
	<b>Fecha de aprobación:</b> ---	

<b>Elaborado por:</b>	<b>Puesto:</b>	<b>Firma:</b>	<b>Fecha:</b>
<b>Revisado por:</b>	<b>Puesto:</b>	<b>Firma:</b>	<b>Fecha:</b>
<b>Aprobado por:</b>	<b>Puesto:</b>	<b>Firma:</b>	<b>Fecha:</b>

Copia No. \_\_\_\_\_ Entregado a: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

**CONTROL DE CAMBIOS**

No.	Página	Cambio realizado	Realizado por	Fecha
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

## 1. PROPÓSITO Y ALCANCE

Este instructivo describe los lineamientos y las principales actividades que se deben llevar a cabo para la adecuada inspección de la construcción de las diferentes estructuras que componen los puentes, considerando las especificaciones del cliente y su alcance, así como las regulaciones que se deben cumplir en el país donde está realizando la inspección el Organismo de Inspección de ITP.

Este trabajo consiste en inspeccionar las actividades de hinca de pilotes, acero de refuerzo, sistemas de contención vehicular, drenajes, pintura, accesorios de apoyo, pilotes de concreto preexcavado y colados en sitio, juntas impermeabilizantes del agua y encofrados y andamiaje, de conformidad con lo establecido por la Ingeniería de Proyecto. Se inspeccionará que las actividades se llevan a cabo siguiendo los lineamientos establecidos, así como también que se suministre el equipo, maquinaria, y personal necesario, mismos que deben estar en excelente estado y vigentes, además de los materiales requeridos para las actividades por desarrollar.

## 2. RESPONSABILIDADES

- 2.1. Es responsabilidad del Gerente General velar por que el Ingeniero de Proyecto de Inspección Regional, cuando se le asigne un proyecto de inspección, estudie el contrato, especificaciones del cliente, regulaciones y reglamentos aplicables en el país, a fin de que incluya en la inspección, los requerimientos propios del proyecto, tanto al inicio como cuando se presenten modificaciones por parte del cliente u otras entidades regulatorias.
- 2.2. Es responsabilidad del Ingeniero de Proyecto de Inspección Regional velar por que los Inspectores apliquen de forma correcta esta instrucción y dejen evidencia del resultado de su aplicación.
- 2.3. Es responsabilidad de los Inspectores aplicar de forma oportuna este instructivo y siempre dejar registro y observaciones de los resultados obtenidos en el campo.

2.4. Es responsabilidad del Coordinador de Calidad Regional, velar porque el OI trabaje con la versión vigente tanto de este instructivo como de las especificaciones o requerimientos aplicables.

### **3. REFERENCIAS**

#### **3.1. REFERENCIAS INTERNAS**

- 3.1.1. "Medidas de seguridad para las actividades de inspección de puentes" (ITP-II-25).
- 3.1.2. "Lista de verificación hinca de pilotes" (ITP-RI-35).
- 3.1.3. "Lista de verificación acero de refuerzo" (ITP-RI-36).
- 3.1.4. "Lista de verificación sistemas de contención vehicular para puentes" (ITP-RI-37).
- 3.1.5. "Lista de verificación drenajes en puentes" (ITP-RI-38).
- 3.1.6. "Lista de verificación pintura" (ITP-RI-39).
- 3.1.7. "Lista de verificación accesorios de apoyo" (ITP-RI-40).
- 3.1.8. "Lista de verificación pilotes de concreto preexcavado y colados en sitio" (ITP-RI-41).
- 3.1.9. "Lista de verificación juntas impermeabilizantes del agua" (ITP-RI-42).
- 3.1.10. "Lista de verificación encofrados y andamiaje" (ITP-RI-43).
- 3.1.11. "Toma de datos inspección de construcción de estructuras de puentes" (ITP-RI-33).
- 3.1.12. "Informe de actividades de inspección" (ITP-RI-03).

#### **3.2. REFERENCIAS EXTERNAS**

- 3.2.1. "Manual de Inspección de Puentes del Ministerio de Obras Públicas y Transportes".
- 3.2.2. "Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2020".

3.2.3. "Manual Técnico de Dispositivos de Seguridad y Control Temporal de Tránsito para la ejecución de Trabajos en las Vías del Ministerio de Obras Públicas y Transportes".

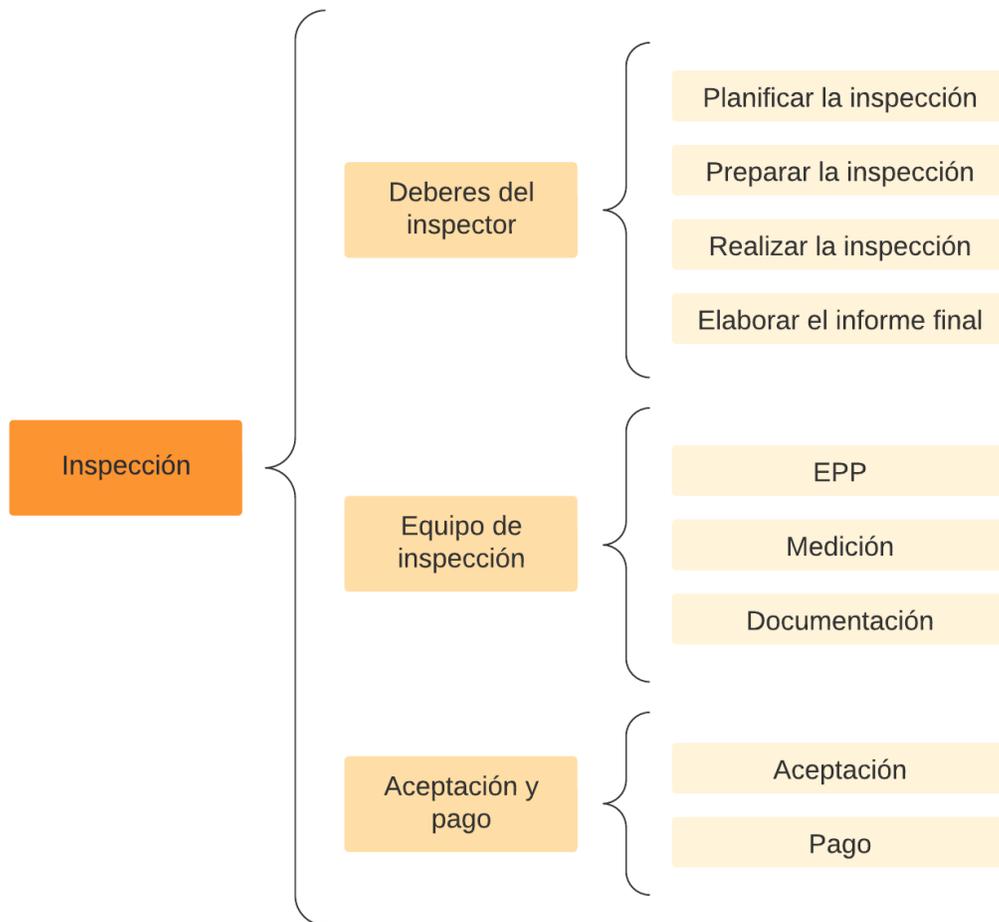
3.2.4. INTE-ISO/IEC 17020:2012 "Requisitos para el funcionamiento de diferentes tipos de organismos que realizan la inspección" (ITP-DE-106).

3.2.5. ISO 001:2015 "Sistemas de gestión de la calidad — Requisitos" (ITP-DE-175).

3.2.6. Especificaciones especiales del cliente.

#### 4. ASPECTOS BÁSICOS DE INSPECCIÓN

En la siguiente figura se pueden observar los aspectos básicos que se deben tomar en cuenta al inspeccionar la construcción de las estructuras de puentes.



**Figura 1.** Aspectos básicos al inspeccionar la construcción de estructuras de puentes

#### **4.1. DEBERES DEL INSPECTOR**

A continuación, se presentan los deberes del inspector de puentes, estos se basan en tareas que deben realizarse antes, durante y después de la inspección para cumplir con las responsabilidades que conlleva el trabajo.

##### **4.1.1. Planificación de la inspección**

Para realizar una inspección ordenada y sistemática, el inspector deberá planificar las actividades. Las actividades básicas incluyen:

- (a) Determinar el tipo de inspección.
- (b) Seleccionar el equipo de inspección.
- (c) Evaluar las actividades requeridas (pruebas no destructivas, inspección acuática, entre otras).
- (d) Establecer un horario (inspecciones matutinitas, vespertinas o nocturnas).

##### **4.1.2. Preparación de la inspección**

Las medidas de preparación necesarias antes de la inspección incluyen:

- (a) Revisar el expediente de la estructura del puente (planos, especificaciones técnicas, características del entorno, mapas, esquemas, informes).
- (b) Identificar los componentes y elementos de la estructura del puente
- (c) Desarrollar la secuencia de inspección.
- (d) Establecer un cronograma donde se incluya la duración aproximada de las actividades y subactividades de inspección.
- (e) Preparar y organizar las notas, listas de verificación y registros de inspección.
- (f) Organizar las herramientas y equipos necesarios.
- (g) Evaluar los protocolos necesarios (control temporal de tráfico, horas pico, clima, definición de zonas seguras, protocolos para el personal evaluador, permisos, materiales peligrosos y su adecuada manipulación y método de acceso requerido).

(h) Revisar los requerimientos de seguridad (revisión de las medidas mínimas de seguridad y equipo de protección personal).

#### **4.1.3. Realización de la inspección**

Para este punto el inspector debe acceder al sitio y examinar los componentes y elementos del puente que se construyen, evaluar el proceso constructivo y determinar las conformidades y no conformidades con lo establecido por la Administración.

Los deberes asociados con las actividades de inspección en campo, incluyen mantener la secuencia y los procedimientos de inspección adecuados, tomando en cuenta siempre las medidas mínimas de seguridad.

Los procedimientos utilizados para inspeccionar un puente dependen directamente con el tipo de puente, los materiales utilizados y el estado general del mismo, por lo que es imprescindible que el inspector esté familiarizado con los procedimientos básicos de inspección para una amplia variedad de puentes.

Las inspecciones visuales deben combinarse con el llenado de la documentación técnica desarrollado, garantizando inspecciones minuciosas y completas, además, todas las observaciones deben ser puntuales y cualquier inquietud, anomalía o imprevisto debe ser registrado por el inspector.

#### **4.1.4. Elaboración del informe final de inspección**

El inspector debe reunir suficiente información para asegurar un informe completo y detallado, este es un documento que registra el estado del puente y el trabajo de las labores de inspección, para ello el inspector deberá:

- (a) Completar la documentación técnica (listas de verificación, registros de inspección).
- (b) Brindar información objetiva y todos los hallazgos y resultados de la inspección.
- (c) Proporcionar esquemas, bocetos y fotografías que respalden los resultados y la interpretación de la información.
- (d) Suministrar observaciones y recomendaciones.
- (e) Identificar las conformidades y no conformidades de las especificaciones técnicas.

## 4.2. EQUIPO DE INSPECCIÓN

Cuando se establece el equipo necesario para la inspección, varios factores juegan un papel importante, por lo tanto, es necesario revisar todos los aspectos del puente antes de establecer la lista del equipo que se necesita y con esto no perder tiempo en campo o no realizar una adecuada inspección por no contar con el equipo. En la siguiente tabla se muestra una lista de las herramientas de inspección.

**Tabla 1.** Lista de equipo de inspección de puentes

<b>Categoría</b>	<b>Equipo</b>
Equipo de protección personal (EPP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Botiquín de primeros auxilios.</li> <li>▪ Casco de seguridad.</li> <li>▪ chaleco reflectivo.</li> <li>▪ Guantes.</li> <li>▪ Lentes de seguridad.</li> <li>▪ Repelente de insectos y mata avispas.</li> <li>▪ Vestimenta apropiada (pantalón largo).</li> <li>▪ Zapatos de seguridad.</li> </ul>
Medición	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Calculadora.</li> <li>▪ Cinta métrica.</li> <li>▪ Reloj o cronómetro.</li> </ul>
Documentación	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cámara digital.</li> <li>▪ Cámara fotográfica digital.</li> <li>▪ Listas de verificación.</li> <li>▪ Portapapeles y lápiz.</li> <li>▪ Registros de inspección.</li> <li>▪ Regla para dibujar.</li> </ul>
Equipo específico de inspección	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Contador manual de clic (Sección 551 Hincas de pilotes).</li> <li>▪ Medidor de espesor de película húmeda (Sección 563 Pintura).</li> <li>▪ Termómetro (Sección 563 Pintura, Sección 564 Accesorios de apoyo, Sección 565 Pilotes de concreto preexcavado y colados en sitio).</li> </ul>

## 4.3. ACEPTACIÓN Y PAGO

Cada proceso que se realice en campo debe llevarse a cabo según lo que se muestre en planos o en los requerimientos del Contrato, se deben cumplir con las especificaciones técnicas, dimensiones, uso de materiales, procesos, etc. Además de lo anterior, es necesario que al realizar los procesos constructivos se lleven a cabo adecuadas prácticas ambientales y de seguridad vial, siguiendo las recomendaciones establecidas.

El trabajo que se ejecuta y los materiales usados deben ser uniformes en carácter y razonablemente cercanos a los valores prescritos dentro de los rangos de tolerancia establecidos. El propósito de estos rangos de tolerancia es conciliar variaciones ocasionales de la medida, que resulten inevitables por razones prácticas. El objetivo primordial del Organismo de Inspección es evaluar y realizar una declaración objetiva de que el órgano o entidad evaluada cumpla con los requisitos establecidos y que lo inspeccionado no se salga de los rangos tolerables inicialmente señalados.

Cuando las propiedades o características de un producto, servicio o proceso terminado, satisfacen las necesidades expresadas en las especificaciones y los resultados de dicha satisfacción o cumplimiento son obtenidos de un proceso de verificación, la actividad puede y será catalogada como terminada y aceptada y se procede al pago de la misma.

Los trabajos aceptables conforme al Contrato o las especificaciones, se pagarán por medio de los reglones de pago que se establecen en dicho instructivo al final de cada descripción de las actividades.

## **5. ACTIVIDADES DE INSPECCIÓN**

### **5.1. SECCIÓN 551 HINCA DE PILOTES**

#### **551.03 EQUIPO PARA LA HINCA DE PILOTES**

El equipo para el hincado debe cumplir con los siguientes requisitos:

(a) Martinetes

- (1) Martinetes de gravedad: Únicamente para hincar pilotes de madera, con un mazo que pese entre 900 y 1600 kilogramos, siendo este mayor que el peso de la corona y el pilote juntos y se limitará la altura de caída a 4,5 metros. Se usarán guías del martinete para asegurar el impacto concéntrico en la corona.
- (2) Martinetes de diésel de final abierto: Equipados con un dispositivo que puede consistir en anillos en el mazo o una escala (aguja) que se extienda

sobre la culata del mazo para permitir la determinación visual del golpe del martinete. Es necesario un gráfico provisto por el fabricante que señale cómo se iguala la carrera del émbolo y el número de golpes por minuto del martinete, si este se aprueba, deberá usarse una velocidad contra la carrera del émbolo.

- (3) Martinetes de diésel de final cerrado: Asegurarse de su efectivo funcionamiento mediante un gráfico donde se iguale el rebote en la cámara de presión a la energía equivalente o carrera del émbolo del martinete, además, el dial del medidor deberá estar calibrado tomando en cuenta las pérdidas en las mangueras. No se usarán martinetes de diésel de final cerrado que no alcancen, al iniciar la subida, la máxima relación de energía de rebote de la cámara de presión, del martinete especificado.

- (4) Martinetes de aire o vapor: Se usará un martinete cuyo peso del mazo sea igual o mayor que un tercio del combinado del conjunto pilote – corona. El peso combinado debe ser de por lo menos 1250 kilogramos.

Cuando se hincan pilotes de prueba se debe medir la presión de entrada con un manómetro de aguja ubicado en la cabeza del martinete y si se requiere, también se medirá para los pilotes definitivos. La presión contra velocidad debe ser calibrada para condiciones específicas de hincadura.

- (5) Martinetes vibratorios sin impacto: No se deben usar a menos que sea permitido por escrito o especificado en el Contrato. Si son permitidos, se deben usar para hincar pilotes definitivos, solo después de que la elevación de extremo del pilote, o longitud del empotramiento para un soporte seguro de la carga sobre el pilote, hayan sido establecidas por medio de pruebas de carga estáticas o dinámicas. Se debe hincar uno de cada diez pilotes con un martinete de impacto, con energía adecuada para verificar si se está obteniendo la capacidad requerida del pilote.

- (c) Accesorios para el hincado

- (1) Amortiguador del martinete: Suficientemente grueso para prevenir daños al martinete o al pilote y para garantizar un comportamiento uniforme del hincado. No debe ser de madera, pita o asbesto y se colocará una placa de cerrojo para asegurar una compresión uniforme en el material. Su inspección se realizará al inicio de la hincadura o después de 100 horas de hincado, lo que sea menor. Se reemplaza cuando su grosor se haya reducido en más del 25% de su espesor original.
- (2) Cabezal del pilote: Se alineará en paralelo con el martinete y el pilote, además, se calzará alrededor del pilote para prevenir fuerzas torsionales durante la hincadura.
- (3) Guías de pilote: Por medio de estas los pilotes se soportarán, se construyen de manera que permitan un movimiento libre del martinete y al mismo tiempo para mantener un alineamiento paralelo del martinete y el pilote. Las guías oscilantes solo se usarán si son permitidas, estas son para calzar la entrada del pilote con la base de las guías y si se usan pilotes inclinados con un puntal horizontal entre la grúa y la guía. Las guías se empotran en el suelo o los pilotes se fijan a un marco estructural.
- (4) Seguidores (zancos): Son utilizados solo si son aprobados por escrito. Se hincará el primer pilote en cada cimiento o estructura y de ahí en adelante cada décimo pilote debe tener la longitud total sin seguidor para asegurar el empotramiento adecuado para desarrollar la capacidad última requerida.
- (5) Chorro a presión (Jet): Su uso será solo con previa aprobación. Deberá tener una capacidad suficiente para procurar una presión consistente, equivalente a por lo menos 700 kilopascales, con dos boquillas de chorro a presión de 20 milímetros. Los chorros no deben afectar la estabilidad lateral del pilote final colocado. Los tubos serán removidos cuando el extremo del pilote esté al menos a 1,5 metros sobre la elevación prescrita, o se hincará el pilote hasta la capacidad última requerida con un martinete de impacto.

- (6) Amortiguador de pilote: Para los pilotes de concreto se debe utilizar un amortiguador nuevo que proteja la cabeza. Este debe cortarse con un espesor de por lo menos 100 milímetros y de forma que coincida con la sección transversal de la parte superior del pilote. Se debe sustituir si se encuentra comprimido más de la mitad de su espesor original o si comienza a quemarse. Los pilotes de acero y madera se deben proteger con un capuchón de hincado aprobado y los pilotes de madera deben rodearse con collares o bandas metálicas para evitar que se resquebrajen o astillen. Se deben sustituir cuando están dañados y no deben reutilizarse.
- (7) Punteras: Protegen la punta del pilote contra daños durante la hinca. En los pilotes de acero se colocan soldándolas al pilote sin esforzar el alma o el ala y para los pilotes de madera se conforma la punta para asegurar un soporte uniforme de la puntera. En los pilotes de madera tratada se debe aplicar 2 capas de una solución de alquitrán a todos los agujeros, cortes y casquillos de hincado.

#### **551.04 LONGITUD DE PILOTES**

Usar pilotes con suficiente longitud para obtener la penetración requerida y para extenderlos, en el caso que así lo requiera la capacidad soportante de la fundación.

#### **551.05 PILOTES DE PRUEBA**

Los pilotes de prueba tendrán una longitud mayor a la de los pilotes definitivos. Se hincarán pilotes de prueba a la capacidad última requerida hasta la profundidad estimada del extremo inferior, si no se logran estas condiciones, los pilotes se dejarán en reposo por 24 horas antes de volver a hincarlos, cuando se cumpla con este tiempo, el martinete se preparará aplicando por lo menos 20 golpes a otro pilote. Si aún la capacidad última requerida no se alcanzara al volver a hincarlo, se hincará una parte o la totalidad de los pilotes de prueba restantes y se repetirá el reposo y rehincadura antes mencionado. Finalmente se empalmarán y se hincarán los pilotes hasta obtener la capacidad última requerida.

Los pilotes de prueba que se utilicen en la estructura definitiva deben ajustarse a los requisitos de los pilotes definitivos y los que no, deber ser removidos hasta al menos 0,5 metro bajo el nivel final terminado de la fundación.

### **551.06 CAPACIDAD DE SOPORTE DEL PILOTE**

Los pilotes se hincan con la penetración específica y a la profundidad necesaria para alcanzar la capacidad última requerida. Aquellos pilotes que no obtenga dicha capacidad se empalman y se hincarán con un martinete de impacto hasta que se alcance esa capacidad requerida.

Se debe utilizar la ecuación de onda para determinar la capacidad última del pilote hincado en sitio.

(a) Ecuación de onda

La penetración adecuada se obtendrá cuando la resistencia en la ecuación de onda se alcance a menos de 1,5 metros de la elevación de punta señalada. Los pilotes que no alcancen la resistencia dentro de estos límites se hincarán a una penetración establecida por la Administración.

(b) Fórmula dinámica

Se deben hincar los pilotes a la penetración necesaria para obtener la capacidad última del pilote según la siguiente ecuación:

$$R_u = (7\sqrt{E} \log(10N)) - 550 \quad \text{Ec. 551-04}$$

Donde:

$R_u$  = Capacidad última del pilote en kilonewtons (kN).

$E$  = Energía del martillo de golpe del espolón observado o medido en campo según el fabricante, en Joules  $\log(10N)$  = logaritmo de base 10 de 10 multiplicado por  $N$ .

$N$  = Número de golpes del martillo por 25 milímetros en penetración final.

Resolviendo para  $N$ :

$$x = \left( \frac{R_u + 550}{7\sqrt{E}} \right)$$

Ec. 551-05

Factor de seguridad: 3,0

(1) Pilotes hincados con chorro a presión (Jet): La capacidad última de los pilotes hincados bajo este método se determina basándose en el impacto del conteo de golpes del martinete (fórmula dinámica). Después de que la longitud necesaria para la penetración del pilote sea determinada para producir la capacidad última, se deben instalar los pilotes restantes en cada grupo o en cada cimiento, a profundidades y usando métodos similares.

(c) Condiciones para la fórmula dinámica

Aplicable únicamente si lo siguiente es válido:

- (1) El martinete está en buena condición y operando en forma satisfactoria.
- (2) El mazo del martinete cae libremente.
- (3) No se usa un seguidor.
- (4) La corona del pilote no está barrida (astillada) ni aplastada.

### **551.07 PERFORACIÓN PREVIA**

Se usarán barreros, taladros de rotación húmeda, o cualquier otro método de perforación aprobado.

En terraplenes compactados de más de 1,5 metros de espesor, se perfora el agujero del pilote hasta alcanzar la tierra natural, se perforan los huecos con un diámetro de 150 milímetros mayor que el diámetro del pilote.

Para pilotes cuadrados, rectangulares o H, el diámetro del orificio debe ser igual a la diagonal de la sección transversal del pilote más 150 milímetros.

Para pilotes hincados en roca o capa dura, tosca, suelo rígido o arcilla compacta, la perforación previa puede extenderse hasta dichas superficies, el pilote debe apoyarse en tal estrato.

Para pilotes que no son hincados en roca, suelo rígido o arcilla compacta se detendrá la perforación por lo menos a 1,5 metros sobre la elevación estimada de la punta del pilote y se hincará el pilote con un martinete de impacto a una penetración que cumpla con la capacidad última requerida. La perforación previa debe realizarse con un diámetro menor que el diámetro o la diagonal de la sección transversal del pilote hasta lograr su penetración hasta la profundidad especificada.

Si se encuentran obstrucciones en la superficie, como piedras de gran tamaño o capas de rocas, el diámetro del agujero debe aumentarse a la menor dimensión adecuada para la instalación del pilote. Después de completado el hincado, se rellenará cualquier espacio vacío que quede alrededor del pilote con arena u otro material aprobado. No se usarán barrenos de punta o punzones para lograr una perforación previa.

No se debe deteriorar la capacidad de los pilotes existentes o las condiciones de seguridad de las estructuras adyacentes. Si la perforación previa perturba la capacidad de los pilotes o estructuras instaladas previamente, se deberá restaurar la capacidad última requerida de pilotes y de las estructuras mediante métodos aprobados.

### **551.08 PREPARACIÓN E HINCADO**

Según la Sección 208 Excavación y relleno para estructuras mayores del CR-2020. Las cabezas de los pilotes deben ser planas y perpendiculares a su eje longitudinal. Se coordinará el hincado de pilotes de manera que no dañe ninguna de las otras partes del trabajo concluido.

Se hincarán los pilotes dentro de los 50 milímetros de la ubicación mostrada en los planos a la elevación del corte para cascos doblados y a 150 milímetros de la ubicación mostrada en el plano para pilotes con casco debajo del nivel del terreno terminado. El pilote no deberá estar a menos de 100 milímetros de ninguna cara del casco. Se hincarán pilotes de manera que el alineamiento axial esté dentro de los 20 milímetros por metro del alineamiento requerido.

La Administración puede detener el hincado, para revisar el alineamiento de pilotes que no pueden ser inspeccionados internamente después de instalados, antes de que los últimos 1,5 metros sean hincados. No se deben jalar o empalmar lateralmente los pilotes

para corregir algún desalineamiento, además, no se debe empalmar una sección alineada a una sección desalineada de pilotes.

Se colocarán pilotes individuales en grupos de pilotes en cualquiera de estas formas. Iniciando desde el centro del grupo y procediendo hacia afuera en las dos direcciones o iniciando desde la hilera de afuera y procediendo progresivamente a través del grupo.

Los pilotes hincados inapropiadamente, tales como los que queden fuera de la ubicación correcta, los desalineados, o los hincados debajo del corte de elevación designado se podrán corregir siempre y cuando esto sea aprobado, además, se reemplazarán los pilotes dañados durante el hincado al obtener aprobación de los métodos propuestos para reparar y corregir deficiencias.

(a) Pilotes de madera

No deben usarse si cuentan con grietas de más de 15 milímetros de ancho. Deberán estar tratados y se usarán dentro de los 6 meses posteriores al tratamiento. La manipulación y cuidado será de acuerdo con el estándar M4 de la AWWA. El final del pilote debe moldearse cuidadosamente para asegurar un soporte uniforme de la zapata y una sujeción adecuada. Todos los agujeros, cortes o cascotes deberán ser tratados con 2 aplicaciones con brocha de una solución de creosota – alquitrán de carbón.

(b) Pilotes de acero

Pilotes de longitud total requerida sin empalmes de hasta 18 metros. Si se requieren empalmes en el primer pilote hincado y se prevé que los siguientes pilotes también los requieran, se colocarán los empalmes en el tercio inferior del pilote. No se permitirán empalmes con una longitud menor de 3 metros y no podrán hacerse más de 2 empalmes por pilote.

Se cargarán, transportarán, descargarán, almacenarán y manipularán garantizando que el metal se mantenga limpio y libre de daños. No se usarán aquellos que excedan la contraflecha y curvatura permitida como tolerancia al fabricante. Los dañados durante la instalación no serán aceptados, a no ser que

la capacidad de soporte esté probada para un 100% la capacidad última requerida por pruebas de carga.

(c) Pilotes de concreto prefabricado y preesforzados

Durante la elevación o el transporte en los puntos mostrados en los planos, o en cada cuarto punto cuando no sean mostrados, se debe dar apoyo, para ello se proporcionarán cables de acero u otro equipo para evitar que los pilotes se doblen o se les quiebren los bordes.

Las cabezas de los pilotes se protegerán con un amortiguador de por lo menos 100 milímetros de espesor. Este se cortará para que calce con la sección transversal de la parte superior del pilote y si se comprime más de la mitad de su espesor original o si se empieza a quemar se deberá reemplazar.

Pilotes con resistencia reducida a causa de defectos externos como escamaduras y grietas, o defectos internos como cavidades reveladas con pruebas no destructivas serán rechazados.

(d) Pilotes tubulares o de corazas rellenas de concreto

El uso y manejo de las corazas será de acuerdo a la Sección b) anterior. Las zapatas de corte para las corazas o tubos pueden estar dentro o fuera de ellos. Se usará acero estructural con alto contenido de carbón con un borde maquinado para soporte de las corazas o acero fundido con un borde diseñado para unirse con soldadura simple.

Cuando sea práctico, se hincarán todos los pilotes o corazas de un cimiento, antes de colocar concreto en cualquiera de las corazas o tubos. No se hincarán corazas de tubos, o tubos a menos de 5 metros de distancia de cualquier pilote tubular o de coraza relleno de concreto, hasta que el concreto tenga una curación de por lo menos 7 días, o de 3 días si se usa concreto de alta resistencia. No se hincará ningún pilote tubular o coraza después de haber sido relleno con concreto.

Se removerán y repondrán corazas que sean determinadas como inaceptables para usarse, debido a grietas, curvaturas o torceduras.

### **551.09 EMPALMES**

Deberán ser aprobados previamente y cumpliendo lo siguiente:

(a) Pilotes de acero

Para soldadura estructural sólo podrán emplearse soldadores certificados. Las superficies que serán soldadas deberán estar lisas, uniformes y libres de escamas sueltas, grasa o cualquier material que impida una soldadura apropiada. El acero debe ser cortado con oxiacetileno, vaciado con arco de carbón o esmerilado.

Proceso de soldadura según AASTHO y/o AWS D1.5 del Código o norma de soldadura para puentes. Se soldará la sección transversal total del pilote para juntas acanaladas sin dejar grietas, falta de fusión, adelgazamiento, exceso de conductos, porosidad o un espesor inadecuado. Empalmes prefabricados pueden ser usados en lugar de juntas acanaladas soldadas en sitio con penetración total.

(b) Empalmes de pilotes de concreto

Usar dovelas u otro material mecánico aceptable, los detalles de los empalmes se deben presentar para su aprobación.

Si se utilizan dovelas, se colocan éstas en el extremo del pilote a empalmar, introduciéndolas en los agujeros correspondientes en la cabeza del pilote hincado. Aserrar los agujeros para proporcionar un enlace mecánico apropiado. Separar los extremos de los pilotes por lo menos 13 milímetros. Se limpiarán todas las superficies y agujeros del pasador o dovela. Aplicar lechada para fijar los pasadores en su lugar y esperar a que la lechada cure. Colocar formaleta en el empalme e inyecte con un adherente capaz de soportar el impacto y las fuerzas impulsoras, debiendo tener la misma resistencia a la compresión que el pilote.

Empalmes manufacturados adosar siguiendo las recomendaciones del fabricante. Este soportará fuerzas en compresión, en tensión y flexión, igual o mayores a la resistencia del pilote empalmado.

(c) Extensión de pilotes de concreto

- (1) Pilotes de concreto prefabricado: Se extenderán removiendo el concreto al final del pilote y dejando 40 diámetros de armadura de acero expuesta. Se amarrará la armadura de refuerzo, del mismo tamaño que la usada en el acero de refuerzo de la proyección del pilote. Encofrar la sección para prevenir derrames de concreto. Antes de vaciar el concreto, humedecer completamente la parte superior del pilote, y cubrir con una capa delgada de cemento puro, un mortero mezclado o cualquier otro material adecuado para adherencia. Se colocará concreto de la misma mezcla, diseño y calidad que el usado en el pilote. Se dejará el encofrado en su lugar por no menos de 7 días después de vaciado el concreto. Se curará y acabará de acuerdo a la Sección 552 Concreto estructural del CR-2020.
- (2) Pilotes de concreto preesforzado: Extenderlos según lo indicado en la sección anterior b). Incluir acero de refuerzo en la cabeza del pilote para empalmar las barras de extensión. No deben hincarse pilotes de concreto preesforzado con extensión.

(d) Pilotes de madera

No deben empalmarse los pilotes de madera.

### **551.10 PILOTES QUE EMERGEN LUEGO DE HINCARSE**

Tomar una lectura del nivel inmediatamente después de que cada pilote es hincado y también después de que pilotes que han sido hincados dentro de un radio de 5 metros. Rehincar pilotes que se eleven más de 5 milímetros con la penetración o resistencia especificadas.

### **551.11 PRUEBAS DE CARGA DE PILOTES**

No se requieren a menos que se indiquen en el contrato.

(a) Prueba de carga dinámica

Las llevará a cabo un consultor especialista en pilotes, con 3 años de experiencia como mínimo, deberá utilizar el programa de análisis CAPWAP y la ecuación de hincadura, incluyendo el análisis especificado en la Subsección 551.03 Equipo para la hincadura de pilotes, inciso b) del CR-2020.

Es necesario un refugio para proteger y resguardar el equipo, situado dentro de 15 metros del sitio de prueba, con un piso de mínimo 6 metros cuadrados y una altura al cielo raso de 2 metros, con una temperatura entre 10 y 35 °C. Usar el equipo y realizar las pruebas según norma ASTM D4945.

Pilotes para prueba de carga se colocarán en posición horizontal y sin contacto con los otros pilotes. Perforar agujeros para montar los instrumentos cerca de la corona del pilote. Montar los instrumentos y tomar medidas de la velocidad de onda. Colocar los pilotes designados en las guías. Proveer una plataforma rígida de por lo menos 1,2 por 1,2 metros con una baranda de seguridad de 1,1 metros, que se pueda llevar a la parte superior del pilote.

Hincar el pilote a la profundidad en la cual se alcanza la capacidad última requerida, indicada por la prueba dinámica. En caso de ser necesario mantener los esfuerzos del pilote por debajo de los valores de la Subsección 551.03 Equipo para la hincadura de pilotes (b)(2) del CR-2020, reducir la energía de hincado transmitida al pilote usando amortiguadores adicionales o reduciendo la energía de salida del martillo. Si se indica la hincadura no axial, se realinea inmediatamente el sistema de hincadura.

Por lo menos 24 horas después del hincado inicial, rehincar cada pilote de prueba dinámica con el instrumental adherido. Calentar el martinete antes de rehincar, aplicando al menos 20 golpes a otro pilote. Rehincar el pilote de prueba dinámica con una penetración máxima de 150 milímetros, y un máximo de 50 golpes o el rechazo, lo que ocurra primero. El rechazo de hincado se define con 15 golpes por 25 milímetros para pilotes de acero, 8 golpes por 25 milímetros para pilotes de concreto y 5 golpes por 25 milímetros para pilotes de madera.

Verificar las suposiciones usadas inicialmente en el análisis de la ecuación de onda propuesta de acuerdo con la Subsección 551.03 Equipo para la hincada de pilotes inciso (b) del CR-2020, usando CAPWAP. Analizar un golpe de hincadura original y un golpe de rehincadura por cada pilote probado.

Efectuar análisis de ecuación de onda adicionales con ajustes, basados en los resultados CAPWAP. Proveer un gráfico que muestre, el conteo de golpes contra la capacidad final. Para martinetes de diésel de final abierto, se efectuará un conteo de golpes contra un gráfico de golpes a su capacidad última. Se efectuarán esfuerzos de hincadura, energía transferida y capacidad del pilote, como una función de profundidad para cada prueba de carga dinámica.

Basándose en resultados de la prueba dinámica de carga, análisis CAPWAP y análisis de ecuación de onda, se aprobará o se rechazará el criterio de hincadura y la elevación requerida, o especificar o pedir pilotes de prueba y pruebas de carga adicionales. Esta información se entregará dentro de los 7 días después de recibida la orden respectiva, con toda la información requerida de pruebas para los pilotes de pruebas hincados.

(b) Prueba de carga estática

De acuerdo con ASTM D1143, usando el método de prueba rápida de carga.

Se deberá someter planos del aparato propuesto de carga para su aceptación, de acuerdo con:

- (1) Planos preparados por un Ingeniero profesional.
- (2) Provisión de un sistema de carga capaz de aplicar 150% de la capacidad última del pilote o 9000 kilonewtons, cual quiera que sea menor.
- (3) Construcción de un aparato que permita incrementos de carga aplicados gradualmente, sin causar vibraciones en el pilote de prueba.

Al requerir pilotes de tensión (ancla), se colocarán en el lugar de los pilotes permanentes, cuando sea factible. No deben usarse pilotes cónicos de madera instalados en lugares permanentes, como pilotes de tensión. Se harán pruebas

de caída de émbolo o se medirá la capacidad de carga del sistema, cualquiera que ocurra primero.

La carga axial permitida del pilote se define como el 50% de la carga de falla. La carga de falla se define como sigue:

- Pilotes de 600 milímetros o menos de diámetro o de ancho en diagonal, la carga que produce falla de la cabeza del pilote debe ser:

$$S_f = S + (3,8 + 0,008D) \quad \text{Ec. 551-06}$$

- Pilotes con un diámetro o un ancho diagonal mayor de 600 milímetros (mm) debe ser:

$$S_f = S + D/30 \quad \text{Ec. 551-07}$$

Donde:

$S_f$  = Asentamiento de caída en milímetros.

$D$  = Diámetro del pilote o ancho diagonal en milímetros.

$S$  = Deformación elástica del pilote en milímetros.

Determinar la elevación superior del pilote de prueba inmediatamente después de hincar y de nuevo antes de la prueba de carga para determinar el levantamiento.

Esperar un mínimo de 3 días entre el hincado de cualquier anclaje o pilote de prueba y el inicio de la prueba de carga. Antes de hacer pruebas se rehincará a la elevación original cualquier pilote que se eleve más de 6 milímetros.

Después de completar la prueba de carga se removerá o cortará cualquier pilote de prueba o anclaje que no sea parte de la estructura a, por lo menos 0,5 metro bajo la parte superior de la fundación o de la elevación final del suelo.

Basándose en los resultados de la prueba de carga estática la solicitud del criterio de hincadura y la ejecución, en la elevación final, los pilotes pueden ser aprobados o requerirse pruebas de carga adicionales. Esta información debe darse dentro de los 7 días después de recibida la solicitud, así como toda la información requerida para los pilotes de prueba hincados.

## **551.12 CORTE DE PILOTES**

Cortar las cabezas de los pilotes permanentes y las corazas de los pilotes a la elevación requerida de forma limpia y paralelamente a la cara del miembro estructural en el cual los pilotes son empotrados. Los cortes sobrantes se eliminan según la Subsección 203.05 Material de desecho, inciso a) del CR-2020.

### (a) Pilotes de acero

La parte del pilote empotrada en el concreto no deberá pintarse. Antes de pintar el pilote de acero expuesto, se debe limpiar cuidadosamente la superficie para que ninguna sustancia impida la adherencia de la pintura. Usar sistema 2 de pintura de color aluminio según Sección 563 Pintura del CR-2020. Pintar hasta no menos de 1 metro debajo de la superficie final del terreno, o del nivel de agua, con una primera capa de base y dos capas finales. Aplicar la pintura en campo, antes de la hincadura. Pilotes expuestos sobre la superficie final del terreno o del nivel de agua, se pintarán con una capa final de pintura de acabado.

### (b) Pilotes de madera

Tratar las cabezas de los pilotes que no vayan a quedar empotradas en el concreto con alguno de los siguientes métodos:

- (1) Reducir el contenido de humedad de la madera a no más de un 25%, sin humedad libre en la superficie. Aplicar con brocha una solución de creosota y alquitrán de hulla, como se requiere en los estándares AWWA.

Se debe construir una capa protectora aplicando capas alternativas de tela de algodón suelto y asfalto caliente o alquitrán, en forma similar a una membrana a prueba de agua, usando 3 capas de asfalto o alquitrán y 2 capas de tela de algodón. La tela deberá ser por lo menos 150 milímetros más ancha en cada dirección que el ancho del pilote. Doblar la tela hacia abajo sobre el pilote, fijando los bordes con dos vueltas de alambre galvanizado de un diámetro mínimo de 3 milímetros. Aplicar luego una capa

final de asfalto o alquitrán, para cubrir el alambre. Recortar limpiamente la tela debajo de los alambres.

- (2) Cubrir la superficie aserrada con 3 aplicaciones de una mezcla caliente de 60% de creosota y 40% de alquitrán caliente o, cuidadosamente, aplicar con brocha 3 capas de creosota caliente y cubrir con alquitrán caliente. Colocar una tapa de lata de metal galvanizado sobre la capa aplicada y doblar hacia abajo sobre los lados de cada pilote.

### **551.13 PILOTES RECHAZADOS**

Los métodos para corregir los pilotes rechazados pueden ser:

- (a) Usar el pilote con capacidad reducida.
- (b) Instalar pilotes adicionales.
- (c) Reparar pilotes dañados.
- (d) Sustituir pilotes dañados.

### **551.14 COLADO DE CONCRETO EN CORAZAS O PILOTES TUBULARES**

Después del hincado limpiar el interior de las corazas y pilotes tubulares removiendo todo material suelto. Mantener la coraza y los pilotes tubulares sellados al agua en cuanto es posible. Proveer equipo apropiado para inspeccionar interiormente la superficie completa de la coraza o pilote tubular hincado, inmediatamente antes de vaciar el concreto.

- (a) Acero de refuerzo

El espaciamiento debe ser de por lo menos 5 veces el tamaño máximo del agregado en el concreto. Amarrar firmemente los espaciadores en 5 puntos alrededor del perímetro de la jaula de acero de refuerzo. Instalar espaciadores a intervalos que no excedan de 3 metros medidos a lo largo de la longitud del encofrado.

Colocar la jaula de refuerzo en la coraza o pilote tubular hincado cuando el concreto alcance la elevación inferior planeada para el refuerzo. Soportar el

refuerzo de manera que quede dentro de 50 milímetros de la ubicación vertical requerida. Soportar la jaula desde arriba hasta que el concreto alcance la parte superior del pilote.

(b) Concreto

De acuerdo con la Sección 552 Concreto estructural del CR-2020. Colocar en una operación continua desde el fondo hacia arriba del pilote. Antes del fraguado inicial del concreto, compactar los 3 metros superiores del pilote usando un equipo vibratorio aprobado.

### 551.17 PAGO

Las cantidades aceptadas, medidas según las disposiciones que anteceden, serán pagadas al precio del Contrato por unidad de medida o suma global de acuerdo con los renglones de pago establecidos a continuación, excepto el concreto de relleno de corazas de acero y pilotes de acero, que será ajustado de acuerdo con la Subsección 107.05 Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago (valor del trabajo) del CR-2020.

El pago para los pilotes de concreto vaciado o de corazas de acero se hará a un precio determinado, multiplicando el precio unitario del Contrato por un factor de pago ajustado (PFa) que se determina como sigue:

$$PFa = 1 - 0,5(1 - PF) \quad \text{Ec. 551-08}$$

Donde:

PF= Factor de pago por concreto.

El pago se hará como sigue:

REGLÓN DE PAGO	DESCRIPCIÓN DEL REGLÓN	UNIDAD DE PAGO
CR.551.01	Pilotes hincados	m
CR.551.02	Pilotes hincados	u
CR.551.03	Pilotes de prueba de carga	u
CR.551.04	Pilotes de prueba de carga	glb
CR.551.05	Perforación previa	m

<b>REGLÓN DE PAGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL REGLÓN</b>	<b>UNIDAD DE PAGO</b>
CR.551.06	Empalmes cada	u
CR.551.07	Pilotes de prueba	m
CR.551.08	Pilotes de prueba	u

## **5.2. SECCIÓN 554 ACERO DE REFUERZO**

### **554.03 EQUIPO**

El Contratista deberá suministrar el equipo necesario para el corte y doblado de las varillas de acero de refuerzo. Cuando sea autorizado por la Administración el empleo de soldadura, el Contratista deberá también disponer del equipo apropiado para esa labor y aprobar soldadores calificados para realizar los trabajos.

Para fijar correctamente el acero de refuerzo en su posición, se requerirá herramientas menores y otros elementos deberán ser también suministrados por el Contratista.

### **554.04 SUMINISTRO Y ALMACENAMIENTO**

Todo envío de acero de refuerzo que llegue al sitio de la obra o al lugar donde vaya a ser doblado, deberá estar identificado con etiquetas en las cuales se indique: el fabricante, el grado del acero y el lote correspondiente.

Previo al almacenamiento del acero y posterior incorporación a la obra, el Contratista deberá presentar a la Administración los respectivos certificados de calidad del fabricante, los cuales deberán contar con el aval, tanto del Consultor de Calidad del Contratista como de la Administración.

El acero deberá almacenarse en forma ordenada por encima del nivel del terreno, sobre plataformas, largueros u otros soportes de material adecuado y deberá ser protegido contra daños y deterioro superficial, incluyendo los efectos de la intemperie y ambientes corrosivos.

### **554.05 PLANOS Y LISTAS DE CORTE Y DOBLADO**

Antes de cortar el acero en los tamaños indicados en los planos, el Contratista deberá verificar las listas del tamaño de las varillas y sus diagramas de doblado. Si los planos no

muestran estas listas y diagramas de doblado, el Contratista deberá prepararlos y someterlos a la aprobación de la Administración. La aprobación por parte de la Administración no exime de responsabilidad al Contratista por la exactitud de estas listas y diagramas. En este caso, el Contratista deberá contemplar, en los precios de su oferta, el costo de la elaboración de las listas y diagramas mencionados.

Si el Contratista desea relocalizar una junta de construcción mostrada en planos, en alguna otra parte de la estructura, deberá revisar por su cuenta los planos y listas de corte que correspondan a la junta propuesta, y someter las modificaciones respectivas para que sea aprobado por la Administración, por lo menos 15 días antes de la fecha prevista para el corte y doblaje del refuerzo de esa parte de la obra. Si por cualquier razón el Contratista omite este requisito, la junta y el refuerzo correspondiente deberán dejarse sin modificación, tal y como se muestra en los planos.

#### **554.06 DOBLADO**

Las varillas de refuerzo se deberán fabricar de acuerdo con ACI SP 66 y se doblarán en frío todas las varillas que así lo requieran. Se limitará la tolerancia de dobladura de las varillas de cubiertas o losas armadas a no más de 6 milímetros. Las varillas de acero no se deben doblar una vez que están parcialmente empotradas en el concreto hidráulico, excepto cuando se muestre así en los planos o sea permitido por la Administración.

Cuando las dimensiones de los ganchos o los diámetros de doblado no se muestren en los planos, se proporcionarán ganchos estándar de conformidad con ACI SP 66.

#### **554.07 ACERO DE REFUERZO CON RECUBRIMIENTO EPÓXICO**

Las varillas se levantarán con soportes múltiples o con una plataforma. Se evitará la abrasión producida entre varillas y se deberá evitar que los paquetes de varillas sean arrastrados o dejados caer.

Antes de la colocación se inspeccionarán las varillas recubiertas para localizar cualquier daño al recubrimiento. Se repararán todos los defectos en el recubrimiento, perceptibles al ojo, con un material de reparación precalificado de acuerdo con la norma AASHTO M28M. Se limpiarán las áreas que van a ser reparadas, removiendo toda la

contaminación de la superficie y el recubrimiento dañado. Se raspará el área por reparar antes de aplicar el material de reparación. Cuando haya herrumbre se debe remover por medio de limpieza a chorro o con una herramienta de poder. Se limpiarán las varillas inmediatamente antes de aplicar el material de reparación.

Se deberán reparar rápidamente las varillas con resina antes de que ocurra una oxidación perjudicial, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante de la resina. Se traslapará en 50 milímetros el material de remiendo sobre el revestimiento original, o como lo recomiende el fabricante. Se proveerá un espesor mínimo de 200 micrómetros de recubrimiento en las áreas reparadas.

Deben tomarse las medidas necesarias para minimizar el daño en el recubrimiento de las varillas instaladas. Se debe limpiar y reparar cualquier daño en el recubrimiento advertido después de la instalación, en la forma descrita anteriormente.

No se permitirán reparaciones en el campo a varillas con daños severos en el recubrimiento, las cuales deberán ser cambiadas con piezas nuevas. Un recubrimiento con daño severo se define como un recubrimiento con un área total dañada de 0,5 metro de longitud de varilla que excede al 5% del área superficial de la porción de la varilla. Se recubrirán los empalmes mecánicos después de su instalación de acuerdo con la norma AASHTO M284 M, si presenta daños en el recubrimiento epóxico.

#### **554.08 COLOCACIÓN Y FIJACIÓN DEL ACERO DE REFUERZO**

Al ser colocado en su posición final y antes de colar el concreto hidráulico, todo el acero de refuerzo deberá estar libre de polvo, escamas, rebabas, pintura, aceite o cualquier otro material extraño que pueda afectar la adherencia. Todo el mortero seco adherido deberá ser removido del acero de refuerzo.

Las varillas deberán colocarse con exactitud, de acuerdo con las indicaciones de los planos, y deberán asegurarse firmemente, de manera que no sufran desplazamientos durante la colocación y fraguado del concreto hidráulico. Se soportarán las varillas en bloques de concreto hidráulico prefabricado, o en soportes metálicos, de acuerdo con el "Manual de práctica estándar del Instituto de Concreto Hidráulico Reforzado".

Se fijarán los bloques de concreto hidráulico de soporte con alambres ubicados en el centro de cada bloque. Se usarán soportes de metal en contacto con las superficies de concreto hidráulico expuesto, Clase 1 (protector de plástico) o Clase 2, tipo B (protector de acero inoxidable). Se usará acero inoxidable de acuerdo con la norma ASTM A-493, Tipo 430.

Se revestirán con un material dieléctrico los asientos, alambres de amarre y otros elementos usados para soporte para dar posición o sujetar el acero de refuerzo con recubrimiento epóxico. No se usarán soportes plásticos.

Los soportes para las varillas de refuerzo en las losas no deben espaciarse a más de 1,2 metros entre ellos, ya sea transversal o longitudinalmente. Los soportes para varillas de refuerzo no se usarán directa o indirectamente para sostener pasarelas para carretillas, o cargas de construcción similares. Las plataformas para soportar trabajadores y equipos durante la colocación del concreto serán soportadas directamente en el encofrado y no en el acero de refuerzo.

Las varillas de refuerzo paralelas se espaciarán con una tolerancia de 38 milímetros con respecto al lugar requerido en planos. No se permite acumular las variaciones en el espaciamiento de varillas paralelas. El promedio de dos espaciamientos adyacentes no deberá exceder el espaciamiento requerido en planos.

Se dejarán 50 milímetros libre de recubrimiento para todo el refuerzo, excepto si se especifica de otra manera en planos. Se colocará el acero de refuerzo de losas manteniendo la distancia vertical establecida en planos entre el acero de refuerzo y la superficie encofrada o la superficie superior de la losa con una tolerancia de 6 milímetros. Se revisará el recubrimiento sobre el acero de refuerzo de losas usando una plantilla, antes de colar el concreto y se reemplazarán los soportes dañados.

No se colará el concreto en ningún elemento estructural hasta que la colocación del acero de refuerzo haya sido aprobada.

Las canastas o silletas de metal que entren en contacto con la superficie exterior del concreto hidráulico deberán ser galvanizadas. No se permitirá el uso de piedras, fragmentos de ladrillos, tubería de metal o tacos de madera.

Las varillas de las losas se deberán amarrar con alambre negro recocido en todas las intersecciones, excepto cuando el espaciamiento entre varillas sea menor a 300 milímetros en ambas direcciones, en cuyo caso se deberán amarrar alternando las intersecciones. El alambre usado para el amarre deberá tener un diámetro de 1,5 a 2 milímetros o su calibre equivalente. No se permitirá soldar las intersecciones de las varillas de refuerzo.

Las varillas deberán quedar colocadas de tal manera, que la distancia libre entre varillas paralelas colocadas en una fila no sea menor de tres veces el diámetro nominal de la varilla, ni menor de cuatro tercios ( $4/3$ ) del tamaño máximo nominal del agregado grueso.

Cuando se coloquen dos o más filas de varillas, la fila superior deberá colocarse directamente encima de la fila inferior, y la separación libre entre filas no deberá ser menor de 25 milímetros.

Además, se deberán mantener los recubrimientos mínimos especificados en los planos; antes de colar el concreto hidráulico de las losas, debe revisarse el recubrimiento de las varillas superiores con los codales que se usarán en el colado de las losas.

La Administración deberá revisar y aprobar la armadura de refuerzo de todas las estructuras, antes que el Contratista inicie el colado del concreto hidráulico.

#### **554.09 EMPALMES Y UNIONES**

Los empalmes de las varillas de refuerzo se ajustarán a lo indicado en los planos, y se realizarán en los sitios mostrados en éstos o donde lo indique la Administración; no deberán ser localizados en las juntas de construcción del concreto hidráulico. El Contratista podrá introducir empalmes y uniones adicionales en sitios diferentes a los mostrados en los planos, siempre y cuando esas modificaciones sean autorizadas por la Administración y el costo del refuerzo adicional requerido será asumido por el Contratista. Los empalmes y uniones en varillas adyacentes deberán hacerse alternados.

En los empalmes, las varillas deberán quedar colocadas en contacto entre sí, amarradas firmemente con alambre negro recocido, de tal manera que mantengan la alineación

y su espaciamiento dentro de las distancias mínimas de recubrimiento especificadas, en relación con las demás varillas y superficies de concreto hidráulico.

El Contratista podrá reemplazar las uniones traslapadas por uniones soldadas empleando soldadura que cumpla con las normas de la American Welding Society, AWS D 1.4. En este caso, las soldaduras y los procedimientos deberán ser aprobados previamente por la Administración, y deben realizarse pruebas de elementos soldados por el laboratorio de control de calidad del Contratista.

No se permitirá soldadura en varillas cuya composición química exceda los siguientes porcentajes:

- (a) Carbón 0,30.
- (b) Manganeso 1,5.
- (c) Equivalente de carbón 0,55.

Se pueden usar acoples mecánicos en lugar de soldaduras, si así es aprobado por la Administración, con resistencia de por lo menos 125% del esfuerzo de fluencia requerido para el acero de refuerzo.

Si la malla electrosoldada es transportada en rollos, se enderezarán los rollos dejando la malla plana antes de su colocación. Se empalmarán las láminas de malla o varillas de refuerzo de rejilla, traslapando no menos del ancho de la abertura de la malla más 50 milímetros. Se deben fijar muy bien los extremos y las orillas amarrándolas con alambre negro recocido a los elementos existentes previamente construidos que puedan servir de apoyo y referencia.

El costo de este reemplazo de empalme y las pruebas de revisión del trabajo correrá por cuenta del Contratista.

#### **554.10 SUSTITUCIÓN DEL ACERO DE REFUERZO**

Solo se podrá efectuar con autorización escrita de la Administración, previa justificación técnica de la variación. En tal caso, el acero sustitutivo deberá tener un área y un perímetro equivalentes o mayores que el área y el perímetro de las varillas mostradas en los planos.

### 554.11 LISTA DE PEDIDO

En las listas de pedido del acero de refuerzo se deben usar las mismas marcas para etiquetar que las mostradas en los planos. La Administración debe aprobar todas las listas de pedido y diagramas de dobladuras. La aprobación de las listas y diagrama no exoneran al Contratista de su responsabilidad de la comprobación de su exactitud de las listas.

No se deben ordenar materiales hasta que las listas y diagramas sean aceptados y aprobados por la Administración.

No se debe colocar el acero de refuerzo vertical para columnas, paredes, estribos y pilas hasta que las elevaciones de las fundaciones sean establecidas en campo.

### 554.12 PAGO

Las cantidades aceptadas, medidas según las disposiciones que anteceden, serán pagadas al precio del Contrato por unidad de medida de acuerdo con los renglones de pago establecidos a continuación.

El pago se hará como sigue:

REGLÓN DE PAGO	DESCRIPCIÓN DEL REGLÓN	UNIDAD DE PAGO
CR.554.01	Acero de refuerzo al carbono, INTE 06-09-01 (ASTM A-615 grado 40)	kg
CR.554.02	Acero de refuerzo de baja aleación, INTE 06-09-02 (ASTM A706M grado 60)	kg
CR.554.03	Acero de refuerzo con recubrimiento epóxico	kg

### 5.3. SECCIÓN 556 SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR PARA PUENTES

Los sistemas de contención vehicular para puentes, incluyendo las barreras de concreto, los pretilas de puentes y otros sistemas funcionalmente similares deben cumplir con las secciones 617 Sistemas de contención vehicular y 618 Sistemas de contención vehicular de concreto, según aplique.

## **SECCIÓN 617 SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR**

### **617.03 GENERAL**

Para los requerimientos específicos de cada sistema se deberán seguir las indicaciones del fabricante para una adecuada instalación de cada elemento de los sistemas de contención vehicular.

Una vez que un sistema de contención vehicular sea recibido conforme por la Administración en condición óptima de funcionamiento, este pasará a formar parte del plan de mantenimiento de activos viales de la Administración, tanto por impactos como por cualquier otro daño o vandalismo. Es responsabilidad de la Administración realizar la valoración correspondiente en el sitio y reparar o sustituir parcial o totalmente los sistemas, de tal manera que no se vea afectada la seguridad de los usuarios de la vía. La reparación o sustitución parcial de sistemas de contención vehicular no permite combinación de elementos que no sean compatibles entre sí, y solo se permite el uso de elementos o sistemas nuevos. La modificación de los elementos estructurales de los sistemas de contención vehicular no está permitida sin autorización previa y por escrito del fabricante del sistema. Modificaciones en el diseño o emplazamiento de sistemas de contención vehicular deberán ser aprobadas por la Administración.

La construcción de barreras de contención vehicular en vías abiertas al flujo vehicular puede requerir de varios días de instalación según el proyecto; por lo tanto, es requisito indispensable al final de cada jornada laboral, colocar como mínimo una pieza terminal redondeada (rounded end section) en cada extremo de barrera que se encuentre expuesto al tránsito, con la señalización preventiva necesaria para disminuir el riesgo de ocurrencia de accidentes de tránsito, o bien, cualquier sistema temporal de amortiguación de impactos.

### **617.04 POSTES PARA BARRERAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR**

Los postes metálicos o de madera (o combinaciones de metal con madera) deberán ser siempre hincados en el terreno para asegurar la funcionalidad del sistema. Para ello deberá utilizarse maquinaria apropiada para hincar los postes y que estos no se vean dañados como parte del proceso de instalación.

Si durante el proceso de hincado de postes quedara expuesto el acero (pérdida de galvanizado), las superficies deberán ser tratadas adecuadamente de tal forma que la vida útil de los materiales no se vea afectada. De igual forma para postes de madera o combinaciones de madera con metal se deberá asegurar que la madera esté debidamente tratada para la intemperie, de tal forma que su vida útil no se vea afectada.

La cimentación y el suelo son una parte integral del sistema de contención vehicular, se debe revisar detalladamente las condiciones bajo las que se realizaron los ensayos a escala real y las recomendaciones de instalación de los fabricantes para garantizar el adecuado comportamiento del dispositivo de seguridad en campo.

Partiendo de una homogeneidad en las condiciones de los suelos en los márgenes de la carretera en proyectos nuevos de obra vial, el Contratista del proyecto o Administrador de la carretera debe garantizar mediante ensayos estáticos in situ que la resistencia del suelo donde serán instalados los sistemas de contención vehicular permita que los sistemas tengan un comportamiento acorde al que presentó el prototipo ensayado exitosamente bajo la norma correspondiente.

En el caso de vías existentes en donde no se tiene control de las condiciones de los suelos en los márgenes de la carretera, se deberán realizar ensayos de caracterización de suelos en el laboratorio, con el fin de generar al menos un perfil general a lo largo de la vía donde se instalarán los sistemas de contención vehicular. La profundidad para la toma de muestras de ensayo dependerá del tipo de sistema que requiera instalarse. A partir del perfil, se definirán tramos homogéneos con el fin de identificar los sitios donde se deberán realizar los ensayos estáticos in situ. La cantidad necesaria de estos ensayos dependerá de la heterogeneidad u homogeneidad de los suelos a lo largo de los tramos en que se requiera la instalación de los sistemas.

Si a partir de los resultados de los ensayos estáticos in situ se detectan zonas con estratos rocosos (suelos duros) o zonas de baja resistencia (suelos blandos), se deberá seguir lo indicado por el fabricante del sistema para la adecuada instalación de los postes, sin que se comprometa la funcionalidad del sistema. La Administración deberá llevar en

bitácora oficial del proyecto un estricto control de estos cambios, incluyendo el manual de instalación o documento que respalde las modificaciones indicadas por el fabricante del sistema.

### **617.05 VIGAS PARA BARRERAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR**

El traslape de las vigas deberá instalarse en la dirección del flujo del tránsito. Solo en casos técnicamente justificados y avalados por la Administración se podrá variar el traslape de las vigas.

Bajo ningún motivo las vigas podrán ser dobladas, cortadas o soldadas. En caso de requerirse vigas curvas, estas deberán ser provistas por el fabricante según las curvaturas requeridas.

Si durante el proceso de instalación de las vigas quedara expuesto el acero (pérdida de galvanizado), las superficies deberán ser tratadas adecuadamente de tal forma que la vida útil de los materiales no se vea afectada.

En el caso de vigas de madera o combinaciones de madera con metal se deberá asegurar que la madera esté debidamente tratada para la intemperie, de tal forma que su vida útil no se vea afectada.

### **617.06 TORNILLERÍA PARA SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR**

Dado que la tornillería es específica para los diferentes elementos de cada sistema de contención vehicular, deberá seguirse la especificación técnica del fabricante para cada sistema, incluyendo los requerimientos de los materiales y los torques.

### **617.07 BARRERAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR DE CONCRETO (RÍGIDAS)**

Seguir lo establecido en la Sección 618 Sistemas de contención vehicular de concreto.

### **617.08 TERMINALES DE BARRERAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR**

La sección final o terminal de una barrera de contención vehicular debe diseñarse y construirse asegurando que toda la barrera a la cual está conectada pueda contener y redireccionar el vehículo para el cual fue diseñada de acuerdo con las

especificaciones del sistema utilizado. Únicamente serán aceptados los siguientes tipos de terminal:

(a) Terminal esviado, abatido y enterrado

Consiste en una sección final de barrera esviada (ángulo horizontal para alejar la barrera del flujo vehicular) y abatida (ángulo vertical para disminuir la altura de la barrera hasta el nivel del suelo) y una pieza final de anclaje enterrada en el suelo.

(b) Terminal empotrado en talud

Consiste en una sección final de barrera esviada o no, en función de la ubicación del talud de corte y una pieza final de anclaje enterrada en el talud, conservando la altura de la barrera.

(c) Terminal atenuador de impacto (absorbente de energía)

Se comporta como un sistema atenuador de impactos frontales y como barrera de seguridad ante las colisiones laterales, lo cual ofrece un alto nivel de seguridad.

Terminales bruscos, tales como la "cola de pez" y los cortes verticales de muros y barreras de concreto no serán permitidos en todos los casos en que exista la posibilidad de que un vehículo los impacte frontalmente, dada su alta peligrosidad al aumentar las consecuencias de los accidentes de tránsito y la gravedad de las lesiones para las personas dentro de los vehículos.

En el caso de los terminales abatidos y enterrados, y los empotrados en talud de corte, el tipo de postes, vigas, accesorios y anclaje se determinará según lo indique el fabricante. El sistema de anclaje debe ser adecuado para que permita desarrollar la fuerza de tracción total de la barrera de contención.

En el caso de un terminal atenuador de impacto (absorbente de energía), este puede requerir de anclajes de concreto, por lo que se deberá respetar el tiempo mínimo de curado, tal como se especifica en la Sección 601 Concreto hidráulico para estructuras menores del CR-2020.

### **617.09 PRETILES METÁLICOS DE PUENTE**

Deberán contener y redireccionar el vehículo para el cual fueron diseñados, de acuerdo con las especificaciones del sistema utilizado. Estos deberán utilizarse para puentes, viaductos o cualquier obra en donde exista riesgo de caída (por precipicios, en masas de agua, desde la plataforma de un puente, entre otros).

Para los requerimientos específicos de cada sistema se deberán seguir las indicaciones del fabricante, para una adecuada instalación de cada elemento del sistema de contención vehicular tipo pretil.

### **617.10 TRANSICIONES ENTRE SISTEMAS**

Para el diseño y construcción de las transiciones entre sistemas de contención vehicular de diferente rigidez, deberán seguirse los planos, especificaciones técnicas y/o recomendaciones del fabricante. Según el fabricante, la transición podrá realizarse por medio de elementos unitarios o una sección de transición de varios elementos, lo cual deberá considerarse en la medición y en el pago.

En el caso de puentes o pasos a desnivel que cuenten con facilidades para peatones o ciclistas (aceras, pasarelas, ciclovías u otra infraestructura ciclista) se deberá realizar un adecuado diseño de las transiciones entre sistemas vehiculares de diferente rigidez para que brinden la protección necesaria a los usuarios vulnerables en caso de riesgo de accidentes en la calzada vehicular, sea propiamente en el puente o en los tramos de aproximación.

### **617.11 AMORTIGUADORES DE IMPACTO**

Deben contener y/o redireccionar el vehículo para el cual fueron diseñados, de acuerdo con las especificaciones del sistema utilizado, considerando su diseño redirectivo o no redirectivo. El tipo de sistema, diseño y grado de contención debe cumplir con el Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras, según se establece en el Decreto Ejecutivo N°. 37347-MOPT, o su decreto vigente.

Para los requerimientos específicos de cada amortiguador de impacto se deben seguir las indicaciones del fabricante para una adecuada instalación de cada elemento que

lo conforma. Los amortiguadores pueden requerir de anclajes de concreto, por lo que se deberá respetar el tiempo mínimo de curado, tal como se especifica en la Sección 601 Concreto hidráulico para estructuras menores del CR-2020.

### **617.12 RAMPAS DE ESCAPE O LECHOS DE FRENADO**

Las rampas de escape o lechos de frenado son sistemas de contención vehicular que se diseñan a partir de varios elementos y componentes, para lo cual se debe cumplir con el Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras, o su decreto vigente. Las subsecciones del CR-2020 que deben aplicar para las rampas de escape o lechos de frenado, así como los renglones de pago respectivos, deben corresponder a los elementos que las compongan, según su diseño y características del entorno.

Entre los elementos y componentes más comunes de una rampa de escape o lecho de frenado se encuentran: materiales granulares (suelto y seco), pavimento, iluminación, señalización vial vertical, demarcación vial horizontal, postes abatibles u otros dispositivos retrorreflectivos, así como otros sistemas de contención vehicular, tal como barreras de contención, terminales o amortiguadores de impacto, entre otros elementos y componentes según el diseño específico de la rampa.

### **617.13 REMOCIÓN DE SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR**

Los componentes de los sistemas de contención vehicular con daños que afecten la funcionalidad del sistema deberán removerse posterior a su valoración técnica, la cual deberá quedar registrada por medio de un inventario. Los componentes que sean removidos deben transportarse al sitio indicado por la Administración. El Contratista debe reponer a la Administración todo componente de los sistemas de contención vehicular que se dañen o se extravíen durante el proceso de remoción y transporte. Los sistemas de contención vehicular considerados obsoletos, posterior a su valoración técnica, deberán desecharse de la misma forma.

Los agujeros y otros deterioros superficiales que se produzcan como consecuencia del proceso de remoción de los sistemas de contención vehicular deberán ser rellenados

con material granular de acuerdo con la Sección 209 Excavación y relleno para otras Estructuras del CR-2020, asegurando el acabado superficial original.

#### **617.14 ALTURA DE LOS SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR**

Los sistemas de contención vehicular deben estar colocados a una altura tal que permitan el funcionamiento del sistema, de acuerdo con las especificaciones del fabricante. De variarse la altura de la superficie de rueda adyacente, se deberán remover los sistemas existentes de acuerdo con la subsección anterior. Una vez terminado el proceso de remoción se procederá con la instalación de los sistemas a la altura adecuada, con la sustitución de los componentes que sean necesarios.

#### **617.15 ENSAYO ESTÁTICO IN SITU**

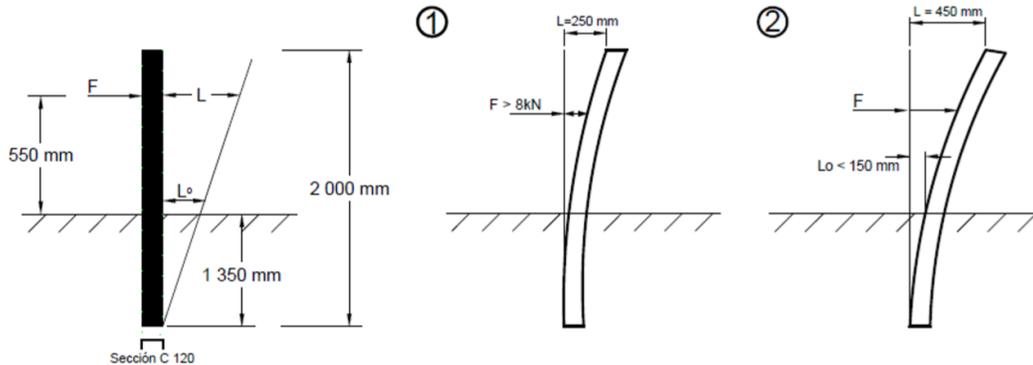
Este ensayo estático de tipo "push-pull" permite la comprobación del comportamiento mecánico del suelo, de tal manera que se asegure la funcionalidad de los sistemas de contención vehicular instalados

El poste de ensayo deberá ser de 2 metros de largo y de sección C120, el cual debe ser hincado con equipo apropiado, a la profundidad indicada en la *Figura 617-01 Ensayo estático in situ*. El poste deberá hincarse a la misma distancia del borde de la calzada donde se vaya a instalar el sistema de contención vehicular, según el diseño.

El ensayo deberá cumplir con dos condiciones simultáneamente para que el resultado sea satisfactorio y se apruebe para la instalación:

- (a) Se aplicará una fuerza paralela al suelo dirigida hacia el exterior de la carretera hasta alcanzar un desplazamiento horizontal de 25 centímetros a la altura indicada en la *Figura 617-01 Ensayo estático in situ (1)*. Esta fuerza deberá ser igual o superior a 8 kilonewtons.
- (b) Se aplicará una fuerza paralela al suelo hacia el exterior de la carretera hasta alcanzar un desplazamiento horizontal de 45 centímetros a la altura indicada en la *Figura 617-01 Ensayo estático in situ (2)*. El desplazamiento horizontal en la base del poste (en el empotramiento) deberá ser menor a 15 centímetros.

(c) La fuerza deberá ser aplicada de tal modo que se evite la torsión del poste durante todo el ensayo.



**Figura 617-01**

Ensayo estático in situ

### 617.18 PAGO

Las cantidades aceptadas, medidas según las disposiciones que anteceden, serán pagadas al precio del Contrato por unidad de medida de acuerdo con los renglones de pago establecidos a continuación.

El pago se hará como sigue:

REGLÓN DE PAGO	DESCRIPCIÓN DEL REGLÓN	UNIDAD DE PAGO
CR.617.01	Barrera de contención vehicular, nivel de contención _____, ancho de trabajo W	m
CR.617.02	Terminal atenuador de impacto, nivel de contención _____	u
CR.617.03	Pretil metálico de puente, nivel de contención _____, ancho de trabajo W	m
CR.617.04	Transiciones (elemento de transición unitaria)	u
CR.617.05	Transiciones (sección de transición)	m
CR.617.06	Amortiguadores de impacto, nivel de contención _____	u
CR.617.07	Remoción de barrera de contención vehicular, nivel de contención _____, ancho de trabajo W _____	m

<b>REGLÓN DE PAGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL REGLÓN</b>	<b>UNIDAD DE PAGO</b>
CR.617.08	Remoción de terminal atenuador de impacto, nivel de contención _____	u
CR.617.09	Remoción de pretil metálico de puente, nivel de contención _____, ancho de trabajo W _____	m
CR.617.10	Remoción de transiciones (elemento de transición unitaria)	u
CR.617.11	Remoción de transiciones (elemento de transición unitaria)	m
CR.617.12	Remoción de amortiguadores de impacto, nivel de contención _____	u
CR.617.13	Levantamiento de la barrera de contención vehicular por ajuste de altura	m

## **SECCIÓN 618 SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR DE CONCRETO**

### **618.03 GENERAL**

Una vez que un sistema de contención vehicular de concreto sea recibido conforme por la Administración en condición óptima de funcionamiento, este pasará a formar parte del plan de mantenimiento de activos viales de la Administración, tanto por impactos como por cualquier otro daño o vandalismo. Es responsabilidad de la Administración realizar la valoración correspondiente en el sitio y reparar o sustituir parcial o totalmente los sistemas, de tal manera que no se vea afectada la seguridad de los usuarios de la vía. La reparación o sustitución parcial de sistemas de contención vehicular de concreto debe contemplar el diseño original del sistema, para asegurar su continuidad y funcionalidad. La modificación de los elementos estructurales de los sistemas de contención vehicular de concreto no está permitida.

### **618.04 BARRERAS DE CONTENCIÓN DE CONCRETO**

Pueden ser coladas en sitio, encofrado deslizante, o prefabricadas conforme a la Sección 552 Concreto estructural del CR-2020. Los lados de la barrera y su parte superior

deben tener un acabado acorde con la Sección 552.17 (a) Acabados de superficies encofradas del CR-2020.

(a) Barrera de concreto colado en sitio

El ancho, profundidad e intervalos de las juntas de construcción deberán ser de acuerdo con el diseño del sistema, previamente aprobado. Se deben cortar las juntas tan pronto como sea posible, después de que el concreto tenga la suficiente consistencia como para que pueda pasar una sierra durante el ranurado, pero antes de que aparezcan las grietas por contracción.

Se debe reducir la profundidad del corte de sierra en el borde adyacente al pavimento para prevenir daños en el mismo y rellenar todas las juntas con un material preformado según el espesor requerido según el diseño. Las juntas se sellarán de acuerdo con la Subsección 552.13 Juntas de construcción del CR-2020.

(b) Barrera de concreto con encofrado deslizante

No tocar el concreto fresco construido con formaleta deslizante, excepto para operaciones menores o remoción de excesos o afinado ligero. Hacer ajustes en la operación para reparar los daños o irregularidades mayores de 10 milímetros que aparezcan en el proceso constructivo. No se debe usar agua para corregir las imperfecciones.

(c) Barrera prefabricada de concreto

Se debe colocar las barreras prefabricadas en tramos. Ubicar las juntas alineadas y conectar las secciones adyacentes de acuerdo con la especificación, la barrera de fundación no debe presentar variaciones superiores a los 6 milímetros en relación con un escantillón de 3 metros.

Usar el colado en sitio cuando transiciones o espacios entre barreras sean menores a 3 metros, según se requiera. En las juntas entre una barrera prefabricada y otra colada en sitio, esta última deberá contar con un sistema de anclaje integrado para unirla con la barrera prefabricada.

Las barreras prefabricadas de concreto tipo New Jersey y Tipo F deben seguir la norma ASTM C825 en cuanto a clasificación, aceptación, diseño, fabricación, requerimientos físicos, tolerancias, inspección, reparación y rechazo. En el caso de las especificaciones de los materiales que conforman estas barreras se debe hacer referencia a la Sección de Materiales.

#### **618.05 TERMINALES DE BARRERA DE CONTENCIÓN DE CONCRETO**

La sección final o terminal de una barrera de contención vehicular de concreto debe diseñarse y construirse asegurando que toda la barrera a la cual está conectada pueda contener y redireccionar el vehículo para el cual fue diseñada de acuerdo con las especificaciones del sistema utilizado, garantizando la compatibilidad entre los sistemas y las secciones de transición (ver subsección Transiciones entre sistemas).

Los terminales bruscos, tal como los cortes verticales de muros y barreras de concreto no serán permitidos, debido a su alta peligrosidad al ser impactados por un vehículo. Se deberán seguir los criterios de esviaje indicados en el Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras, según se establece en el Decreto Ejecutivo N°. 37347-MOPT, o su versión vigente. Cuando no se pueda cumplir con el esviaje o cuando la barrera quede de frente al flujo vehicular, será obligatorio incorporar en el diseño un amortiguador de impacto (ver subsección Amortiguadores de impacto) o un terminal atenuador de impacto (ver subsección Terminales de barrera de contención vehicular), según aplique.

Si la barrera está siendo construida cerca de los carriles de una carretera que está abierta al tránsito, se deberá colocar una sección terminal temporal cuando termine cada jornada de trabajo.

Se deberán construir las bermas de los taludes según la Sección 204 Excavación, terraplenado y pedraplenado del CR-2020.

En el caso de terminal en abatimiento para barrera rígida de concreto se refiere al tipo de terminal que consiste en una sección final abatida (ángulo vertical para disminuir la altura de la barrera hasta el nivel del suelo), la cual no podrá quedar de frente al flujo

vehicular, principalmente en vías de alta velocidad, dada su peligrosidad (efecto de rampa).

### **618.08 PAGO**

Las cantidades aceptadas, medidas según las disposiciones que anteceden, serán pagadas al precio del Contrato por unidad de medida de acuerdo con los renglones de pago establecidos a continuación.

El pago se hará como sigue:

<b>REGLÓN DE PAGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL REGLÓN</b>	<b>UNIDAD DE PAGO</b>
CR.618.01	Barrera de concreto colada en sitio, nivel de contención __, ancho de trabajo W _	m
CR.618.02	Barrera de concreto con encofrado deslizante, nivel de contención _____, ancho de trabajo W _____	m
CR.618.03	Barrera prefabricada de concreto, nivel de contención __, ancho de trabajo W __	m
CR.618.04	Terminales de barrera de concreto	u
CR.618.05	Remoción de barreras de concreto	m

## **5.4. SECCIÓN 561 DRENAJES EN PUENTES**

### **561.03 PROCEDIMIENTO DE TRABAJO**

Los drenajes de la superestructura serán del tipo, calidad y dimensiones indicadas en los documentos del proyecto.

Los drenajes se colocarán en la posición y con los distanciamientos, tanto en planta como elevación, que establezca el diseño, de manera que el acero de refuerzo no se dañe, ni se comprometa la capacidad de resistencia de los elementos estructurales del puente como son estribos, cepas y vigas, antes de colar la losa. Estos deben estar atadas de modo tal que no permita desplazamientos y deformaciones durante el vaciado del concreto.

El agujero donde se instalarán los drenajes (sumideros), no deberá tener un diámetro 20 milímetros mayor que el diámetro externo del tubo por instalar. Antes de colocar el mortero de adherencia, las paredes del agujero se deberán limpiar mediante aire comprimido (asegurando que el aire no contenga aceites). El dispositivo de drenaje y el mortero requerido, se debe colocar de manera tal que la superficie circundante quede adecuadamente nivelada y terminada. Además, en la entrada al drenaje se debe colocar una rejilla para retener la basura y permitir flujo libre del agua.

(a) Drenajes verticales (en tablero)

Para esta función se recomienda emplear tubos con un diámetro interno mínimo de 100 milímetros, distanciados entre sí a una longitud máxima de 5 metros o la que establezca el diseño. El punto de descarga de estos dispositivos se deberá producir por lo menos a 1 metro de la superficie de las vigas y de los paramentos de bastiones y pilas, para evitar socavación de estos.

También se pueden ejecutar drenajes rectangulares (gavetas) cuya rejilla deberá encajar adecuadamente, sin permitir su desplazamiento con el tránsito y debe quedar al mismo nivel del tablero.

La tubería para llevar las aguas desde el tablero a su punto final de salida, deben instalarse en sitios accesibles, con tubos de un diámetro no menor a 100 milímetros con codos de desvío de un ángulo máximo de 45 grados.

(b) Drenajes horizontales (muros de bastiones y muros de relleno de acceso)

Los dispositivos de drenaje horizontal para los muros de bastiones, muros de relleno de acceso u otras estructuras de protección se regirán por la Sección 610 Construcción de drenajes horizontales en taludes del CR-2020, cuya aceptación, medición y pago se hará de acuerdo con dicha sección.

(c) Drenaje superficial (muros de bastiones y muros de relleno de acceso)

Se hará por medio de cunetas y estructuras de salidas, que se regirán por las secciones 608 Construcción, preparación de zanjas y revestimiento de canales, cunetas y contracunetas, 609 Bordillos o cordón y 612 Descargas de agua del

CR-2020, cuya aceptación, medición y pago se hará de acuerdo con dicha sección.

### **561.06 PAGO**

Las cantidades aceptadas, medidas según las disposiciones que anteceden, serán pagadas al precio del Contrato por unidad de medida de acuerdo con los renglones de pago establecidos a continuación.

El pago se hará como sigue:

<b>REGLÓN DE PAGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL REGLÓN</b>	<b>UNIDAD DE PAGO</b>
CR.561.01	Tubería de drenaje para puentes	m
CR.561.02	Mortero	m <sup>3</sup>
CR.561.03	Rejillas para drenajes de puentes	u

## **5.5. SECCIÓN 563 PINTURA**

### **563.03 PROTECCIÓN AL PÚBLICO, PROPIEDADES Y TRABAJADORES**

Para pintar estructuras de acero deben cumplirse las recomendaciones de la guía 3 (SSPC) SSPC-PA "Guía de Seguridad de la Aplicación de Pintura" y con los requisitos de la (OSHA). Si la pintura que está siendo removida es un material peligroso que contenga plomo o cromo, debe cumplirse con las siguientes normas:

- (a) Guía SSPC 6 I (CON) – Guía para eliminar las materias generadas durante la remoción de pintura.
- (b) Guía SSPC 7 I (DIS) - Guía para la disposición de materias que contengan plomo, producidas por la remoción de pintura.
- (c) 29 CFR 1926.62 – OSHA. Estándares de plomo para la Industria de la Construcción.
- (d) 40 CFR 50.6 – EPA. Estándares Nacionales Primarios y Secundarios, de calidad del aire, para material en partículas.
- (e) 40 CFR 50.12 – EPA. Estándares Nacionales Primarios y Secundarios de calidad del aire cuando se usa plomo.

- (f) 40 CFR Partes 260 – 268 – Acta de Conservación y Recuperación de Recursos.

Por lo menos 28 días antes de iniciar la preparación de la superficie, se debe presentar un plan por escrito donde se detalle las medidas que se utilizarán para proteger el ambiente, el público, las propiedades adyacentes y los trabajadores. Se debe incluir en el plan lo siguiente:

- (a) Información del fabricante sobre seguridad e información del producto para todos los productos de limpieza y pintura que serán usados.
- (b) Un plan detallado para la remoción de materiales, productos de limpieza y desechos de pintura. Se deben incluir los detalles de los acoples que no requieran soldadura o perforación de agujeros en la estructura existente. Se deben hacer las conexiones con abrazaderas u otros dispositivos aprobados.
- (c) Un plan detallado de la disposición de los materiales removidos, los productos de limpieza y los desechos de pintura.
- (d) Medidas de seguridad específicas para proteger a los trabajadores de los riesgos en el sitio, incluyendo caídas, gases, fuego o explosiones.
- (e) Si la pintura que se remueve es un material peligroso, se debe incluir medidas de seguridad específicas para cumplir con 29 CFR 1926.62, 40 CFR 50.6, 40 CFR 50.12 y 40 CFR Partes 260-268.
- (f) Procedimientos de emergencia en caso de derrames.
- (g) Para desempeñar las funciones de control de calidad, se debe contar con una persona calificada según se define en SSPC-QP 2 y lo siguiente:
  - (1) Experiencia mínima de 2 años en pintura en el área industrial.
  - (2) Experiencia mínima de 90 días en supervisión en campo o en gestión de proyectos de remoción de pintura.
  - (3) Documentación de las calificaciones del individuo de parte de sus empleadores anteriores, incluyendo los detalles de capacitación y experiencia.

Se debe efectuar el trabajo según el plan aprobado. Si las tareas no se llevan a cabo como se previó, se debe suspender inmediatamente la labor, hasta tanto no se tomen medidas correctivas. Se deben recoger y disponer adecuadamente todos los materiales, incluyendo el agua residual como resultado de la preparación, limpieza o pintura.

#### **563.04 PROTECCIÓN DEL TRABAJO**

Se debe proteger las superficies adyacentes que no serán pintadas utilizando lonas, pantallas, papel, telas u otro medio adecuado. Se debe evitar la contaminación de las superficies con pintura fresca con polvo, aceite, grasa u otro material perjudicial o deletéreo.

#### **563.05 GENERALIDADES DE LA PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE**

Se notificará por escrito al inspector oficial por lo menos 7 días antes de iniciar las operaciones. Inmediatamente antes de pintar, se preparará la superficie de acuerdo con lo siguiente:

- (a) Se debe limpiar la superficie de acuerdo con el nivel apropiado de limpieza.
- (b) Se debe remover de la superficie la suciedad, el polvo y otros contaminantes utilizando los métodos recomendados por el fabricante.
- (c) Se debe secar adecuadamente la superficie.
- (d) Antes de trabajar, se debe comprobar que la temperatura de la superficie está entre 10 y 40 °C.
- (e) Se debe comprobar que la temperatura de la superficie está a más de 3 °C de la temperatura de rocío según ASTM E337.
- (f) Se debe comprobar que la humedad es del 85% o menor, a menos que se indique de otra manera en las especificaciones del fabricante del producto.

Se pueden emplear procedimientos apropiados, como recubrimiento o deshumidificación de áreas, para proveer las condiciones requeridas anteriormente.

### **563.06 GENERALIDADES SOBRE LA APLICACIÓN DE LA PINTURA**

Se deben utilizar prácticas de manipulación que estén de acuerdo con las instrucciones de seguridad del fabricante. Se debe mezclar y aplicar la pintura según las instrucciones del producto. Se debe revolver la pintura con mezcladores mecánicos durante el tiempo suficiente para que los pigmentos y solventes se mezclen completamente. Se debe continuar agitándola durante la aplicación. No se debe disolver la pintura que ha sido formulada como "lista para aplicarse".

Se debe pintar de manera nítida y manual para que en la capa de pintura no se produzcan acumulaciones excesivas de pintura, derrames, desprendimientos, superficies sin pintar o áreas con espesores delgados. Se debe medir el espesor de la capa húmeda durante la aplicación y se debe ajustar la razón de aplicación, para que después de curar, se obtenga el espesor de pintura deseado. Se debe aplicar la pintura por medio de brocha, rociador, rodillo o cualquier combinación que sea permitida en las especificaciones del fabricante y por el Ingeniero.

Se deben usar brochas con cerdas en cantidad y longitud suficiente, para distribuir la pintura en una capa uniforme. Se deben utilizar brochas redondeadas o planas con un ancho menor que 120 milímetros. Se debe esparcir uniformemente la pintura conforme se aplica.

Se deben usar equipos rociadores sin aire o convencionales con trampas adecuadas, filtros o separadores para excluir el aceite o agua del aire comprimido. Se debe usar aire comprimido que no muestre manchas negras o húmedas cuando es ensayado de acuerdo con ASTM D4285. Se debe utilizar los tamaños de las boquillas de las pistolas rociadoras y las presiones recomendadas por el fabricante.

Los rodillos se deben utilizar únicamente en superficies planas uniformes. No se permite usar rodillos que dejen texturizada la película de pintura.

Se deben usar aplicadores de piel de oveja, pinceles u otros medios aceptados para cubrir las superficies que son difíciles de pintar en la forma habitual.

Se debe curar cada capa de pintura según las recomendaciones del fabricante. Se deben corregir todas las áreas con espesor insuficiente, las áreas sin cubrir y otras deficiencias antes de la siguiente aplicación de pintura. Se deben teñir con otro color las aplicaciones sucesivas de pintura para contrastar con la pintura que está siendo cubierta. El inspector oficial aprobará el color de acabado final antes de la aplicación.

Se debe recubrir las superficies que serán inaccesibles después de la estructura con el número de manos requeridas. Después de la erección, se debe limpiar muy bien todas las áreas donde la pintura de base se ha dañado o deteriorado y se debe recubrir estos puntos con las manos de pintura requeridas para alcanzar el espesor apropiado antes de aplicar la capa final.

### **563.07 HIERRO Y ACERO ESTRUCTURAL**

#### (a) Procedimientos de pintura

- (1) Superficies nuevas o superficies con toda la pintura existente removida: Se debe proporcionar un método de pintura mostrado en la *Tabla 563-01 Sistemas de recubrimiento para hierro y acero estructural en superficies nuevas y superficies con toda la pintura removida*.
- (2) Superficies con pintura en buen estado: Se debe suministrar un procedimiento de pintura compatible con la pintura existente. Se debe emplear un tipo de los mostrados en la *Tabla 563-02 Sistemas de recubrimiento para hierro y acero estructural en superficies con pintura existente en buen estado*, o un procedimiento para estructuras de acero aprobado por el Ingeniero de Proyecto.

Por lo menos 14 días antes de dar la orden de pintar, se debe verificar la compatibilidad de la pintura propuesto con la existente como sigue:

- a) Se debe seleccionar un área de prueba de por lo menos 3 metros cuadrados que presente una condición representativa de la condición de la estructura. Se debe producir el nivel de preparación de la superficie especificado y aplicar el método propuesto a la capa superior

y a la base existente. Se debe observar si hay levantamientos, sangrado, ampollas, arrugas, agrietamiento, formación de escamas u otra evidencia de incompatibilidad.

- b) Se debe verificar que no haya indicios de incompatibilidad por lo menos 14 días después de la aplicación de cada producto. Se debe ejecutar las pruebas de adherencia según ASTM D3359, método A. Se notificará al Ingeniero de Proyecto si las pruebas de adherencia fallan en la interfase entre el sistema existente y el substrato o entre la capa de acabado y la base. Una falla de adhesión indica incompatibilidad y requiere seleccionar un tipo de pintura más compatible.

(b) Preparación de la superficie

No se removerá la pintura en buen estado a menos que específicamente se requiera en el Contrato.

- (1) Superficies nuevas o superficies con toda la pintura removida: Se debe eliminar de las superficies expuestas toda la suciedad, escamas, herrumbre, pintura y cualquier otro material extraño por medio de limpieza mediante chorro de arena hasta llegar al metal blanco de acuerdo con SSPC-SP 10.

Se debe usar aire comprimido que esté libre de aceite o humedad y que no muestre manchas negras o húmedas cuando se prueba de acuerdo con la norma ASTM D4285. No se debe usar arena sin lavar o abrasivos que contengan sales, suciedad, aceite u otras materias extrañas. Antes de realizar la limpieza con chorro de arena cerca de la maquinaria, se debe sellar los apoyos, chumaceras, motores y partes móviles para evitar la entrada del polvo abrasivo.

La limpieza debe realizarse con escorias limpias y secas, con arena mineral, polvo o limaduras de acero. Se debe utilizar una gradación adecuada para producir un patrón de anclaje denso y uniforme. Se debe producir un patrón de anclaje con una altura de 25 a 50 micrómetros, pero no menos de la recomendada en las especificaciones del fabricante del sistema de pintura.

Se debe medir el patrón de anclaje utilizando el método de la cinta adhesiva según ASTM D4417.

El mismo día que se lleva a cabo la limpieza, se debe remover la suciedad, el polvo y otros desechos de la superficie mediante cepillado, soplado con aire seco limpio o con aspiradora y se debe aplicar la primera capa de pintura a las superficies limpiadas con chorro de arena. Si las superficies limpiadas se herrumbren o se contaminan antes de pintar, se debe repetir la limpieza con chorro de arena.

**Tabla 563-01**

*Sistemas de recubrimiento para hierro y acero estructural en superficies nuevas y superficies con toda la pintura removida*

Capa	Sistema de pintura <sup>(1)</sup>				
	1	2	3	4	5
	Ambientes agresivos (Sal)	Ambientes agresivos (Sal)	Ambientes agresivos (Sal)	Ambientes menos agresivos (Sin sal)	Ambientes menos agresivos (Sin Sal)
<b>Base</b>	Zinc inorgánico tipo I 75-100 $\mu\text{m}$ seco	Zinc inorgánico 75-100 $\mu\text{m}$ seco	Uretano curado húmedo 50-75 $\mu\text{m}$ seco	Látex acrílico 50-75 $\mu\text{m}$ seco	Alcalino VOC bajo 50-75 $\mu\text{m}$ seco
<b>Intermedia</b>	Epóxico 75-100 $\mu\text{m}$ seco	Epóxico 75-100 $\mu\text{m}$ seco	Uretano curado húmedo 50-75 $\mu\text{m}$ seco	Látex acrílico 50-75 $\mu\text{m}$ seco	Alcalino VOC bajo 50-75 $\mu\text{m}$ seco
<b>Superior</b>	Uretano asfáltico 50-75 $\mu\text{m}$ seco	Uretano asfáltico 50-75 $\mu\text{m}$ seco	Uretano curado húmedo 50-75 $\mu\text{m}$ seco	Látex acrílico 50-75 $\mu\text{m}$ seco	Alcalino VOC bajo 50-75 $\mu\text{m}$ seco
<b>Espesor total</b>	200-275 $\mu\text{m}$ seco	200-275 $\mu\text{m}$ seco	150-225 $\mu\text{m}$ seco	150-225 $\mu\text{m}$ seco	150-225 $\mu\text{m}$ seco

Notas:

(1) Los sistemas 1, 2 o 3 son para protección a la corrosión de hierro o acero en ambientes propensos a la corrosión como ambientes marinos, industriales o de alta humedad. Sistemas 4 o 5 son para los ambientes libres de altas concentraciones de sales o contaminantes causantes de ambientes de alta corrosión.

**Tabla 563-02**

*Sistemas de recubrimiento para hierro y acero estructural en superficies con  
pintura existente en buen estado*

Capa	Sistema de pintura <sup>(1)</sup>		
	6	7	8
	Ambientes agresivos (Sal)	Ambientes menos agresivos (Sin sal)	Ambientes menos agresivos (Sin sal)
<b>Base</b>	Uretano curado-húmedo 50-75 µm seco	Alcalino VOC bajo 50-75 µm seco	Sellador epóxico de baja viscosidad 25-50 µm seco
<b>Intermedia</b>	Uretano curado-húmedo 50-75 µm seco	Alcalino VOC bajo 50-75 µm seco	Epóxico 75-100 µm seco
<b>Superior</b>	Uretano curado-húmedo o uretano asfáltico 50-75 µm seco	Silicón-alkalino VOC bajo 50-75 µm seco	Uretano asfáltico 50-75 µm seco
<b>Espesor total</b>	150-225 µm seco	150-225 µm seco	50-225 µm seco

Notas:

(1) El sistema 6 es para protección del hierro y acero en ambientes corrosivos agresivos como los siguientes: marino, industrial, de alta humedad y estructuras expuestas a sales. Los sistemas 7 y 8 son para el uso en aquellos entornos libres de altas concentraciones de sales o de contaminantes que originan los ambientes de corrosión agresivos.

- (2) Superficies con pintura existente en buen estado: Se deben lavar todas las superficies que van a ser pintadas con agua a presión para remover la suciedad, herrumbre suelta y contaminantes tales como cloruros. Se debe mantener la presión del agua de lavado en por lo menos 3,5 megapascuales. Se debe recoger toda el agua de lavado y los desechos removidos de acuerdo con las regulaciones apropiadas.

Se debe limpiar de acuerdo con SSPC-SP 2 — Limpieza con herramientas manuales (Hand tool cleaning), SSPC-SP 3 — Limpieza con herramientas mecánicas (Power tool clearing) o SSPC-SP 6 — Limpieza con chorro de arena comercial para remover la suciedad, herrumbre suelta o pintura que no está firmemente adherida a la superficie subyacente (Commercial Blast Clearing to remove dirt, loose mill scale, loose rust, or paint that is not firmly bonden to the underlying surface). Se deben limpiar las áreas pequeñas que muestren corrosión en los agujeros de los pasadores, o daños debido a piedras lanzadas por el tránsito o rayones leves. Se debe limpiar por lo menos 50 milímetros más allá de las áreas dañadas. Se deben pulir los bordes de la pintura antigua remanente para obtener una superficie suficientemente lisa.

El mismo día en que se realiza la limpieza manual o con herramientas mecánicas se debe remover la suciedad, polvo y otros contaminantes de la

superficie con métodos de limpieza con solventes de acuerdo con SSPC-SP 1, y se deben pintar las áreas de acero sin revestimiento con la primera capa de pintura. Si las superficies limpiadas se herrumbran o se contaminan antes de pintarse, se debe repetir a limpieza con solventes. Se debe reparar todo daño a la pintura en buen estado aplicando el método de pintura completo.

(c) Aplicación de pinturas

Se debe aplicar cada capa de pintura con el espesor de película húmeda especificada por el fabricante para obtener el espesor requerido de película seca. Se debe verificar la razón de aplicación de cada capa con un medidor de espesor de película húmeda inmediatamente después de aplicar la pintura a la superficie. Se debe confirmar la razón de aplicación midiendo el espesor de la película seca después de que el solvente se ha evaporado de la superficie.

### 563.08 PINTURA DE SUPERFICIES GALVANIZADAS

Se debe remover todo el aceite, grasa u otros contaminantes sobre la superficie lavando con un solvente mineral de acuerdo con SSPC-SP 1. Se debe aplicar el sistema de pintura mostrado en la *Tabla 563-03 Sistemas de recubrimiento para otras estructuras*, para otros metales.

**Tabla 563-03**

*Sistemas de recubrimiento para otras estructuras*

Substrato	Capa de Pintura			Total
	Base	Intermedia	Acabado	
Madera lisa	Base para maderas exteriores <sup>(1)</sup> 60-70 µm seca	Látex o álcalis de exteriores 35-50 µm seca	Látex o álcalis de exteriores 35-50 µm seca	130 – 170 µm seca
Madera áspera	Látex o álcalis de exteriores <sup>(1)</sup> 35-50 µm seca	Látex o álcalis de exteriores 35-50 µm seca	Látex o álcalis de exteriores 35-50 µm seca	105 – 150 µm seca
Concreto	Una sola capa de epóxico 80-100 µm seca. Para acabado brillante, Acabar con poliuretano asfáltico (50 µm seca)			80 – 150 µm seca
Bloques de mampostería	Relleno de mampostería 50-60 µm seca	Látex o álcalis de exteriores 35-50 µm seca	Látex o álcalis de exteriores 35-50 µm seca	120 – 160 µm seca
Aluminio	Base de metal 30-40 µm seca	Látex o álcalis de exteriores 35-50 µm seca	Látex o álcalis de exteriores 35-50 µm seca	100 – 140 µm seca
Otros metales	Base de metal <sup>(2)</sup> 30-40 µm seca	Látex o álcalis de exteriores 35-50 µm seca	Látex o álcalis de exteriores 35-50 µm seca	105 – 145 µm seca

Notas:

(1) Para la madera sin tratar, se debe diluir la base con 0,1 litros (L) de aguarrás y 0,1 litros (L) de aceite de linaza por cada litro (L) de pintura.

(2) Para las superficies galvanizadas, se debe usar una base epóxica (35-45 micrómetros (µm) de espesor seco) o una base de vinilo (7-13 micrómetros (µm) de espesor seco)

### **563.09 PINTURA DE ESTRUCTURAS DE MADERA**

Se debe secar la madera hasta que tenga un contenido de humedad igual o menor a 20%. En las maderas previamente pintadas, se debe remover toda la pintura agrietada o descascarillada, suciedad y otros materiales extraños mediante cepillado, raspado u otro método aprobado. Las maderas tratadas con creosota o con el preservante pentaclorofenol, se deben lavar y retirar mediante cepillado los cristales de sal visibles en la superficie de la madera y se debe dejar secar. Se debe remover todo el polvo u otros materiales extraños de la superficie que va a ser pintada.

Se debe aplicar el método de pintura mostrado en la *Tabla 563-03 Sistemas de recubrimiento para otras estructuras*. La base debe aplicarse antes de la estructura. Después de que la base se ha secado y que la madera está en su sitio, se debe rellenar, a ras con la superficie, todas las grietas, hendiduras, agujeros de los clavos u otras depresiones utilizando una masilla aprobada. Se debe extender uniformemente y aplicar minuciosamente la pintura en todas las esquinas y agujeros. Se debe dejar que seque la pintura antes de aplicar la siguiente capa.

### **563.10 PINTURA DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO**

Se debe remover toda la lechada, polvo, materiales extraños, compuestos de curado, aceite del encofrado, grasa u otros materiales deletéreos de la superficie del concreto. Se debe remover el aceite de la formaleta, la grasa o los materiales de curado lavando con una solución al 5% de fosfato de trisodio y enjuagando con agua limpia. Se debe dejar que la superficie se seque completamente.

Se le debe hacer un barrido abrasivo suave a la superficie limpiada para remover el mortero u otros contaminantes. Se deben eliminar todos los residuos y polvo manualmente, con escoba, aire comprimido u otros métodos aprobados.

Se debe aplicar el método de pintura mostrado en la *Tabla 563-03 Sistemas de recubrimiento para otras estructuras*. Se debe extender uniformemente y aplicar minuciosamente la pintura en todas las esquinas y agujeros. Se debe dejar que se seque la pintura antes de aplicar la siguiente capa.

### 563.13 PAGO

Las cantidades aceptadas, medidas según las disposiciones que anteceden, serán pagadas al precio del Contrato por unidad de medida de acuerdo con los renglones de pago establecidos a continuación.

El pago se hará como sigue:

REGLÓN DE PAGO	DESCRIPCIÓN DEL REGLÓN	UNIDAD DE PAGO
CR.563.01	Pintura descripción estructura	glb
CR.563.02	Pintura descripción estructura	m <sup>2</sup>

## 5.6. SECCIÓN 564 ACCESORIOS DE APOYO

### 564.03 GENERAL

(c) Empaque, manipulación y almacenamiento

Antes de ser despachados por el fabricante, se debe identificar claramente cada componente de los apoyos y se debe marcar en la parte superior la localización y la orientación en la estructura. Se colocarán pernos, se atarán o fijarán los apoyos de otra manera para evitar movimientos relativos.

Se empacarán los apoyos de forma que estén protegidos de los daños causados por el transporte, manipulación, el clima y otras amenazas. No se deben desarmar los apoyos en el sitio excepto para la inspección o instalación.

Se almacenarán todos los accesorios y componentes de los apoyos en el sitio de trabajo en un lugar que provea protección de los daños ambientales y físicos.

(d) Construcción e instalación

Se deben limpiar los apoyos de toda sustancia extraña. Los apoyos se deben instalar en las posiciones mostradas en los planos. Se colocarán los apoyos y sus componentes de acuerdo con las dimensiones mostradas en los planos o según lo establezca el fabricante. Se deben ajustar de acuerdo con las instrucciones del fabricante para compensar los movimientos según la temperatura de instalación y los movimientos futuros del puente.

Se fijará el nivel de los apoyos de los puentes en la elevación y posición exactas. Se debe proveer un apoyo completo y uniforme en todas las superficies externas de los apoyos. Si las superficies de apoyo tienen elevaciones inadecuadas, no están niveladas o si los apoyos no pueden ser colocados apropiadamente se debe notificar a la Administración y se debe entregar por escrito para la aprobación una propuesta para modificar la instalación.

Se debe asentar los apoyos metálicos, no embebidos en concreto, sobre el concreto con un relleno o material similar aprobado.

Las almohadillas elastoméricas se deben colocar directamente sobre superficies de concreto que hayan sido preparadas de forma adecuada, sin utilizar algún tipo de material de asiento.

Se deben pulir las superficies de los apoyos colocados directamente sobre el acero para proveer una superficie nivelada y plana sobre la cual colocar el apoyo.

#### **564.04 APOYOS ELASTOMÉRICOS**

Estos apoyos incluyen las almohadillas no reforzadas (formadas únicamente por elastómero) y los apoyos reforzados con láminas de acero o con tejidos.

Se deben reforzar en todo el espesor los apoyos elastoméricos que tengan un espesor mayor de 15 milímetros con láminas colocadas cada 15 milímetros.

Se deben fabricar los apoyos elastoméricos de acuerdo con AASHTO M251. Se deben utilizar materiales que cumplen con los requerimientos de tolerancia de impurezas, acabado y apariencia del Manual "Rubber Handbook" publicado por la Asociación Incorporada de fabricantes de hule (Rubber Manufacturer's Association Incorporated) RMA F3 y T.063 para los apoyos moldeados y RMA F2 para los apoyos extrudidos. Se debe determinar el cumplimiento con el criterio de aceptación de nivel I de AASHTO M251.

Se debe marcar cada apoyo reforzado con tinta indeleble o con pintura flexible.

La información marcada debe incluir: el número de pedido, el número de partida, el número de identificación del apoyo, el tipo de elastómero y número de grado. A menos

que se especifique de otra manera, se debe marcar en una cara que es visible después de la erección del puente. Se debe proporcionar una lista de todos los números de los apoyos.

Se deben colocar los apoyos en una superficie nivelada. Se debe corregir cualquier desalineamiento en el apoyo para obtener una superficie nivelada. No se deben soldar las vigas de acero o las placas de apoyo a las placas exteriores del apoyo a menos que existan más de 40 milímetros de acero entre la soldadura y el elastómero. No se debe exponer el elastómero o el pegamento del elastómero a temperaturas instantáneas mayores de 200 °C.

#### **564.05 APOYOS OSCILANTES, DE RODILLOS Y DESLIZANTES**

Cuando se requieran revestimientos de PTFE se deben utilizar revestimientos conformes con la Sección Superficies de Politetrafluoroetileno (PTFE) para los apoyos.

Se deben fabricar los apoyos oscilantes, de rodillo y deslizantes de acuerdo con los detalles mostrados en los planos y a la Sección 555 Estructura de acero del CR-2020. La fabricación se debe llevar a cabo de acuerdo con la práctica estándar en los talleres comerciales modernos. Se removerán las rebabas, los bordes ásperos y afilados y otros defectos. Se deben aliviar los esfuerzos de los apoyos de oscilación, los rodillos y otros apoyos que son construidos soldando secciones de placa antes de perforar, enderezar o dar un acabado maquinado (fresado).

Se deben revestir minuciosamente todas las superficies de contacto con aceite y grafito justo antes de colocar los apoyos de rodillo. Se deben instalar los apoyos de oscilación, los rodillos y los apoyos deslizantes de forma que estén verticales y a la temperatura media especificada después de la remoción de la formaleta y después de cualquier acortamiento debido a las fuerzas de preesfuerzo. Se debe tener en cuenta cualquier variación con respecto a la temperatura media del tramo soportado en el momento de la instalación y cualquier otro cambio previsto en la longitud del tramo soportado.

Se debe comprobar que la superestructura tiene un movimiento total y libre en los apoyos móviles. Se colocarán cuidadosamente los apoyos cilíndricos de manera que sus

ejes de rotación estén alineados y coincidan con los ejes de rotación de la superestructura.

#### **564.06 PLACAS EN MAMPOSTERÍA, DE FUNDACIÓN Y DE RELLENO PARA LOS APOYOS**

Se deben suministrar las placas metálicas utilizadas en la mampostería, placas de asiento y de relleno de acuerdo con AASHTO M270M, grado 250.

Se fabricará y se dará el acabado al acero de acuerdo con la Sección 555 Estructura de acero del CR-2020. Los agujeros en las placas de los apoyos se deben formar taladrando, con sacabocados o por medio de corte con oxígeno, con control preciso del corte. Se deben remover las rebabas mediante esmerilado.

Se deben colocar en forma precisa las placas de los apoyos en una posición nivelada como se muestra en los planos y se debe proveer un apoyo uniforme sobre la superficie de contacto del apoyo.

#### **564.07 SUPERFICIES DE POLITETRAFLUOROETILENO (PTFE) PARA LOS APOYOS**

Se debe proveer material de PTFE que haya sido adherido en la fábrica, conectado mecánicamente o incrustado en el material base según se muestra en los planos.

Se debe adherir o sujetar mecánicamente la tela que contiene las fibras PTFE a una platina rígida. Se debe utilizar una tela capaz de resistir cargas de 70 megapascuales sin fluir en frío. Se usará un adherente tela-platina capaz de resistir, sin laminarse, una fuerza cortante igual al 10% de la carga de aplicación perpendicular o normal más cualquier otro esfuerzo cortante en el apoyo.

La aceptación debe hacerse usando los métodos y procedimientos de prueba aprobados de acuerdo con la Sección 18, Subsección 18.8.3, de las especificaciones AASHTO Standard Specifications for Highway Bridges División II, Volumen II. Si el banco de prueba no permite ensayar el apoyo completo se deben fabricar apoyos adicionales y se deben preparar muestras con una capacidad para los esfuerzos normales de trabajo de por lo menos 450 kilonewtons.

Se deben determinar los coeficientes de fricción estático y dinámico cuando se inicia el movimiento del apoyo de prueba a una velocidad de deslizamiento menor de 25

milímetros por minuto. El coeficiente de fricción no debe exceder el coeficiente especificado en la *Tabla 564-01 Coeficiente de fricción* o el especificado por el fabricante.

Se debe proporcionar una lista de los números de los apoyos individuales.

**Tabla 564-01***Coeficiente de fricción*

<b>Material</b>	<b>Presión del apoyo</b>	<b>Coeficiente de fricción</b>
PTFE sin relleno, tela que contenga fibras PTFE, o algún compuesto de PTFE y metal	3,5	0,08
	14	0,06
	24	0,04
PTFE con relleno	3,5	0,12
	14	0,10
	24	0,08
Estructuras de bronce entrelazados y rellenas de PTFE	3,5	0,10
	14	0,07
	24	0,05

#### **564.08 PERNOS DE ANCLAJE**

Se proveerán pernos de anclaje estampados o torneados conformes con ASTM A307 o según se muestra en los planos o se especifica en el Contrato.

Se pondrán los pernos de anclaje antes de la colocación del concreto o se instalarán en agujeros perforados después de la colocación del concreto. Si se instalan después de la colocación del concreto, se deben fijar los pernos en los agujeros mediante el uso de una lechada con contracción compensada o con un adhesivo químico aprobado. Si se utiliza una lechada con contracción compensada, se deben perforar los agujeros con un diámetro 25 milímetros mayor que el diámetro del perno. Si se utilizan adhesivos químicos, se deben seguir las recomendaciones acerca del diámetro del agujero dadas por el fabricante del adhesivo.

Se debe ajustar la ubicación de los pernos de acuerdo con la temperatura de la superestructura según se requiera. No se debe restringir el movimiento libre de la superestructura en los apoyos móviles mediante pernos de anclaje o tuercas.

### **564.09 ASIENTO DE LAS PLACAS DE MAMPOSTERÍA**

Se colocará el relleno o tela como material de asiento debajo de las placas de mampostería si es requerido por el Contrato. Se debe usar el relleno o tela especificada y se debe instalar para proveer un apoyo completo en las áreas de contacto. Se debe limpiar muy bien las superficies de contacto del concreto y del acero inmediatamente antes de colocar el material de asiento y de instalar los apoyos o placas de mampostería. Si los materiales de asiento no están especificados, se debe cumplir con la subsección 18.4.10 AASHTO LRFD del Manual de Especificaciones para el Diseño y Construcción de Puentes, o según lo indicado por la Administración.

### **564.12 PAGO**

El pago constituirá la plena compensación por todos los recursos involucrados para su ejecución: suministro y acarreo de todos los materiales, operaciones necesarias para la obtención, producción, apilamiento, almacenamiento y colocación de materiales; maquinaria, equipo y personal necesarios, así como la señalización preventiva de protección de obra y cualquier otra actividad necesaria para la adecuada y correcta realización de las actividades contempladas en esta sección. Lo anterior, con excepción de aquellos casos para los cuales algunos de esos recursos se paguen de forma separada, indicados así en el Contrato o en este instructivo.

El pago se hará como sigue:

<b>REGLÓN DE PAGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL REGLÓN</b>	<b>UNIDAD DE PAGO</b>
CR.564.01	Accesorios de Apoyo__	u

## **5.7. SECCIÓN 565 PILOTES DE CONCRETO PREEXCAVADO Y COLADOS EN SITIO**

### **565.04 PILOTES PREEXCAVADOS Y COLADOS EN SITIO**

(a) Excavación

Excavar los agujeros de acuerdo con el plan de instalación aprobado. Se deberán excavar las cimentaciones para las estructuras y realizar los rellenos de sustitución antes de iniciar la perforación de los pilotes preexcavados.

Se deberá proveer equipo y herramientas con capacidad de excavar perforaciones 20% más profundas de lo indicado en planos y del mismo diámetro especificado. Las tolerancias de desplazamiento máximo en planta y de la alineación vertical de los pilotes preexcavados respecto a su posición en planos deberá ser la siguiente:

**Tabla 565-01**  
*Tolerancias del pilote*

<b>Diámetro del pilote</b>	<b>Tolerancia</b>
<b>Desplazamiento en planta (horizontal)</b>	
$\leq 600$ mm	75 mm
$600 \text{ mm} < \phi < 1500$ mm	100 mm
$\geq 1500$ mm	150 mm
<b>Alineación vertical</b>	
Suelo	15 mm por metro de profundidad
Roca	20 mm por metro de profundidad

- (1) Registros de perforación: Se deberán mantener registros de perforación del material excavado, realizados por un profesional (geólogo o Ingeniero) responsable debidamente inscrito en el Colegio Profesional respectivo. Los registros de perforación deberán contener al menos la siguiente información:
- Descripción y elevación aproximada del límite superior e inferior de cada estrato de suelo o material rocoso encontrado y la fecha y hora en que fue encontrado el suelo o el material rocoso.
  - Profundidad del nivel freático encontrado.
  - Equipo utilizado, tiempo requerido para perforar un pilote, los cambios de las barrenas, averías y otras dificultades encontradas.
  - Observaciones.
- (2) Perforación: El método de perforación variará en función de las condiciones de trabajo esperadas o bien, de las condiciones reales presentadas en el sitio, en caso de que estas discrepen de las condiciones esperadas con base en la información preliminar disponible.

En caso de que la perforación no presente desprendimiento de las paredes, sea que esta se encuentre seca o con humedad, se podrá realizar la excavación sin necesidad de colocar ningún sistema de encamisado temporal o definitivo. Se realizará utilizando herramientas convencionales expresamente fabricadas para estos fines, tales como barrenas, baldes de corte, baldes de limpieza, entre otros.

En caso de que existan desprendimientos de las paredes en la perforación, independientemente de la existencia de agua en la misma, se tendrá que utilizar el sistema de estabilización más adecuado respecto a las necesidades del proyecto. Dentro de estos sistemas, se puede utilizar:

- a) Encamisado metálico temporal o definitivo: Este sistema consiste en utilizar elementos cilíndricos de acero (camisas), contruidos expresamente para cumplir con su función de ademe y cuyos extremos deben tener un sistema de conexión tal que permita una unión lisa con otra camisa (por ejemplo, uniones por medio de tornillos de seguridad tipo "Verroux"), para garantizar que no existan protuberancias externas que puedan provocar problemas en las paredes de la perforación al intentar extraer las camisas, o bien, protuberancias internas que puedan generar problemas de enganche con la armadura del pilote. El encamisado deberá cumplir con lo establecido en la subsección Pilotes preexcavados y colocados en sitio (c).
- b) Lodos bentoníticos o polímeros: Pueden ser utilizados como ademe o como elementos de estabilización de las paredes de la perforación, siempre que se cumpla con lo establecido en la subsección Pilotes preexcavados y colocados en sitio (b). No se deberán utilizar lodos de perforación en materiales que estén compuestos de bloques de roca y que presenten inestabilidad. En su lugar, se deberá utilizar el sistema encamisado metálico temporal o definitivo, según los requerimientos del proyecto. En el caso de los polímeros, se deberá utilizar un aditivo que

permita la decantación de la arena, la cual deberá ser removida del fondo del pilote con ayuda del balde de limpieza.

- c) Colado de concreto pobre y reperforación: Una forma alternativa al uso de camisas y de lodos de perforación, consiste en el colado previo del pilote con concreto pobre en la zona donde se esté presentando la inestabilidad de las paredes de la perforación (incluso si esta inestabilidad surge por el desprendimiento de bloques). Se deberá colocar concreto pobre que cumpla con lo establecido en la Sección 614 Relleno de concreto pobre del CR-2020, y después de transcurrido el tiempo de fragua inicial, se procederá a reperforar para generar un anillo de concreto que se encargará de mantener estable la zona problemática. Este procedimiento puede repetirse en caso de que no sea satisfactorio el resultado de la primera reperforación. Una vez estabilizada y superada la zona problemática, se puede continuar con la perforación del pilote con ayuda de las herramientas convencionales.

Una vez terminada la perforación, con o sin sostenimiento de las paredes, en función de las necesidades de la obra, se procederá con la limpieza del fondo de la perforación, con ayuda de baldes limpiadores (herramienta específicamente construida para esta función), para colocar posteriormente la armadura de acero dentro del agujero, debidamente centralizada. Finalmente, se debe colocar la tubería Tremie o los tubos de descarga de la bomba, dentro de la perforación para colar el concreto a través de ella, según lo indicado en la subsección Concreto para los pilotes preexcavados.

Se deberá mantener el diámetro nominal especificado de la excavación antes de colocar los elementos de refuerzo y el concreto. Si el terreno presenta ablandamiento, hinchamiento o cake por uso de bentonita, y es aprobado por la Administración, se podrá incrementar el diámetro de la perforación al menos 13 milímetros y como máximo 75 milímetros. Se deberá encamisar la perforación, utilizar lodos de perforación o ambos, si la excavación continúa degradándose

e invadiendo el espacio planeado para colocar el acero de refuerzo con el recubrimiento mínimo especificado de concreto.

Cuando se encuentren en aguas abiertas y se requiera utilizar camisas permanentes, se deberá extender la camisa exterior, por encima de la elevación del nivel freático, para proteger contra la acción del agua durante la colocación y el curado del concreto. La camisa exterior se instalará de tal manera que proporcione un sello en la parte inferior de la camisa para evitar la entrada de agua o de otro material de la excavación detrás de la camisa.

Se removerá el material de excavación, otro material suelto o ambos del fondo de la perforación al finalizar la excavación. La perforación se limpiará sin dejar más de 13 milímetros de sedimento en el fondo. Si por algún motivo se requiere secar la perforación, se deberá reducir la profundidad del agua acumulada a menos de 75 milímetros antes de colocar el concreto.

No se deberán realizar excavaciones adicionales, permitir la aplicación de cargas de equipo pesado o el uso de equipo que induzca vibración u otro tipo de actividades constructivas, dentro de 4,5 metros o 3 veces el diámetro de la perforación, la que sea mayor, de cualquier construcción de un nuevo pilote por al menos 20 horas.

Se deberán rellenar las perforaciones rechazadas con concreto pobre.

(b) Lodos de perforación

Se deberá mezclar el lodo de perforación con agua potable o en su defecto agua tratada, de acuerdo con las instrucciones del fabricante para permitir la hidratación o el mezclado, antes de la introducción en la excavación de la perforación. Se deberán utilizar tanques de capacidad adecuada para la circulación, almacenamiento y tratamiento del lodo.

Si se utiliza bentonita, no se deberán utilizar agujeros excavados o la excavación del pilote para mezclar el lodo. No se permitirá agregar los componentes minerales directamente dentro de la excavación del pilote.

Se deberá realizar un riguroso control de calidad del lodo de perforación, para verificar su cumplimiento con el diseño establecido. Se deberán monitorear la densidad y el contenido de arena y verificar que cumplen con lo indicado en las *Tablas 565-02 Rangos de valores aceptables para los lodos de perforación minerales* y *656-03 Rangos de valores aceptables para los lodos de perforación a base de polímeros*.

Se deberá suministrar equipo para limitar el contenido de arena en el lodo según lo indicado en las *Tablas 565-02 Rangos de valores aceptables para los lodos de perforación minerales* y *656-03 Rangos de valores aceptables para los lodos de perforación a base de polímeros*. Se deberá verificar el contenido de arena inmediatamente antes de la colocación del concreto.

No se requerirá desarenar para colocar las camisas temporales, los postes de las señales o para las fundaciones de los postes de iluminación.

**Tabla 565-02**
*Rangos de valores aceptables para los lodos de perforación minerales*

<b>Propiedad</b>	<b>En el agujero, al momento del ensayo de colocación</b>	<b>Método</b>
Densidad <sup>(1)</sup> (kg/m <sup>3</sup> )	1025 – 1153	API 13B-1 <sup>(2)</sup> , sección 1 “Balance de densidad”
Viscosidad (s/l)	30 - 53	API 13B-1 <sup>(2)</sup> , sección 2.2 “Cono Marshall”
pH	8 – 11	Papel de pH o medidor de pH
Contenido de arena (%)	4,0 máximo	API 13B-1 <sup>(2)</sup> , sección 5

Notas:

(1) Los valores de densidad mostrados son para agua dulce. Se deberá incrementar 23 kg/m<sup>3</sup> para agua salada. Realizar el ensayo cuando la temperatura del lodo de perforación se encuentre por encima de los 4,5 °C.

(2) Instituto Americano del Petróleo (American Petroleum Institute), API 13B-1 “Práctica recomendada para ensayos en campo para fluidos de perforación a base de agua”.

**Tabla 565-03**
*Rangos de valores aceptables para los lodos de perforación a base de polímeros*

<b>Propiedad</b>	<b>En el agujero, al momento del ensayo de colocación</b>	<b>Método</b>
Densidad <sup>(1)</sup> (kg/m <sup>3</sup> )	1025 máximo	API 13B-1 <sup>(2)</sup> , sección 1 "Balance de densidad"
Viscosidad (s/l)	34 - 143	API 13B-1 <sup>(2)</sup> , sección 2.2 "Cono Marshall"
pH	8 – 11 <sup>(3)</sup>	Papel de pH o medidor de pH
Contenido de arena (%)	1,0 máximo	API 13B-1 <sup>(2)</sup> , sección 5

**Notas:**

(1) Los valores de densidad mostrados son para agua dulce. Se deberá incrementar 23 kg/m<sup>3</sup> para agua salada. Realizar el ensayo cuando la temperatura del lodo de perforación se encuentre por encima de los 4,5 °C.

(2) Instituto Americano del Petróleo (American Petroleum Institute), API 13B-1 "Práctica recomendada para ensayos en campo para fluidos de perforación a base de agua".

(3) El valor del pH puede encontrarse fuera de este rango dependiendo de la recomendación del fabricante.

Se deberá mantener el nivel del lodo dentro de la excavación al menos 1,5 metros sobre el nivel piezométrico del agua y a un nivel lo suficientemente alto para evitar el derrumbe de la excavación.

Cuando exista una pérdida significativa del lodo en la perforación, se deberá detener la perforación y se tomarán las medidas correctivas para evitar la pérdida del lodo. Se deberá evitar el asentamiento del lodo en la excavación. Si en algún momento, el método de construcción con lodos no produce los resultados finales deseados, se deberá suspender el uso y utilizar un método alternativo aprobado por la Administración.

Durante la excavación de la perforación y hasta la colocación del concreto, se deberá mantener la densidad, viscosidad y pH del lodo de perforación dentro de los rangos aceptables mostrados en las Tabla 2 y Tabla 3, para bentonitas y a base de polímeros respectivamente. Se deberán tomar muestras del lodo utilizando una herramienta de muestreo aprobada por la Administración. Se deberán extraer muestras de la base y a 3 metros de la base de la perforación. Se deberán realizar 4 grupos de ensayos durante las primeras 8 horas de uso del lodo. Cuando los resultados sean aceptables y consistentes se puede reducir la frecuencia de ensayos a uno por cada 4 horas de uso del lodo.

Cuando una muestra del lodo es inaceptable, se deben hacer las correcciones necesarias para hacer que se encuentre dentro de las especificaciones. No se

debe colocar el concreto hasta que los resultados del nuevo muestreo y ensayo indiquen valores aceptables según la Tabla 3. Se deberá desechar el lodo en una manera ambientalmente aceptable en un lugar aprobado por la Administración.

(c) Camisas

Se deberán instalar camisas temporales para prevenir el desprendimiento de la parte superior de la excavación, a menos que se demuestre satisfactoriamente y se apruebe por parte de la Administración que no es necesario colocar camisas superficiales. Se deberán instalar camisas temporales independientemente del método de excavación, cuando las condiciones de la pared de la perforación justifiquen la estabilización o mitigación adicional de la infiltración excesiva de agua subterránea.

Se deberán utilizar camisas de acero que sean lisas, limpias y estancas, con la resistencia necesaria para soportar los esfuerzos de manipulación e instalación y las presiones del concreto y del suelo circundante. En los planos se deberán indicar todos los diámetros externos de las camisas. El diámetro de una camisa deberá cumplir con las tolerancias aplicables para la tubería de acero regular del Instituto Americano del Petróleo (American Petroleum Institute). El diámetro exterior de la camisa no deberá ser menor que el tamaño especificado del pilote.

Se deberán instalar las camisas para producir un cierre hermético en el fondo que evite la socavación de agua u otros materiales dentro o fuera de la perforación. Si se necesita extraer una camisa, se deberá estabilizar la excavación con lodo, relleno u otro método aprobado por la Administración, antes de instalar la nueva camisa. Cuando se excave bajo el nivel freático, se deberá mantener un nivel adecuado de agua o lodo dentro de la perforación, de manera que se evite socavación o desprendimientos de material, en el fondo de la perforación.

Todas las camisas subterráneas se considerarán temporales, a menos que la Administración señale lo contrario. Se deberá retirar la camisa antes de concluir la colocación del concreto en cualquier pilote que requiera ademado. Durante la extracción de la camisa, se debe tener cuidado de mantener un nivel adecuado de concreto dentro de la camisa, de forma que el líquido atrapado detrás de la camisa sea desplazado hacia arriba y sea descargado en la superficie del terreno sin contaminar o desplazar el concreto del pilote.

Aquellas camisas temporales, que se han atascado o dañado durante la construcción del pilote y no puedan ser removidas de manera práctica, se considerarán como un defecto en el pilote preexcavado. Se deberán corregir los pilotes preexcavados defectuosos, usando métodos aprobados por la Administración. Las acciones correctivas pueden consistir, pero no están limitadas a lo siguiente:

- (1) Remover el concreto del pilote y extender el pilote a una mayor profundidad para compensar la pérdida de la capacidad de fricción en la zona ademada.
- (2) Ampliar el pozo a ambos lados para compensar la pérdida de capacidad.
- (3) Proporcionar un pilote de reemplazo.

Cuando una camisa se designa como permanente, se debe cortar en la elevación requerida y dejarlo en el sitio.

#### **565.05 ACERO DE REFUERZO PARA PILOTES PREEXCAVADOS Y COLOCACIÓN DE TUBOS DE ACCESO PARA EL ENSAYO DE REGISTROS SÓNICOS CRUZADOS (CROSSHOLE-CSL)**

Se deberá realizar el trabajo del acero de refuerzo de acuerdo con la Sección 554 Acero de refuerzo del CR-2020. Se deberá amarrar firmemente los empalmes del acero de refuerzo con alambre y con puntos de soldadura cuando el peso de la armadura no sea soportado solo por el alambre. Se deberá amarrar y sostener el acero de refuerzo de manera que se mantenga dentro de las tolerancias indicadas en la *Tabla 565-04 Tolerancias en la colocación de la armadura del pilote preexcavado*.

Se deberán atar firmemente los espaciadores u otros dispositivos de espaciamiento aprobados por la Administración en las quintas partes (cada 72 grados) alrededor del perímetro de la armadura. Estos se deberán espaciar en intervalos que no excedan los 3 metros, a lo largo de la longitud de la armadura. Se deben utilizar espaciadores de un material aprobado por la Administración, con una calidad y durabilidad por lo menos igual a la del pilote preexcavado de concreto.

**Tabla 565-04***Tolerancias en la colocación de la armadura del pilote preexcavado*

<b>Posición de la armadura</b>	<b>Tolerancia</b>
Desplazamiento por encima del nivel especificado	150 mm
Desplazamiento por debajo del nivel especificado	75 mm
Desplazamiento del centro de la excavación	± 38 mm

Se instalarán tubos de acero para el acceso del ensayo de Registros Sónicos Cruzados (CSL por sus siglas en inglés), en la localización especificada de acuerdo con la norma ASTM D6760. El tubo de acceso se deberá extender al menos 600 milímetros sobre la parte superior del pilote y como máximo 75 milímetros sobre el fondo de este.

Se deberá proveer una tubería de al menos 38 milímetros y hasta 50 milímetros de diámetro nominal cédula 40 de acero negro según la norma ASTM A53, de cualquier grado, tipo E, F o S. Se deberá proveer un tapón impermeable en la parte final del fondo del tubo y hacer juntas impermeables. Se deberán llenar los tubos de CSL con agua antes de colocar el concreto en la perforación del pilote. La parte superior de los tubos de CSL se sellarán temporalmente para prevenir el ingreso de escombros o concreto.

Se deberá colocar la armadura de acero de refuerzo, inmediatamente después de que la excavación del agujero se ha inspeccionado y aprobado por la Administración, y antes de la colocación del concreto. Si no se coloca el concreto inmediatamente después de que se instala la armadura, se puede requerir retirar la armadura antes de colocar el concreto para comprobar la integridad del área excavada para garantizar que el material suelto se ha retirado del fondo de la perforación. Se deberán manipular

las armaduras de refuerzo de manera que se evite la distorsión o deformación transversal del acero.

Durante la colocación del concreto, se deberán proveer soportes adecuados para la armadura de acero desde la parte superior. Se deberá mantener la parte superior de la armadura de acero de refuerzo a no más de 150 milímetros por encima y a no más de 75 milímetros por debajo de la posición requerida. Si la armadura de acero de refuerzo no se mantiene dentro de las tolerancias indicadas, se deberán realizar las correcciones oportunas. No se deberán construir pilotes adicionales hasta que el método de soporte de las armaduras de acero de refuerzo haya sido aprobado por la Administración.

No se procederá con la instalación subsecuente para otros pilotes hasta que el ensayo de CSL se haya completado en el primer pilote y los resultados hayan sido aprobados por escrito por la Administración. La aprobación para proceder con la construcción de los subsecuentes pilotes antes de recibir la aprobación de la Administración del primer pilote se basará en lo siguiente:

- (a) Conformidad del contratista con el plan de instalación del pilote aprobado.
- (b) Informes diarios del contratista y registros diarios del inspector de la excavación, la colocación del acero de refuerzo y del concreto.
- (c) Registros de colocación del concreto, incluyendo el control de volumen.

La Administración proveerá la notificación por escrito de la aprobación de la construcción de los siguientes pilotes después de completar el primer pilote. Si la Administración determina que la calidad del primer pilote no es adecuada y no se acepta dicho pilote, no se podrá realizar ningún trabajo de los siguientes pilotes hasta que los resultados del ensayo de CSL del primer pilote estén disponibles y hayan sido revisados y sean aceptados por escrito por la Administración.

Después de que el primer pilote haya sido aceptado, no se deberá cambiar el método constructivo, el equipo o el material utilizado para la construcción de los siguientes pilotes, a menos que exista la aceptación por parte de la Administración de algún cambio.

### **565.06 CONCRETO PARA LOS PILOTES PREEXCAVADOS**

Se deberá moldear el pilote al menos 600 milímetros por encima del nivel del terreno terminado.

Se deberá retirar la porción superior del concreto del pilote colado en sitio antes de continuar con la construcción de los elementos. Esta porción depende de la diferencia de altura "Z", entre el nivel teórico de la cabeza del pilote y la plataforma de trabajo, de modo que la porción a retirar deberá ser al menos:

- (a)  $0,3*(1+Z)$ , si Z es menor que 5 metros.
- (b) 1,80 m, si Z es mayor que 5 metros.

Cuando la parte superior del pilote está sobre la plataforma de trabajo, se deberá utilizar un encofrado removible u otros medios aprobados por la Administración, para lograr este objetivo. Se pueden retirar los encofrados cuando se haya cumplido los requisitos de la Subsección 562.08 Remoción del CR-2020, y el pilote de concreto no haya estado expuesto a agua salada o agua en movimiento durante 7 días. Se deberán retirar los encofrados sin dañar el concreto.

Se deberá colocar el concreto inmediatamente después de completar toda la excavación y cuando la armadura del acero de refuerzo junto con los tubos de acceso para el ensayo de CSL se encuentren en su sitio.

Se deberá suministrar concreto que pueda ser colocado bajo el agua. La resistencia que deberá cumplir el concreto será la indicada en el diseño y planos constructivos. Deberá contar con un tamaño máximo del agregado grueso entre 19 a 12,5 milímetros, con una cantidad de agregado fino entre 45 a 55% del volumen total de agregados, un contenido mínimo de cemento de 350 kilogramos por metro cúbico y una relación máxima de agua – cemento de 0,45. Deberá contar con un asentamiento de  $200 \pm 20$  milímetros (mm), durante el proceso de colado del pilote. Se deberá demostrar mediante resultados de ensayos de laboratorio que la mezcla del concreto que se utilizará para los pilotes preexcavados cuenta con las siguientes propiedades, que se asocian a la capacidad de la mezcla de consolidarse bajo su propio peso:

- (a) Capacidad de llenado, evaluado con la norma AASHTO T349.
- (b) Capacidad de paso, evaluado con la norma INTE C24 (ASTM C1621).
- (c) No segregable, evaluado con la norma INTE C25 (ASTM C1610) y el índice de estabilidad visual de la norma INTE C23 (ASTM C1611).

Caso contrario, se deberá utilizar concreto autocompactable que cumpla con lo establecido en la Subsección 552.11 Concreto hidráulico autocompactable del CR-2020, tomando en consideración las propiedades del concreto para pilotes y lo indicado por el Ingeniero responsable del diseño.

No se debe utilizar concreto de sello por encima de la zona de humedecimiento/secado de la perforación. Se debe colocar el concreto bajo el agua de acuerdo con la Subsección 552.12 (e) Colocación bajo el agua del CR-2020, excepto por las modificaciones presentadas aquí. El método de colocación del concreto bajo el agua debe ser aprobado por la Administración.

Se deberán proporcionar los aditivos de acuerdo con las condiciones del proyecto para garantizar que el concreto posea el asentamiento o flujo de asentamiento requerido durante el colado completo del pilote. Se deberán proveer los resultados de los ensayos de la campaña de diseños de mezcla y de la pérdida de asentamiento o flujo de asentamiento para el concreto, realizadas a temperaturas ambiente, de acuerdo con lo dispuesto por la normativa asociada.

Se deberá colocar cada batida de concreto dentro de un período de 4 horas desde la preparación del concreto. Se pueden permitir tiempos de colocación mayores si se demuestra que la mezcla de concreto mantiene el asentamiento o flujo de asentamiento, mínimo requerido para completar el colado del pilote. No se deberá remezclar el concreto que ha desarrollado su fraguado inicial.

Se deberá colocar el concreto en una operación continua desde la parte inferior hasta la parte superior del pilote, permitiendo realizar operaciones de muestreo del concreto para su control de calidad.

Se deberá continuar colocando concreto hasta que alcance la cota final de vaciado y se garantice que el concreto cuente con las características del diseño.

Se deberá colocar el concreto utilizando algunos de los siguientes métodos:

(a) Tubería Tremie

Las tuberías Tremie pueden usarse para colocar concreto en excavaciones secas o húmedas. Una tubería Tremie consiste en una tolva y un tubo de suficiente longitud, masa y diámetro para descargar concreto en la base de la perforación. No se permite utilizar tubería Tremie que tenga partes de aluminio que vayan a estar en contacto con el concreto. Las superficies internas y externas de las tuberías Tremie deberán estar limpias y lisas. La pared deberá ser suficientemente gruesa para evitar dobleces o abolladuras. El diámetro interno del tubo deberá tener un tamaño igual a por lo menos 6 veces el tamaño máximo del agregado utilizado en la mezcla de concreto y no deberá ser menor que 250 milímetros.

Para las perforaciones húmedas, se deberán utilizar tuberías Tremie herméticas de acuerdo con la Subsección 552.12(e) Colocación bajo el agua del CR-2020. El extremo de descarga de la tubería Tremie se construirá de tal forma que permita un flujo radial libre del concreto durante la colocación.

Se deberá colocar la descarga de la tubería Tremie en la elevación de la base del pilote. La tubería Tremie deberá levantarse del fondo de la excavación un mínimo de 100 milímetros y un máximo de 200 milímetros para permitir el inicio de la colocación del concreto.

El concreto deberá colocarse con un flujo constante. Se deberá mantener la descarga de la tubería Tremie sumergida al menos 3 metros por debajo de la superficie del concreto fluido. Se deberá mantener una carga positiva de concreto en la tubería Tremie todo el tiempo.

Si en algún momento durante la colocación del concreto la descarga de la tubería Tremie llega a estar por encima de la superficie de la columna de

concreto fluido, se deberá descartar el pilote y proceder a su reconstrucción. Adicionalmente si se presenta una situación que comprometa el correcto colado del pilote, se deberá proceder con su reconstrucción, en caso de que se requiera y pueda mantener el punto. Caso contrario se deberá proceder con su sustitución, con el esquema definido por el diseñador y aprobada por la Administración.

(b) Bombeo

Se puede utilizar la colocación de concreto con bomba en las perforaciones secas y húmedas. Se deberá colocar el tubo de descarga en la elevación de la base del pilote. El diámetro interno de la manguera deberá ser mayor que 125 milímetros.

La manguera que se utilizará para el bombeo de concreto se deberá colocar a mínimo 100 milímetros y máximo 200 milímetros del fondo de la excavación para permitir el inicio de la colocación del concreto.

Para las perforaciones húmedas, se deberá emplear un tubo de descarga sellado de acuerdo con la Subsección 552.12 (e) Colocación bajo el agua del CR-2020. Si se utiliza un tapón, se deberá extraer de la perforación o se deberá utilizar un tapón hecho de un material que evite que se produzca un defecto en el pilote en caso de que no sea removido. Se deberá colocar el concreto con flujo constante. Se deberá mantener el tubo de descarga de la bomba sumergido por lo menos 4,5 metros bajo la superficie de concreto fluido.

Si en algún momento durante la colocación del concreto la descarga de la manguera de la bomba por encima de la superficie de la columna de concreto fluido, se deberá descartar el pilote y proceder a su reconstrucción. Adicionalmente si se presenta una situación que comprometa el correcto colado del pilote, se deberá proceder con su reconstrucción, en caso de que se requiera y pueda mantener el punto. Caso contrario se deberá proceder con su sustitución, con el esquema definido por el diseñador y aprobado por la Administración.

**565.07 ENSAYOS DE INTEGRIDAD**

## (a) Ensayos

Se deberán realizar los ensayos de integridad en los pilotes que indique la Administración de acuerdo con la norma ASTM D6760, en la cantidad de pilotes de producción indicada en la *Tabla 565-05 Ensayos de integridad a pilotes preexcavados*, dependiendo de la funcionalidad del pilote y la presencia de nivel freático (NF) en la excavación. El ensayo CSL deberá encontrarse acreditado.

**Tabla 565-05***Ensayos de integridad a pilotes preexcavados*

<b>Funcionalidad del pilote</b>	<b>Cantidad de pilotes de producción</b>	
Cimentación (carga axial)	Con NF	100 %
	Sin NF	50 %
Pantalla (carga lateral)	Con NF	50 %
	Sin NF	25 %

Se podrá disminuir la cantidad de los ensayos indicados anteriormente a criterio del profesional responsable del diseño con aprobación de la Administración, siempre y cuando no sea menor que el 20% o 5 pilotes, lo que sea mayor.

Se deberán realizar los ensayos a los pilotes entre 3 y 21 días después de la colocación del concreto. Antes de realizar los ensayos de CSL, se deberá proporcionar a la Administración información precisa tal como: elevaciones de la base y de la punta del pilote, longitudes de los tubos de acceso, posiciones de los tubos inspeccionados y la fecha de la colocación del concreto. Se deberán realizar los ensayos entre todos los tubos del pilote, incluyendo los tubos de acceso adyacentes perimetrales y diagonalmente entre los tubos.

Si los tubos de acceso no son aceptables para ser ensayados (por ejemplo: los tubos no están verticales, el tubo no retiene el agua, si no existe adherencia entre el tubo y el concreto, si existen obstrucciones en el tubo, entre otros) se deberá proporcionar tubos de acceso de reemplazo mediante la perforación de un agujero a la profundidad apropiada o se debe proponer un método de ensayo alternativo que sea aceptable para la Administración.

Después de que se han completado los ensayos de integridad, la inspección y el análisis de la información han sido aprobados por la Administración, se deberán llenar desde el fondo los tubos de acceso con una lechada de cemento.

(b) Resultados de ensayos e informe

Se deberán presentar a la Administración los resultados preliminares para cada pilote ensayado antes que el personal que realizó el ensayo CSL abandone el sitio. Dentro de los 5 días hábiles después de realizar el ensayo, se deberá entregar a la Administración en digital, un informe detallado de los registros sísmicos cruzados y todos los datos del ensayo. Antes de realizar cualquier construcción adicional sobre el pilote ensayado y antes de entregar el informe final escrito, se debe otorgar 5 días hábiles a la Administración para que realice la revisión de la información.

En el informe del ensayo de CSL se debe incluir la siguiente información:

- (1) Identificación del proyecto y fechas de ensayo.
- (2) Tabla y esquema donde se muestre los pilotes ensayados con sus respectivas coordenadas y, la identificación y distancia por encima de la cota del concreto correspondiente a cada tubo.
- (3) Nombre del personal que realizó e interpretó el ensayo.
- (4) Equipo utilizado.
- (5) Registros de los datos y un gráfico de cascada de éstos.
- (6) Gráficos en un sistema de coordenadas XY de los tiempos de llegada, la amplitud y la velocidad con respecto a la profundidad.
- (7) Interpretación, análisis y resultados.

Se deberán realizar un análisis de resultados del ensayo CSL siguiendo el criterio que se indica a continuación:

**Tabla 565-06**
*Clasificación de condición del pilote de acuerdo con el ensayo CSL*

Condición	Decremento de velocidad o Incremento del PTA (%)	Reducción de energía "E" (dB)
Bueno (G) <sup>(1)</sup>	≤10	E < 6
Cuestionable (Q) <sup>(1)</sup>	11-20	6 ≤ E < 9
Pobre / falla (P/F) <sup>(2)</sup>	21-30	9 ≤ E ≤ 12
Pobre / Defecto (P/D) <sup>(2)</sup>	>30	E > 12

PTA: Primer tiempo de arribo

Notas:

(1) Debe cumplir ambos criterios

(2) Debe cumplir alguno de los dos criterios

Esta clasificación se deberá realizar para cada uno de los perfiles del pilote ensayado. En caso de requerir construir imágenes tridimensionales en zonas anómalas, se deberá recolectar y procesar información adicional suficiente que permita la construcción de este modelo.

### 565.11 PAGO

En caso de que la Administración apruebe que se realicen los ensayos de carga para verificar condiciones de desempeño del pilote o para optimizar el diseño de la obra propuesta, el costo de los ensayos será asumidos por la Administración según el precio señalado en el Contrato. Si el Contratista propone optimizar el diseño o prefiere realizar un ensayo de placa en un pilote que se encuentre en la situación indicada en la subsección 565.08(b)(2) Aceptación del CR-2020, será él quien asuma los costos.

Las cantidades aceptadas se pagarán de acuerdo con el precio del Contrato por unidad de medida para los ítems de pago listados, a excepción del precio unitario del Contrato para los pilotes preexcavados, el cual se ajustará de acuerdo con la Subsección 107.05 Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor pago del CR-2020.

El pago se hará como sigue:

REGLÓN DE PAGO	DESCRIPCIÓN DEL REGLÓN	UNIDAD DE PAGO
CR.565.01	Pilotes preexcavados y colados en sitio, diámetro _____	m
CR.565.02	Ensayo de carga tipo _____	u

## **5.8. SECCIÓN 567 JUNTAS IMPERMEABILIZANTES DEL AGUA**

### **567.03 JUNTAS IMPERMEABILIZANTES DE COBRE**

Se usan láminas de cobre del espesor, ancho y forma requeridos. Se soldarán las uniones para obtener una junta continua resistente al paso de agua.

### **567.04 JUNTAS IMPERMEABILIZANTES DE HULE**

Antes de instalarlas se presentará para aprobación lo siguiente:

- (a) Información sobre la prueba de desempeño.
- (b) Muestra de 1 metro de largo, de cada tipo de junta impermeabilizante requerida.
- (c) Por lo menos una unión o empalme hecho en campo, si se van a usar empalmes.

Las juntas impermeabilizantes se moldearán con una sección transversal y un espesor uniformes.

Las conexiones especiales deben tener la moldura completa de la junta impermeabilizante. Se suministrarán secciones de unión, bien curadas, densas, sin porosidad, homogéneas, y libres de defectos.

Se construirán uniones de juntas impermeabilizantes, que sean densas y homogéneas a lo largo de toda la sección transversal. Las uniones resistentes al agua, vulcanizándolas o por medios mecánicos. Se construirán uniones de juntas impermeabilizantes, de tal manera que soporten un esfuerzo a la tensión de por lo menos el 50% del esfuerzo a la tensión reportado, del hule que se use en la junta impermeabilizante.

### **567.05 JUNTAS IMPERMEABILIZANTES PLÁSTICAS**

Antes de la instalación, se someterá a aprobación por lo menos una muestra de la unión de una junta impermeabilizante. Se calentarán las secciones de acuerdo con las instrucciones del fabricante, para sellarlas. Se construirán uniones de tal manera que tengan una resistencia a la tensión de por lo menos el 80% de la resistencia a la tensión reportada del plástico usado en la junta impermeabilizante.

### **567.06 COLOCACIÓN DE JUNTAS IMPERMEABILIZANTES**

Se colocarán y fijarán cuidadosamente las juntas impermeabilizantes. Se tomarán precauciones para evitar que las juntas impermeabilizantes sean desplazadas o dañadas durante las operaciones de construcción, u otras actividades. Se mantendrán todas las superficies de las juntas, libres de aceites, grasas, mortero seco o cualquier otro material extraño, hasta que queden embebidas en concreto. Se asegurará, que las secciones embebidas de la junta impermeabilizante sean cubiertas completamente con un concreto denso.

### **567.09 PAGO**

Las cantidades aceptadas, medidas según las disposiciones que anteceden, serán pagadas al precio del Contrato por unidad de medida de acuerdo con los renglones de pago establecidos a continuación.

El pago se hará como sigue:

<b>REGLÓN DE PAGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL REGLÓN</b>	<b>UNIDAD DE PAGO</b>
CR.567.01	Junta impermeabilizante _ancho	m
CR.567.02	Junta impermeabilizante	glb

## **5.9. SECCIÓN 569 ENCOFRADO Y ANDAMIAJE**

### **569.06 FUNDACIONES PARA EL ANDAMIAJE**

Se verificarán en campo todos los niveles de la fundación propuesta en su sitio, antes de diseñar.

Cuando se usen fundaciones distribuidas, se determinará la capacidad de soporte del suelo. La capacidad máxima de soporte para un material de fundación, que no sea roca, es 190 kilopascales.

No se colocará la esquina de una fundación a menos de 300 milímetros del hombro del talud, ni a menos de 1,2 metros de excavaciones, a menos que sea soportada adecuadamente.

Cuando se use una fundación de pilotes, debe estar de acuerdo con la Sección 551 Hincas de pilotes del CR-2020.

Se protegerá la fundación contra efectos adversos, durante su uso. Se informarán a la Administración las acciones que tomarán, para proteger la fundación.

#### **569.07 ANDAMIAJE SOBRE O ADYACENTE A CARRETERAS Y FERROCARRILES**

Se diseñarán y construirán los andamios protegidos contra impactos de vehículos.

Se proveerán accesorios adicionales para asegurar que los andamios permanecerán estables, si están sujetos al impacto de vehículos. Se usarán cargas de diseño vertical para los andamios, postes, columnas y torres (no para las fundaciones) que sean mayores o iguales que las siguientes:

- (a) 150% de la carga de diseño calculada de acuerdo con la Subsección 562.03 Diseño del CR-2020, pero que no incluya ningún incremento o reajuste de cargas, causado por los esfuerzos de postensión.
- (b) El incremento o reajuste de las cargas producidas por los esfuerzos de postensión.

Se instalarán barreras temporales de tráfico antes de erigir las torres de andamios o columnas adyacentes a una carretera en operación. Se localizarán las barreras en tal forma que las fundaciones de los andamios o pilotes estén a por lo menos 75 milímetros, de las barreras de concreto para el tráfico, y todos los otros miembros del andamiaje, a no menos de 300 milímetros libres. No se removerán las barreras hasta que su retiro sea aprobado.

#### **569.08 ANDAMIAJE PARA ESTRUCTURAS DE ACERO**

- (a) Se usarán cargas de diseño que consistan en los pesos del acero estructural, la carga del equipo de erección y todas las otras cargas soportadas por los andamios.
- (b) Se diseñarán los andamios y encofrados para el concreto soportado en estructuras de acero, en tal forma que las cargas que se aplican al alma de la viga caigan dentro de los 150 milímetros del ala de la viga o el atiesador. Se distribuirán las cargas de tal manera, que no produzcan distorsión local en el

alma. No se usarán encofrados en voladizo para la losa, que requiera de agujeros taladrados en las almas de las vigas.

- (c) Se colocarán puntales y separadores rigidizadores que soporten las vigas exteriores del andamiaje de las losas en voladizo, a las vigas interiores para prevenir, distorsión y sobreesfuerzos del alma de la viga exterior.
- (d) No se aplicarán cargas a las estructuras existentes, nuevas, o parcialmente construidas, que excedan la capacidad soportante, de cualquier parte de la estructura, de acuerdo con el factor de carga del método de diseño del AASTHO Bridge Design Specifications usando las cargas del grupo IB.
- (e) Se construirán andamios de soporte de acuerdo con el método propuesto de erección, sin sobrecargar el acero estructural, y produciendo una estructura con la geometría final pedida y la continuidad solicitada.

#### **569.09 CONSTRUCCIÓN DE ANDAMIAJES**

Se construirán andamios de acuerdo con los planos presentados y aprobados.

Cuando se requiera soldadura, se presentará la certificación como soldador, para cada operario de acuerdo con la Subsección 555.18 Soldadura del CR-2020.

Se dejarán contraflechas en los andamios para compensar su deflexión y la deflexión prevista de la estructura. Las contraflechas mostradas en los planos o especificadas por la Administración se aplican solamente a la deflexión prevista de la estructura.

Se colocarán indicadores del movimiento en el encofrado de concreto, y en lugares estratégicos, en tal forma que permitan, desde tierra, determinar el asentamiento total de la estructura, durante la colocación del concreto.

No se aplicarán cargas muertas sin autorización, a otros tipos de andamios que no sean encofrados de acero.

Se detendrá la colocación del concreto y se tomarán las acciones correctivas, si se presentan imprevistos, incluyendo asentamientos, que causen desviación en los andamios de más de 10 milímetros que lo mostrado en los planos. Si no se toman

acciones correctivas satisfactorias antes del fraguado inicial, se removerá todo el concreto inaceptable.

### **569.10 ENCOFRADOS**

Para superficies expuestas de concreto se usará madera terciada clase I para exteriores, o cualquier otro material que deje una superficie lisa y uniforme. Se usarán tableros de encofrado o paneles que estén en buena condición, sin defectos en la superficie expuesta. Si se usan tableros de encofrado que no sean de madera terciada, deben tener condiciones de trabajo igual o mejor al material especificado.

Se proveerán y colocarán los tableros de encofrado de las superficies expuestas, en anchos y altos uniformes, previa aceptación de la Administración.

Se colocarán los tableros de encofrado en forma simétrica respecto a las líneas o esquinas de la estructura. Se colocarán tableros para superficies verticales con la dimensión mayor en posición vertical y con sus juntas niveladas y continuas.

#### (a) Encofrados de losas permanentes

Se pueden usar encofrados permanentes solamente cuando el Contrato lo permite.

Los encofrados permanentes de losas de puente y soportes se fabricarán de acuerdo con ASTM A653M, designación de acabado 2600, en cualquier graduación, excepto la 340, clase 3.

Se instalarán los encofrados de acuerdo con los planos aceptados de fabricación y erección. No se soldará ningún soporte a las alas del acero que se considere que no deben soldarse, o a las partes del ala que están sujetas a esfuerzos de tensión.

#### (b) Encofrados sin uso

Se almacenarán los encofrados en un sitio seco, para evitar deformaciones. Se asegurarán los encofrados, usando anclajes y atiesadores que dejen un mínimo de metal o cualquier otro material de soporte expuesto en el fondo de la losa acabada.

Se impermeabilizará la superficie exterior del encofrado. Se sellarán los extremos del encofrado en forma que el mortero no escape. Se usará relleno de hule premoldeado, de 6 milímetros de espesor, como junta alrededor del perímetro de la pieza, para permitir expansión.

(c) Encofrados metálicos

Las especificaciones del encofrado relativas al diseño, sello para mortero, ajuste de esquinas, arriostre, alineamiento, remoción, reutilización y desmoldantes, también se aplican a encofrados metálicos.

### **569.11 REMOCIÓN DE ENCOFRADOS Y ANDAMIOS**

Se removerán todos los encofrados, excepto lo que sigue:

- (a) Pisos interiores de encofrado de vigas de losas o vigas cajón coladas en sitio.
- (b) Encofrados de la parte interna de áreas vacías en el interior de miembros prefabricados.
- (c) Encofrados en bastiones o pilas, cuando no hay acceso permanente dentro de las celdas o áreas vacías.

Los encofrados que no soportan la carga muerta de piezas de concreto y encofrados para barandas y barreras, pueden ser quitadas 24 horas después de que el concreto ha sido colado. Se protegerán las superficies de concreto expuesto a daños. Se curarán todas las superficies expuestas de concreto de acuerdo con la sección encofrados y andamiaje del presente documento, si los encofrados son removidos antes de 7 días después de la colocación del concreto.

No se removerán los encofrados y andamios hasta que los requisitos de resistencia y tiempo de la *Tabla 569-03 Criterio de soporte mínimo para remoción de encofrados*, se hayan alcanzado.

Se removerán los andamios de puentes de arco en forma uniforme y gradual. Se iniciará la remoción en la corona y se trabajará hacia la línea de arranque. Se quitarán los andamios de los arcos adyacentes en forma simultánea.

No se removerán los andamios de porciones postensadas de estructuras hasta que el acero de postensión, haya sido tensado.

No se removerán los andamios que soportan la losa de una estructura rígida, excluyendo alcantarillas de cuadro, hasta que el material de relleno haya sido colocado y compactado contra las patas verticales del marco.

**Tabla 569-03***Criterio de soporte mínimo para remoción de encofrados*

<b>Elemento estructural</b>	<b>Porcentaje de la resistencia especificada a los 28 días (<math>f'_c</math>)</b>	<b>Mínimo número de días desde la última colada</b>
a. Columnas y paredes (Sin soporte de cargas)	50	3
b. Pilas, bastiones y estribos masivos (sin soporte de carga)	50	3
c. Vigas cajón	80	14
d. Vigas simplemente apoyadas, vigas T, losas de puentes, viga cabezal de pilas, losas de concreto, alcantarillas de cuadro	80	14
e. Losas y voladizos soportados sobre viguetas de acero o vigas de concreto postensado	70	10
f. Cabezales de pilas soportados en forma continua	60	7
g. Arcos, luces continuas de puentes, marcos rígidos	90	21

Se removerán todos los materiales de andamiaje y los pilotes de andamios por lo menos hasta 0,5 metro bajo la superficie del suelo original. Cuando los pilotes de andamios fueran hincados dentro de los límites de la excavación de la zanja o canal, se removerán los pilotes por lo menos hasta 0,5 metro bajo el fondo y también los de las áreas excavadas de taludes laterales.

Se dejarán los encofrados de las fundaciones construidas dentro de presas, cuando su remoción pondría en peligro la seguridad de la presa, y cuando los encofrados no sean visibles en la estructura terminada.

Se removerán todos los otros encofrados que estén sobre o bajo el nivel de agua.

**569.14 PAGO**

No se medirán los encofrados y los andamios para pago.

## **ANEXO 1. GUÍA DE INSPECCIÓN**

## **1. DESCRIPCIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN TÉCNICA**

En esta sección se establecen los procedimientos que se deben llevar a cabo para el adecuado uso de la documentación técnica elaborada para los procesos de inspección. Consiste en los instructivos denominados “Inspección de construcción de estructuras de puentes” (ITP-II-24) y “Medidas de seguridad para las actividades de inspección de puentes” (ITP-II-25), listas de verificación, registro e informe de inspección.

Dentro del instructivo y las listas de verificación desarrolladas, las secciones y subsecciones se encuentran numeradas según la numeración establecida en el “Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes (CR-2020)” del MOPT.

### **1.1. INSTRUCTIVO “INSPECCIÓN DE CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE PUENTES” (ITP-II-24)**

**1.1.1.** Documento en el cual se describen los lineamientos y las principales actividades que se deben seguir para inspeccionar las diferentes estructuras que componen los puentes. Además, en él se establece el equipo general y específico para desarrollar cada actividad.

**1.1.2.** Se basa en el “CR-2020”.

**1.1.3.** Algunas secciones o subsecciones del “CR-2020” no se presentan en el instructivo, debido a que corresponden a las etapas de diseño y planificación, las cuales son ajenas al proceso de inspección en campo.

**1.1.4.** Es imprescindible que el inspector lea, estudie y domine este instructivo, como los documentos que en él se mencionan, previo a las labores de inspección para que estas se desarrollen adecuadamente.

### **1.2. INSTRUCTIVO “MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA LAS ACTIVIDADES DE INSPECCIÓN EN PUENTES” (ITP-II-25)**

**1.2.1.** Documento en el cual se describen las medidas de seguridad indispensables para prevenir y contrarrestar cualquier riesgo que pueda atentar contra la seguridad y el desarrollo de las actividades de inspección.

- 1.2.2.** Se presentan las medidas que se deben mantener en diferentes escenarios como lo son escaladas, espacios confinados y control de tráfico.
- 1.2.3.** Es fundamental que el inspector lea, estudie y domine este instructivo para que se desarrollen conductas, hábitos y actitudes favorables para el control de riesgos durante la ejecución de las inspecciones.

### **1.3. LISTAS DE VERIFICACIÓN**

- 1.3.1.** Consisten en una serie de especificaciones técnicas redactadas en forma de preguntas, basadas en el instructivo "Inspección de construcción de estructuras de puentes" (ITP-II-24) y en el "CR-2020".
- 1.3.2.** Algunas secciones o subsecciones del "CR-2020" no se desarrollan en las listas de verificación, debido a que corresponden a las etapas de diseño y planificación, las cuales son ajenas al proceso de inspección en campo.
- 1.3.3.** Las preguntas cuentan con casillas de verificación con las opciones "Si", "No", "NA" (no aplica) que deben ser verificadas mediante la selección única de una de esas opciones usando una equis (x). Asimismo, algunas de las subsecciones poseen las casillas "SA" (si aplica) y "NA" (no aplica) las cuales se responden en función de la aplicación o no de la especificación en cuestión, según las características del proyecto que se inspecciona.
- 1.3.4.** Al final de cada lista se tienen cuadros de "Observaciones", en los cuales el inspector debe anotar y comentar cualquier inquietud, anomalía o imprevistos que se generen en el desarrollo de las actividades. De igual forma, este es un espacio que el inspector puede utilizar para anotar cualquier observación que considere pertinente.
- 1.3.5.** En caso de existir una respuesta negativa ("No"), automáticamente existe una no conformidad respecto a la especificación. En estos casos el inspector debe explicar y comentar este incumplimiento en el espacio de "Observaciones" y también documentarlo en el respectivo informe de inspección.

- 1.3.6.** La casilla "NA" se utiliza cuando la especificación no aplica debido a las características propias del proyecto, en estos casos, el inspector debe explicar la razón por la cual no aplica en la sección de "Observaciones".
- 1.3.7.** En algunas preguntas se pueden generar varias opciones que hagan cumplir la especificación, como diferentes métodos, procedimientos o materiales, el inspector debe indicar en "Observaciones" y en el informe de inspección, cuál es la opción que se utiliza en el proyecto.

#### **1.4. REGISTRO DE INSPECCIÓN "TOMA DE DATOS INSPECCIÓN DE CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE PUENTES" (ITP-RI-33)**

- 1.4.1.** Documento donde se recopila información específica de cada inspección.
- 1.4.2.** Los aspectos que se incluyen son los que se mencionan a continuación.
- (a) Información del proyecto
- (1) Nombre del inspector: Nombre completo del inspector de campo asignado.
  - (2) Fecha: Fecha de ejecución de la inspección.
  - (3) Coordenada inicial y final: Referencia específica de la ubicación del proyecto que se inspecciona.
  - (4) Ubicación: Ubicación del proyecto que se inspecciona.
  - (5) Cartel de licitación: Nombre del cartel de licitación en cuestión.
  - (6) Diseño: Indicar si se presentan los diseños respectivos aprobados. De igual forma, se puede indicar si no aplica.
  - (7) Topografía: Indicar si se tiene o no el trazado topográfico. De igual forma, se puede indicar si no aplica.
  - (8) Estacionamiento inicial y final: Punto inicial y final sobre la alineación del proyecto donde se realizan las actividades. Anotar siguiendo la forma 0+000.
  - (9) Contratista: Nombre de la empresa contratada o subcontratada que realiza las actividades que se inspeccionan.

- (b) Descripción del proyecto: Breve descripción del proyecto que se inspecciona.
- (c) Información referente al pago
- (1) Descripción: Descripción del trabajo terminado, acabado y aceptado (que cumpla con las especificaciones técnicas requeridas).
  - (2) Reglón de pago: Reglón de pago (únicamente los números) que corresponden a las actividades realizadas, según el "CR-2020".
  - (3) Cantidad: Cantidad final a utilizar para el pago definitivo.
  - (4) Unidad: Unidad de medida que le corresponde al reglón de pago según el "CR-2020".
  - (5) Observaciones: Espacio para indicar condiciones especiales, problemas en el proceso, imprevistos o cualquier observación que el inspector considere pertinente.
- (d) Equipo, maquinaria, mano de obra y materiales: Espacio destinado para anotar los recursos utilizados por el contratista para realizar las diferentes actividades que se inspeccionan.
- (e) Equipo crítico: Espacio destinado para anotar los recursos críticos utilizados por el contratista para realizar las diferentes actividades que se inspeccionan.
- (f) Memorándum: Indicar si se entrega o no memorándum y su respectivo número consecutivo.
- (g) Conformidad del Ingeniero de Proyecto: Indicar si el Ingeniero del Proyecto está conforme con las actividades realizadas y su respectiva firma.

## **1.5. INFORME DE INSPECCIÓN (ITP-RI-03)**

- 1.5.1.** Documento donde se incluyen todos los resultados y observaciones de la inspección y la determinación de la conformidad de las especificaciones técnicas establecidas en el instructivo "Inspección de construcción de estructuras de puentes" (ITP-II-24), en las listas de verificación y las especificaciones técnicas que determine la Administración del proyecto.

- 1.5.2.** El inspector debe generar y entregar el informe según lo pida el personal del Organismo de Inspección ITP y la Administración correspondiente, junto con los datos adjuntos necesarios para el respaldo de los resultados y la interpretación de la información.
- 1.5.3.** Para la redacción del informe se debe seguir el documento “Informe de inspección” (ITP-RI-03).

**Apéndice D.** ITP-RI-35 V01 Lista de verificación hinca de pilotes.

<b>Elaborado por:</b>	<b>Puesto:</b>	<b>Firma:</b>	<b>Fecha:</b>
<b>Revisado por:</b>	<b>Puesto:</b>	<b>Firma:</b>	<b>Fecha:</b>
<b>Aprobado por:</b>	<b>Puesto:</b>	<b>Firma:</b>	<b>Fecha:</b>

Copia No. \_\_\_\_\_ Entregado a: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

**CONTROL DE CAMBIOS**

No.	Página	Cambio realizado	Realizado por	Fecha
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

**SECCIÓN 551 HINCA DE PILOTES****551.03 EQUIPO PARA LA HINCA DE PILOTES****(a) Martinetes**

- |                             |                             |   |   |
|-----------------------------|-----------------------------|---|---|
| <input type="checkbox"/> SA | <input type="checkbox"/> NA | <b>(1) Martinete de gravedad</b>                                  |   |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA                                       | 1. ¿Son utilizados únicamente para hincar pilotes de madera?  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA                                       | 2. ¿El peso del mazo está entre 900 y 1600 kilogramos?  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA                                       | 3. ¿El peso del mazo es mayor que el peso de la corona y el pilote juntos?  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA                                       | 4. ¿Se limita la altura de caída a 4,5 metros?  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA                                       | 5. ¿Se usan guías de martinete para asegurar el impacto concéntrico en la corona?   |
| <input type="checkbox"/> SA | <input type="checkbox"/> NA | <b>(2) Martinete de diésel de final abierto (acción sencilla)</b> |   |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA                                       | 1. ¿Están equipados con un dispositivo que se extiende sobre la culata del mazo para permitir la determinación visual del golpe del martinete? (Especificar tipo de dispositivo en Observaciones).  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA                                       | 2. ¿Se aprueba el gráfico de fabricante donde se señala cómo se iguala la carrera del émbolo y el número de golpes por minuto? (Adjuntar gráfico).  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA                                       | 2.1 ¿Se usa una velocidad contra la carrera del émbolo? (Indicar velocidad en Observaciones).   |
| <input type="checkbox"/> SA | <input type="checkbox"/> NA | <b>(3) Martinete de diésel de final cerrado</b>                   |   |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA                                       | 1. ¿Se presenta un gráfico para calibrar el funcionamiento efectivo del martinete durante 90 días de uso, igualando el rebote en la cámara de presión a la energía equivalente o carrera del émbolo del martinete? (Adjuntar gráfico).  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA                                       | 2. ¿Se usa un medidor visible desde el nivel del suelo?   |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA                                       | 3. ¿Se toman en cuenta las pérdidas en las mangueras para calibrar el dial del medidor de presión?  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA                                       | 4. ¿Se verifica la precisión del medidor calibrado durante la operación de hincadura?<br><u>Nota:</u> Se debe realizar asegurando la consistencia del rebote del martinete (cuando se levanta) en la cámara de presión y cuando se dé la máxima energía, de acuerdo con las especificaciones. |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA                                       | 5. ¿Se prohíbe el uso de martinetes de diésel de final cerrado que no alcancen, al iniciar la subida, la máxima relación de energía de rebote de la cámara de presión, del martinete especificado?  |

- SA  NA **(4) Martinete de aire o vapor**  
 Sí  No  NA
1. ¿Se usa la planta y el equipo para martinetes con una capacidad suficiente para mantener el volumen y la presión especificados por el fabricante del martinete?
  - Sí  No  NA 2. ¿Se equipa el martinete con medidores de presión de precisión adecuada y de fácil acceso?
  - Sí  No  NA 3. ¿Se usa un martinete cuyo peso del mazo es igual o mayor que un tercio del combinado del conjunto pilote – corona?
  - Sí  No  NA 3.1. ¿El peso combinado del conjunto pilote – corona es de por lo menos 1250 kilogramos?
  - Sí  No  NA 4. Cuando se hincan pilotes de prueba, ¿se mide la presión de entrada de los martinetes con un manómetro de aguja, ubicado en la cabeza del martinete?
  - Sí  No  NA 5. Cuando es requerido, ¿se mide la presión de entrada en la hincadura de pilotes definitivos?
  - Sí  No  NA 6. Para condiciones específicas de hincadura, ¿se efectúa la calibración de presión contra velocidad como alternativa para medidas periódicas con un manómetro de aguja?

- SA  NA **(5) Martinete vibratorio sin impacto**  
 Sí  No  NA
- Sí  No  NA 1. ¿Se usan martinetes sin impacto a menos que sea permitido por escrito o especificado en el contrato?
  - Sí  No  NA 2. Si son permitidos, ¿se usan para hincar pilotes definitivos, solo después de que la elevación de extremo del pilote o longitud del empotramiento hayan sido establecidas por medio de pruebas de carga estáticas o dinámicas?
  - Sí  No  NA 3. ¿Se controla la instalación por medio del consumo de energía, la velocidad de penetración, la elevación del extremo especificada, o cualquier otro método aceptable, que garantice la capacidad requerida de carga?
  - Sí  No  NA 4. ¿Se hincan 1 de cada 10 pilotes, con un martinete de impacto, con energía adecuada para verificar si se está obteniendo la capacidad requerida del pilote?

**(c) Accesorios para el hincado**

- SA  NA **(1) Amortiguador del martinete**  
 Sí  No  NA
- Sí  No  NA 1. Al utilizar el equipo de hinca de impacto (excepto de gravedad), ¿se provee un amortiguador suficientemente grueso para prevenir daños al martinete o al pilote?
  - Sí  No  NA 1.1. El amortiguador que se provee, ¿garantiza un comportamiento uniforme del hincado?
  - Sí  No  NA 2. ¿Se fabrican amortiguadores de martinetes durables, de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes?

- Sí    No    NA   3. ¿Se prohíbe el uso de madera, pita o asbesto en amortiguadores?
- Sí    No    NA   4. ¿Se coloca una placa de cerrojo en el amortiguador, según indica el fabricante, para asegurar una compresión uniforme del material?
- Sí    No    NA   5. ¿Se realiza una inspección del amortiguador en presencia de la Administración al inicio de la hincadura en cada estructura o después de cada 100 horas de hincado, lo que sea menor?
- Sí    No    NA   6. ¿Se reemplaza el amortiguador cuando el grosor se haya reducido en un más del 25% de su espesor original?

 **SA**    **NA**   **(2) Cabezal del pilote**

- Sí    No    NA   1. ¿Se proveen cabezales adecuados para los martinetes de impacto de acuerdo con las especificaciones del fabricante?
- Sí    No    NA   2. ¿Se proveen cabezales apropiados, mandril y otros aditamentos para pilotes especiales?
- Sí    No    NA   3. ¿Se alinea el cabezal del pilote en paralelo con el martinete y el pilote?
- Sí    No    NA   4. ¿Se calza el cabezal alrededor del pilote mientras se mantiene un alineamiento apropiado del martinete y el pilote?

 **SA**    **NA**   **(3) Guías del pilote**

- Sí    No    NA   1. Durante la hincadura, ¿se soportan los pilotes en línea y posición por medio de guías?
- Sí    No    NA   2. ¿Las guías permiten un movimiento libre del martinete?
- Sí    No    NA   3. ¿Las guías mantienen un alineamiento paralelo del martinete y el pilote?
- Sí    No    NA   4. ¿Se prohíbe el uso de las guías oscilantes salvo que sea permitido y especificado por escrito en el contrato?
- Sí    No    NA   5. Si el uso de las guías oscilantes es permitido, ¿se calzan en la entrada del pilote con la base de las guías?
- Sí    No    NA   5.1. Si se usan pilotes inclinados, ¿se calzan con un puntal horizontal entre la grúa y la guía oscilante?
- Sí    No    NA   6. ¿Se empotran adecuadamente las guías en el suelo o se fija el pilote a un marco estructural para mantener un alineamiento adecuado?
- Sí    No    NA   7. ¿Se proveen guías con longitud suficiente para no requerir de un seguidor?
- Sí    No    NA   8. ¿Las guías permiten un alineamiento adecuado de los pilotes inclinados?

 **SA**    **NA**   **(4) Seguidores (zancos)**

- Sí    No    NA   1. ¿El uso de seguidores o zancos es aprobado por escrito?
- Sí    No    NA   2. Cuando son permitidos, después de la hincada del primer pilote en cada cimiento o estructura, ¿tiene cada décimo pilote la longitud

total sin seguidor, que asegure que se está obteniendo el empotramiento adecuado para desarrollar la capacidad última requerida?

Sí  No  NA

3. ¿Se proveen seguidores de material y dimensiones que permitan que los pilotes sean hincados hasta la profundidad requerida?

Sí  No  NA

4. ¿Se soportan y se mantienen el seguidor y el pilote con un alineamiento apropiado durante el hincado?

SA  NA

**(5) Chorro a presión (Jet)**

Sí  No  NA

1. ¿Su uso para perforación es aprobado por escrito?

Sí  No  NA

2. ¿El equipo de chorros a presión de agua tiene una capacidad suficiente para procurar una presión consistente de por lo menos 700 kilopascuales, con dos boquillas de 20 milímetros?

Sí  No  NA

3. ¿Se verifica que los chorros a presión no afecten la estabilidad lateral del pilote final colocado?

Sí  No  NA

4. ¿Se remueven los tubos del chorro a presión cuando el extremo del pilote esté al menos a 1,5 metros sobre la elevación prescrita? (Sí la respuesta es no, responder la siguiente).

Sí  No  NA

4.1. ¿Se hinca el pilote hasta la capacidad última requerida, con un martinete de impacto?

SA  NA

**(6) Amortiguador de pilote**

Sí  No  NA

1. Para los pilotes de concreto, ¿se utiliza un amortiguador nuevo para proteger la cabeza?

Sí  No  NA

2. ¿El amortiguador se corta con un espesor de por lo menos 100 milímetros?

Sí  No  NA

3. ¿El amortiguador se corta de forma que coincida con la sección transversal de la parte superior del pilote?

Sí  No  NA

4. ¿Se sustituye el amortiguador si se encuentra comprimido más de la mitad de su espesor original o si comienza a quemarse?

Sí  No  NA

5. Para pilotes de acero y de madera, ¿se protegen con un capuchón de hincado aprobado?

Sí  No  NA

6. ¿Los pilotes de madera se rodean con collares o bandas metálicas aprobadas para evitar que se resquebrajen o se astillen?

Sí  No  NA

7. ¿Se sustituyen los capuchones cuando se dañan?

Sí  No  NA

8. ¿Se prohíbe la reutilización de los amortiguadores o capuchones?

SA  NA

**(7) Punteras**

Sí  No  NA

1. Si está especificado, ¿se proporcionan punteras para proteger la punta del pilote contra daños durante la hinca?

Sí  No  NA

2. ¿Las punteras son fabricadas con la forma requerida para ser colocadas ajustadamente en la punta del pilote?

- |                             |                             |                             |  |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 3. ¿El amortiguador se corta de forma que coincida con la sección transversal de la parte superior del pilote?               |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 4. ¿Se sustituye el amortiguador si se encuentra comprimido más de la mitad de su espesor original o si comienza a quemarse? |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 5. Para pilotes de acero y de madera, ¿se protegen con un capuchón de hincado aprobado?                                      |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 6. ¿Los pilotes de madera se rodean con collares o bandas metálicas aprobadas para evitar que se resquebrajen o se astillen? |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 7. ¿Se sustituyen los capuchones cuando se dañan?  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 8. ¿Se prohíbe la reutilización de los amortiguadores o capuchones?  |

### 551.04 LONGITUD DE LOS PILOTES

#### General

- |                             |                             |                             |  |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 1. ¿Se usan pilotes con suficiente longitud para obtener la penetración requerida y para extenderlos en el caso que así lo requiera la capacidad soportante de la fundación? |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|

### 551.05 PILOTES DE PRUEBA

#### Antes de la hincadura

- |                             |                             |                             |   |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 1. Antes de que el pilote sea hincado, ¿se excava el terreno en el sitio de cada pilote de prueba o pilote de producción hasta la profundidad de fundación? |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 2. ¿Se proveen pilotes de prueba más largos que la longitud estimada de los pilotes definitivos?  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 3. ¿Se prepara el martinete antes de empezar a hincar, aplicando por lo menos 20 golpes a otro pilote?  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 4. ¿Se hincan los pilotes de prueba con el mismo equipo que se usa en los pilotes definitivos?  |

#### Durante la hincadura

- |                             |                             |                             |  |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 1. ¿Se hincan los pilotes de prueba a la capacidad última requerida hasta la profundidad estimada del extremo inferior?  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 2. ¿Se empalman y continúa hincando pilotes hasta obtener la capacidad última requerida?   |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 3. ¿Se dejan en reposo por 24 horas aquellos pilotes que no alcancen la capacidad última requerida a la elevación estimada del extremo, antes de volver a hincarlos? |

Nota: Si la capacidad última requerida no se alcanzara al volver a hincar el pilote, se hincará una parte o todos los pilotes de prueba

restantes, y se repetirán el reposo y re-hincadura siguiendo los procedimientos descritos.

**Después de la hincadura**

- Sí  No  NA 1. ¿Se instalaron pilotes de prueba según lo especificado en el contrato?
- Sí  No  NA 2. ¿Es la longitud de los pilotes de prueba más larga que la estimada de los pilotes definitivos?
- Sí  No  NA 3. ¿Se ajustan los pilotes de prueba usados en la estructura definitiva a los requisitos de los pilotes definitivos?
- Sí  No  NA 4. Los pilotes de prueba que no se incorporen a la estructura definitiva, ¿son removidos hasta al menos 0,5 metros bajo el nivel final terminado de la fundación?

**551.06 CAPACIDAD DE SOPORTE DEL PILOTE****General**

- Sí  No  NA 1. ¿Se hincan pilotes con la penetración específica y a la profundidad necesaria para obtener la capacidad última requerida?
- Sí  No  NA 2. ¿Se empalman los pilotes que no obtengan la capacidad última requerida a la longitud indicada?
- Sí  No  NA 2.1. ¿Se hincan con un martinete de impacto hasta que se alcance esa capacidad requerida?
- Sí  No  NA 3. ¿Se utiliza la ecuación de onda para determinar la capacidad última del pilote hincado en sitio?

 SA  NA **(a) Ecuación de onda**

- Sí  No  NA 1. ¿Es la penetración adecuada obtenida cuando los criterios especificados de la resistencia en la ecuación de onda se alcanzan a menos de 1,5 metros de la elevación de punta señalada?
- Sí  No  NA 2. ¿Se hincan los pilotes que no alcanzan la resistencia especificada a una penetración determinada por la Administración?

 SA  NA **(b) Fórmula dinámica**

- Sí  No 1. Indique si se cumplen o no los siguientes aspectos:
- Sí  No 1.1. ¿El martinete está en buena condición y operando satisfactoriamente?
- Sí  No 1.2. ¿El mazo del martinete cae libremente?
- Sí  No 1.3. ¿No se usa un seguidor?
- Sí  No 1.4. ¿La corona del pilote no está barrida (astillada) ni aplastada?
- Sí  No  NA 2. ¿Se utiliza la fórmula dinámica solo si se cumplen los aspectos anteriormente mencionados?

- Sí    No    NA   3. Para obtener la capacidad última del pilote según la ecuación de  $R_u$ , ¿se hincan los pilotes a la penetración necesaria?

SA    NA   **(1) Pilotes hincados con chorro a presión (Jet)**

- Sí    No    NA   1. ¿Se determina la capacidad última de los pilotes basada en el impacto del conteo de golpes del martinete (fórmula dinámica)?
- Sí    No    NA   2. Una vez determinada la longitud requerida, ¿se instalan los pilotes restantes en cada grupo o en cada cimiento, a profundidades y usando métodos similares?

Nota: Se confirmará el alcance de la capacidad última requerida usando la fórmula dinámica.

### 551.07 PERFORACIÓN PREVIA

#### General

- Sí    No    NA   1. ¿El método de perforación está debidamente aprobado?
- Sí    No    NA   2. Si hay terraplenes de más de 1,5 metros, ¿se perfora el agujero del pilote hasta alcanzar la tierra natural?
- Sí    No    NA   3. ¿Se perforan los huecos con un diámetro de 150 milímetros mayor que el diámetro del pilote?
- Sí    No    NA   4. Para pilotes cuadrados, rectangulares o H, ¿el diámetro del orificio es igual a la diagonal de la sección transversal del pilote más 150 milímetros?
- Sí    No    NA   5. Para pilotes hincados en roca o capa dura, tosca, suelo rígido o arcilla compacta, ¿el pilote se apoya en tal estrato?
- Sí    No    NA   6. Para pilotes que no son hincados en roca, suelo rígido o arcilla compacta, ¿la perforación se detiene por lo menos a 1,5 metros sobre la elevación estimada de la punta del pilote?
- Sí    No    NA   6.1. ¿El pilote se hinca con un martinete de impacto a una penetración que cumpla con la capacidad última requerida?
- Sí    No    NA   6.2. ¿La perforación previa se realiza con un diámetro menor que el diámetro o la diagonal de la sección transversal del pilote hasta lograr su penetración hasta la profundidad especificada?
- Sí    No    NA   7. Si se encuentran obstrucciones en la superficie (piedras de gran tamaño o capas de rocas), ¿el diámetro del agujero se aumenta a la menor dimensión adecuada para la instalación del pilote?
- Sí    No    NA   7.1. Después de completado el hincado, ¿se rellena cualquier espacio vacío que quede alrededor del pilote con arena u otro material aprobado?
- Sí    No    NA   8. ¿Se prohíbe el uso de barrenos de punta o punzones para lograr una perforación previa?

- Sí  No  NA 9. ¿Se vela que no se deteriore la capacidad de los pilotes existentes o las condiciones de seguridad de las estructuras adyacentes?
- Sí  No  NA 9.1. Si la perforación previa perturba la capacidad de los pilotes o estructuras instaladas previamente, ¿se restaura la capacidad última requerida de pilotes y de las estructuras mediante métodos aprobados?

**551.08 PREPARACIÓN E HINCADO****Antes de la hincadura**

- Sí  No  NA 1. ¿El terreno se prepara según lo estipulado en la Sección 208 de excavación y relleno para estructuras mayores del CR-2020?
- Sí  No  NA 2. ¿Se realiza previo a la hinca, una inspección visual de todos los pilotes para su aceptación?
- Sí  No  NA 3. ¿Todas las cabezas de los pilotes son planas y perpendiculares a su eje longitudinal?
- Sí  No  NA 4. ¿Se coordina el hincado de pilotes de manera que no dañe ninguna de las otras partes del trabajo concluido?

**Durante la hincadura**

- Sí  No  NA 1. Para cascos doblados, ¿se hincan los pilotes dentro de los 50 milímetros de la ubicación mostrada en los planos a la elevación del corte?
- Sí  No  NA 2. Para pilotes con casco debajo del nivel del terreno terminado, ¿se hincan dentro de los 150 milímetros de la ubicación mostrada en planos?
- Sí  No  NA 2.1. ¿El pilote está a más de 100 milímetros de cualquiera de las caras del casco?
- Sí  No  NA 3. ¿Se hincan pilotes de manera que el alineamiento axial esté dentro de los 20 milímetros por metro del alineamiento requerido?
- Sí  No  NA 4. ¿Se prohíbe jalar o empalmar lateralmente los pilotes para corregir algún desalineamiento?
- Sí  No  NA 5. ¿Se prohíbe empalmar una sección alineada a una sección desalineada de pilotes?
- Sí  No  NA 6. ¿Se corrigen de manera aprobada todos los pilotes hincados inapropiadamente? (Detallar en Observaciones).
- Sí  No  NA 7. ¿Se reemplazan los pilotes dañados durante la operación de hincado mediante métodos aprobados?

 SA  NA**(a) Pilotes de madera**

- Sí  No  NA 1. ¿Se prohíbe el uso de pilotes de madera con grietas de más de 15 milímetros de ancho?

- |                             |                             |                             |   |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 2. ¿Se usan pilotes de madera tratada dentro de los 6 meses posteriores al tratamiento?   |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 3. ¿Se manipulan y se cuidan los pilotes tratados a presión de acuerdo con el estándar M4 de la AWWA?   |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 4. ¿Se moldea cuidadosamente el final del pilote para asegurar un soporte uniforme de la zapata del pilote?   |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 5. ¿Se sujeta firmemente la zapata al pilote?   |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 6. ¿Se tratan todos los agujeros, cortes o cascotes en los pilotes tratados, con 2 aplicaciones con brocha de una solución de creosota-alquitrán de carbón? |

 SA  NA

**(b) Pilotes de acero**

- |                             |                             |                             |  |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 1. ¿Se usan pilotes de longitud total requerida de hasta 18 metros sin empalmes?   |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 2. Si se requieren empalmes en el primer pilote hincado y se prevé que los siguientes pilotes los requerirán también, ¿se colocan los empalmes en el tercio inferior del pilote? |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 3. ¿Se prohíben empalmes con una longitud menor de 3 metros?   |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 4. ¿Se prohíben más de 2 empalmes por pilote?  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 5. ¿Los pilotes se cargan, transportan, descargan, almacenan y manipulan de tal manera que el metal se mantenga limpio y libre de daños?   |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 6. ¿Se prohíbe el uso de pilotes que excedan la contraflecha y curvatura permitida como tolerancia al fabricante?  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 7. ¿Son rechazados los pilotes dañados durante la instalación a no ser que la capacidad de soporte esté probada para un 100% la capacidad última requerida por pruebas de carga? |

 SA  NA

**(c) Pilotes de concreto prefabricado y preesforzados**

- |                             |                             |                             |  |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 1. ¿Se da apoyo a los pilotes de concreto durante la elevación o el transporte en los puntos mostrados en planos o en cada cuarto punto?                     |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 2. ¿Se proporcionan cables de acero u otros equipos al levantar o transportar pilotes de concreto para evitar que éste se doble o se le quiebren los bordes? |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 3. ¿Se protegen las cabezas de los pilotes de concreto con un amortiguador de por lo menos 100 milímetros de espesor?  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 4. ¿Se ajusta el amortiguador (cortando si es requerido), para que calce con la sección transversal de la parte superior del pilote?                         |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 5. ¿Se reemplaza el amortiguador del pilote si se ha comprimido más de la mitad de su espesor original o si se empieza a quemar?                             |

- Sí  No  NA 6. ¿Se rechazan los pilotes de concreto con resistencia reducida a causa de defectos externos tales como escamaduras y grietas, o defectos internos como cavidades?

SA  NA **(d) Pilotes tubulares o de corazas rellenas de concreto**

- Sí  No  NA 1. ¿Se usa acero estructural con alto contenido de carbón con un borde maquinado para soporte de las corazas? (Si la respuesta es negativa, responder la siguiente).
- Sí  No  NA 1.1. ¿Se usa acero fundido con un borde diseñado para unirse con soldadura simple?
- Sí  No  NA 2. ¿Se prohíbe la hinca de corazas de tubos, o tubos a menos de 5 metros de distancia de cualquier pilote tubular o de coraza relleno de concreto, hasta que el concreto tenga una curación de por lo menos 7 días; o de 3 días si se usa concreto de alta resistencia?
- Sí  No  NA 3. ¿Se prohíbe la hinca de pilotes tubulares o corazas después de haber sido relleno con concreto?
- Sí  No  NA 4. ¿Se remueven y reponen corazas que sean determinadas como inaceptables para usarse, debido a grietas, curvaturas o torceduras?

**551.09 EMPALMES**

SA  NA **(a) Pilotes de acero**

- Sí  No  NA 1. ¿Se exige certificación para cada soldador?
- Sí  No  NA 2. ¿Se emplean únicamente soldadores certificados para soldadura estructural?
- Sí  No  NA 3. ¿Se alistan las superficies que van a ser soldadas, dejándolas lisas, uniformes y libres de escamas sueltas, grasa o cualquier material que impida una soldadura apropiada?
- Sí  No  NA 4. ¿Se corta el acero con oxiacetileno vaciado con arco de carbón o esmerilado?
- Sí  No  NA 5. ¿El proceso de soldadura cumple con la norma AASHTO y/o AWS D1.5 del Código o norma de soldadura para Puentes?
- Sí  No  NA 6. ¿Es la sección transversal total del pilote para las juntas acanaladas, soldada de acuerdo con la norma AWS?
- Sí  No  NA 7. ¿Se suelda sin dejar evidencia visual de grietas, falta de fusión, adelgazamiento, exceso de conductos, porosidad o un espesor inadecuado?

**(b) Empalmes de pilotes de concreto**

- Sí  No  NA 1. ¿Se usan dovelas u otro medio mecánico aceptable para empalmar pilotes de concreto prefabricado o preesforzado? (Indicar medio mecánico en Observaciones).

- |                             |                             |                             |  |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 2. ¿Se proporcionan los detalles de los empalmes para su aprobación?   |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 3. Si se usan dovelas, ¿se colocan éstas en el extremo del pilote a empalmar, introduciéndolas en los agujeros correspondientes en la cabeza del pilote hincado?                 |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 4. ¿Se asientan los agujeros para proporcionar un enlace mecánico apropiado?   |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 5. ¿Los extremos de los pilotes se separan por lo menos 13 milímetros?   |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 6. ¿Se limpian todas las superficies y agujeros del pasador o dovela?  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 7. ¿Se aplica lechada para fijar los pasadores en su lugar y se espera a que esta se cure?   |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 8. ¿Se coloca formaleta en el empalme y se inyecta con un adherente (con la misma resistencia a la compresión del pilote) capaz de soportar el impacto y las fuerzas impulsoras? |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 9. ¿Se siguen las recomendaciones del fabricante con respecto al uso y al curado de lechadas y productos de adherencia?  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 10. ¿Se siguen las recomendaciones del fabricante para el adosado de los pilotes?  |

**(c) Extensión de pilotes de concreto**

- |                             |                             |   |  |
|-----------------------------|-----------------------------|---|--|
| <input type="checkbox"/> SA | <input type="checkbox"/> NA | <b>(1) Pilotes de concreto prefabricado</b> |  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA                 | 1. ¿Se extienden los pilotes removiendo el concreto al final de este y dejando 40 diámetros de armadura de acero expuesta?   |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA                 | 2. ¿Se remueve el concreto para producir una cara perpendicular al eje del pilote?   |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA                 | 3. ¿Se amarra la armadura de refuerzo (del mismo tamaño que la usada en el acero de refuerzo) de la proyección del pilote?   |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA                 | 4. ¿Se coloca encofrado en la sección de la extensión con el fin de prevenir derrames de concreto a lo largo del pilote?   |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA                 | 5. Inmediatamente antes de vaciar el concreto:   |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA                 | 5.1. ¿Se humedece completamente la parte superior del pilote?  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA                 | 5.2. ¿Se cubre con una capa delgada de cemento puro, un mortero mezclado o cualquier otro material adecuado para adherencia? (Indicar el material utilizado en Observaciones). |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA                 | 6. ¿Se coloca concreto de la misma mezcla, diseño y calidad que el usado en el pilote?   |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA                 | 7. ¿Se deja el encofrado en su lugar por no menos de 7 días después de vaciado el concreto?  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA                 | 8. ¿Se cura y se acaba de acuerdo con lo especificado en la Sección 552 Concreto estructural del CR-2020?  |

- SA  NA **(2) Pilotes de concreto preesforzado**
- Sí  No  NA 1. ¿Se extienden los pilotes removiendo el concreto al final de este y dejando 40 diámetros de armadura de acero expuesta?
- Sí  No  NA 2. ¿Se incluye acero de refuerzo en la cabeza del pilote para empalmar las barras de extensión?
- Sí  No  NA 3. ¿Se prohíbe la hinca de pilotes de concreto preesforzado con extensión?

- SA  NA **(d) Pilotes de madera**
- Sí  No  NA 1. ¿Se prohíbe el empalme de pilotes de madera?

### 551.10 PILOTES QUE EMERGEN LUEGO DE HINCARSE

#### General

- Sí  No  NA 1. ¿Se revisan los pilotes que se elevan durante la operación de hinca?
- Sí  No  NA 2. ¿Se toman lecturas del nivel inmediatamente después de que cada pilote es hincado?
- Sí  No  NA 3. ¿Se toman lecturas después de pilotes que han sido hincados dentro de un radio de 5 metros?
- Sí  No  NA 4. ¿Se rehincan los pilotes que se eleven más de 5 milímetros con la penetración o resistencia que estén especificadas?

### 551.11 PRUEBAS DE CARGA DE PILOTES

SA  NA **(a) Prueba de carga dinámica**

#### Antes de la prueba

- Sí  No  NA 1. ¿Se contrata a un consultor especialista en pilotes, por lo menos con 3 años de experiencia en pruebas de carga dinámica?
- Sí  No  NA 2. ¿Se usa un refugio para proteger y resguardar el equipo para las pruebas de carga dinámica?  
Nota: El refugio se debe situar dentro de 15 metros del sitio de prueba. Debe contar con un piso de un tamaño mínimo de 6 metros cuadrados y una altura al cielo raso de 2 metros y debe mantenerse una temperatura inferior entre 10 y 35 °C.
- Sí  No  NA 3. ¿Se usa el equipo y se realizan las pruebas de carga dinámica de acuerdo con la norma ASTM D4945, bajo la supervisión de la Administración?
- Sí  No  NA 4. Antes de la hinca, ¿se excava el terreno en el sitio de cada pilote de prueba o de producción hasta la profundidad de fundación?
- Sí  No  NA 5. ¿Se prepara el martinete aplicando por lo menos 20 golpes a otro pilote?

- |                             |                             |                             |   |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 6. ¿Se hincan los pilotes designados como pilotes de prueba con el mismo equipo a usar en los pilotes definitivos?  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 7. ¿Se colocan los pilotes designados como pilotes para pruebas de carga en posición horizontal y sin contacto con los otros pilotes?                                 |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 8. ¿Se perforan agujeros para montar los instrumentos cerca de la corona del pilote?  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 9. ¿Se montan los instrumentos y se toman las medidas de la velocidad de onda?  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 10. ¿Se colocan los pilotes designados en las guías?  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 11. ¿Se tiene una plataforma rígida de por lo menos 1,2 por 1,2 metros con una baranda de seguridad de 1,1 metro, que se pueda llevar a la parte superior del pilote? |

**Durante la prueba**

- |                             |                             |                             |   |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 1. ¿Se hince el pilote a la profundidad en la cual se alcanza la capacidad última requerida, indicada por la prueba dinámica?   |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 2. ¿Se dejan en reposo por 24 horas aquellos que no alcancen la capacidad última requerida a la elevación estimada del extremo?                                       |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 3. ¿Se empalman y continúan hincando pilotes hasta obtener la capacidad última requerida?   |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 4. En caso de ser necesario, ¿se reduce la energía de hincado transmitida al pilote usando amortiguadores adicionales o reduciendo la energía de salida del martillo? |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 5. Si se indica la hinca no axial, ¿se realinea inmediatamente el sistema de hinca?   |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 6. ¿Se tiene un gráfico que muestre el conteo de golpes contra la capacidad final?  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 7. Si se usa martinete de diésel de final abierto, ¿se efectúa un conteo de golpes contra un gráfico de golpes a su capacidad última?                                 |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 8. ¿Se efectúan esfuerzos de hincadura, energía transferida y capacidad del pilote, como una función de profundidad para cada prueba de carga dinámica?               |

**Durante el re-hincado**

- |                             |                             |                             |   |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 1. ¿Se rehinca cada pilote de prueba dinámica con el instrumental adherido, por lo menos 24 horas después del hincado inicial?  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 2. ¿Se calienta el martinete antes de re-hincar, aplicando al menos 20 golpes a otro pilote?  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 3. ¿Se re-hince el pilote de prueba dinámica con una penetración máxima de 150 milímetros, y un máximo de 50 golpes o el rechazo, lo que ocurra primero? (Indicar en Observaciones para cada pilote). |
- Nota: Si la capacidad última requerida no se alcanzara al volver a hincar el pilote, se hincará una parte o todos los pilotes de prueba

restantes, y se repetirán el reposo y re-hincadura siguiendo los procedimientos descritos.

**Después de la prueba**

- |                             |                             |                             |   |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 1. ¿Se analiza un golpe de hincadura original, y un golpe de rehincadura por cada pilote probado?   |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 2. ¿Se efectúan análisis de ecuación de onda adicionales con ajustes basados en los resultados CAPWAP?  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 3. ¿Se aprueba el criterio de hincadura y la elevación requerida basándose en resultados de prueba dinámica, análisis CAPWAP y análisis de ecuación de onda?  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 4. En caso de rechazo del criterio, ¿se especifican o piden pilotes de prueba y pruebas de carga adicionales?   |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 5. ¿Se instalaron los pilotes de prueba según lo especifica el contrato?  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 6. ¿Es la longitud de los pilotes de prueba más larga que la estimada de los pilotes definitivos?   |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 7. ¿Se ajustan los pilotes de prueba usados en la estructura definitiva a los requisitos de los pilotes definitivos?  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 8. ¿Son los pilotes de prueba no incorporados en la estructura definitiva, removidos hasta al menos 0,5 metros bajo el nivel final terminado de la fundación? |

 SA  NA

**(b) Prueba de carga estática**
**Antes de la prueba**

- |                             |                             |                             |   |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 1. ¿Se realizan de acuerdo a ASTM D1143, usando el método de prueba rápida de carga?  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 2. ¿Se tienen planos del aparato propuesto de carga? (Adjuntar planos)  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 3. Indique si el sistema cumplen o no los siguientes aspectos:  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 3.1. Planos preparados por un Ingeniero profesional.  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 3.2. Capacidad de aplicar 150% de la capacidad última del pilote o 9000 kilonewtons, cualquiera que sea menor.                |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 3.3. Permite incrementos de carga aplicados gradualmente, sin causar vibraciones en el pilote de prueba.                      |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 4. Cuando se instalen pilotes de tensión y cuando sea factible, ¿se colocan estos en el lugar de los pilotes permanentes?     |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 5. ¿Se prohíbe el uso de pilotes cónicos de madera instalados en lugares permanentes como pilotes de tensión?                 |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 6. ¿Se espera un mínimo de 3 días entre el hincado de cualquier anclaje o pilote de prueba y el inicio de la prueba de carga? |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 7. ¿Se determina el levantamiento del pilote?   |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 8. Antes de hacer pruebas, ¿se re-hinca a la elevación original cualquier pilote que se eleve más de 6 milímetros?            |

- Durante la prueba**
- Sí  No  NA 1. ¿Se hacen pruebas de caída de émbolo o se mide la capacidad de carga del sistema?
- Sí  No  NA 2. ¿Es la carga axial del pilote menor al 50% de la carga de falla?

- Después de la prueba**
- Sí  No  NA 1. Después de completar la prueba de carga, ¿se remueve o corta cualquier pilote de prueba o anclaje que no sea parte de la estructura a por lo menos 0,5 metros bajo la parte superior de la fundación o de la elevación final del suelo?
- Sí  No  NA 2. ¿Se instalaron pilotes de prueba según lo especifica en el contrato?
- Sí  No  NA 3. ¿Es la longitud de los pilotes de prueba más larga que la estimada de los pilotes definitivos?
- Sí  No  NA 4. ¿Se ajustan los pilotes de prueba usados en la estructura definitiva a los requisitos de los pilotes definitivos?
- Sí  No  NA 5. ¿Se aprueba el criterio de hincadura y la elevación requerida basándose en los resultados de la prueba estática?
- Sí  No  NA 6. En caso de rechazo del criterio, ¿se especifican o piden pilotes de prueba y pruebas de carga adicionales?
- Sí  No  NA 7. ¿Se entrega esta información dentro de los 7 días después de recibida la orden respectiva?

## 551.12 CORTE DE PILOTES

- General**
- Sí  No  NA 1. ¿Se cortan las cabezas y las corazas de los pilotes permanentes a la elevación requerida?
- Sí  No  NA 2. ¿El corte es limpio, recto y paralelo a la cara del miembro estructural en el cual los pilotes son empotrados?
- Sí  No  NA 3. ¿Se eliminan los cortes sobrantes de acuerdo a la Subsección 203.05 Material de desecho, inciso (a) del CR-2020?

- SA  NA **(a) Pilotes de acero**
- Sí  No  NA 1. ¿Se mantiene la parte del pilote a empotrar en el concreto sin pintura?
- Sí  No  NA 2. Antes de pintar el pilote de acero expuesto, ¿se limpia cuidadosamente la superficie de metal de manera que no quede ninguna sustancia que impida que la pintura se adhiera?
- Sí  No  NA 3. ¿Se usa el sistema 2 de pintura de color aluminio, según la Sección 563 Pintura del CR-2020?

- Sí    No    NA   4. ¿Se pintan porciones del caballete completo o de otros pilotes expuestos, hasta no menos de 1 metro debajo de la superficie final del terreno o nivel de agua, con una primera capa de base y dos capas finales?
- Sí    No    NA   4.1. Antes que el pilote sea hincado, ¿se aplican las capas de pintura en el campo?
- Sí    No    NA   5. ¿Son los pilotes expuestos sobre la superficie final del terreno o del nivel de agua, pintados con una capa final de pintura de acabado?

 SA    NA   **(b) Pilotes de madera**

1. Se debe cumplir con alguno de los siguientes métodos:

 SA    NA   **(1) Método 1**

- Sí    No   1. Reducción del contenido de humedad de la madera a no más de un 25%, sin humedad libre en la superficie.
- Sí    No   2. Aplicación con brocha de una solución de creosota y alquitrán de hulla según el estándar AWWA.
- Sí    No   3. Construcción de una capa superior protectora aplicando alternativamente 3 capas de asfalto o alquitrán y 2 capas de tela de algodón.
- Sí    No   4. Verificar que la tela sea por lo menos 150 milímetros más ancha en cada dirección que el ancho del pilote.
- Sí    No   5. Doblado de la tela hacia abajo sobre el pilote.
- Sí    No   6. Fijado de los bordes con dos vueltas de alambre galvanizado de un diámetro mínimo de 3 milímetros.
- Sí    No   7. Aplicación de una capa final de asfalto o alquitrán, para cubrir el alambre.
- Sí    No   8. Recortado limpio de la tela debajo de los alambres.

 SA    NA   **(2) Método 2**

- Sí    No   1. Aplicación de 3 capas en la superficie aserrada de una mezcla caliente de 60% de creosota y 40% de alquitrán caliente o;
- Sí    No   2. Aplicación con brocha 3 capas de creosota caliente y aplicación posterior de alquitrán caliente.
- Sí    No   3. Colocación de una tapa de lata de metal galvanizado sobre la capa aplicada y doblado hacia abajo sobre los lados de cada pilote.

**551.13 PILOTES RECHAZADOS**
**General**

- Sí    No    NA   1. ¿Se corrigen los pilotes usando un método aprobado? (Indicar el método y cuáles pilotes son corregidos en Observaciones).

**551.14 COLADO DE CONCRETO EN CORAZAS O PILOTES TUBULARES****General**

- Sí  No  NA 1. Después del hincado, ¿se limpia el interior de las corazas y tubos removiendo todo material suelto?
- Sí  No  NA 2. ¿Se mantiene en cuanto sea posible la coraza y los pilotes tubulares sellados al agua?
- Sí  No  NA 3. Inmediatamente antes de vaciar el concreto, ¿se tiene equipo apropiado para inspeccionar interiormente la superficie completa de la coraza o pilote tubular hincado?

**(a) Acero de refuerzo**

- Sí  No  NA 1. ¿Es su espaciamiento de por lo menos 5 veces el tamaño máximo del agregado en el concreto?
- Sí  No  NA 2. ¿Se amarran firmemente los espaciadores de concreto en 5 puntos alrededor del perímetro de la jaula de acero de refuerzo?
- Sí  No  NA 3. ¿Se instalan los espaciadores a intervalos que no excedan de 3 metros medidos a lo largo de la longitud del encofrado?
- Sí  No  NA 4. ¿Se coloca la jaula de refuerzo cuando el concreto alcance la elevación inferior planeada para la puesta del refuerzo?
- Sí  No  NA 5. ¿Se soporta el refuerzo de manera que quede dentro de 50 milímetros de la ubicación vertical requerida?
- Sí  No  NA 6. ¿Se soporta la jaula desde arriba hasta que el concreto alcance la parte superior del pilote?
- Sí  No  NA 7. ¿Es el acero de refuerzo evaluado según Sección 554 Acero de refuerzo del CR-2020?

**(b) Concreto**

- Sí  No  NA 1. ¿Se prepara de acuerdo con la Sección 552 Concreto estructural del CR-2020?
- Sí  No  NA 2. ¿Se coloca en una operación continua desde el fondo hacia arriba del pilote?
- Sí  No  NA 3. Antes del fraguado inicial del concreto, ¿se compactan los 3 metros de superiores del pilote de concreto usando equipo vibratorio aprobado?

**OBSERVACIONES**

Firma del Inspector: \_\_\_\_\_

Fecha de Inspección: \_\_\_\_\_

**Apéndice E.** ITP-RI-36 V01 Lista de verificación acero de refuerzo.

<b>Elaborado por:</b>	<b>Puesto:</b>	<b>Firma:</b>	<b>Fecha:</b>
<b>Revisado por:</b>	<b>Puesto:</b>	<b>Firma:</b>	<b>Fecha:</b>
<b>Aprobado por:</b>	<b>Puesto:</b>	<b>Firma:</b>	<b>Fecha:</b>

Copia No. \_\_\_\_\_ Entregado a: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

**CONTROL DE CAMBIOS**

No.	Página	Cambio realizado	Realizado por	Fecha
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

**SECCIÓN 554 ACERO DE REFUERZO****554.03 EQUIPO****General**

- Sí  No  NA 1. ¿El Contratista suministra el equipo necesario para el corte y doblado de las varillas de acero de refuerzo?
- Sí  No  NA 2. Cuando es autorizado el empleo de soldadura, ¿el Contratista dispone del equipo apropiado para esa labor?
- Sí  No  NA 3. Cuando es autorizado el empleo de soldadura, ¿el Contratista aprueba soldadores calificados para realizar los trabajos?

**554.04 SUMINISTRO Y ALMACENAMIENTO****General**

- Sí  No  NA 1. ¿El acero que llega al sitio de la obra o donde vaya a ser doblado, se encuentra identificado con etiquetas? En estas se indican:
- Sí  No 1.1. Fabricante.
- Sí  No 1.2. Grado del acero.
- Sí  No 1.3. Lote correspondiente.
- Sí  No  NA 2. Previo al almacenamiento e incorporación del acero a la obra, ¿el Contratista presenta a la Administración los respectivos certificados de calidad del fabricante del acero?
- Sí  No  NA 2.1. ¿Los certificados de calidad cuentan con el aval, tanto del Consultor de Calidad del Contratista como de la Administración?
- Sí  No  NA 3. ¿El acero se almacena en forma ordenada por encima del nivel del terreno, sobre plataformas, largueros u otros soportes de material adecuado? (Indicar en Observaciones).
- Sí  No  NA 4. ¿El acero es protegido contra daños y deterioro superficial, incluyendo los efectos de la intemperie y ambientes corrosivos?

**554.05 PLANOS Y LISTAS DE CORTE Y DOBLADO****General**

- Sí  No  NA 1. Antes de cortar el acero en los tamaños indicados en los planos, ¿el Contratista verifica las listas del tamaño de las varillas y sus diagramas de doblado?
- Nota: Si los planos no muestran las listas y diagramas de doblado, el Contratista deberá prepararlos y someterlos a aprobación, además, el Contratista deberá contemplar en los precios de su oferta la elaboración de estos.

- Sí  No  NA
2. Si el Contratista desea relocalizar una junta de construcción mostrada en planos, ¿somete las modificaciones respectivas para su aprobación por lo menos 15 días antes de la fecha prevista para el corte y doblado del refuerzo de esa parte de la obra?  
Nota: Si por cualquier razón el Contratista omite este requisito, la junta y el refuerzo correspondiente deberán dejarse sin modificación, tal y como se muestra en los planos.

**554.06 DOBLADO**

- Sí  No  NA
- General**
1. ¿Las varillas de refuerzo se fabrican de acuerdo con ACI SP 66?
2. Las varillas que así lo requieran, ¿se doblan en frío?
3. ¿Se limita la tolerancia de dobladura de las varillas de cubiertas o losas armadas a no más de 6 milímetros?
4. ¿Se prohíbe la dobladura de varillas de acero una vez que están parcialmente empotradas en el concreto hidráulico, excepto cuando se muestre en planos o sea permitido por la Administración?
5. Si las dimensiones de los ganchos o los diámetros de doblado no se muestran en los planos, ¿se proporcionan ganchos estándar de conformidad con ACI SP 66?

**554.07 ACERO DE REFUERZO CON RECUBRIMIENTO EPÓXICO**

- Sí  No  NA
- Sí  No  NA
- Sí  No  NA
- General**
1. ¿Las varillas se levantan con soportes múltiples o con una plataforma?
2. ¿Se evita la abrasión producida entre varillas?
3. ¿Se evita que los paquetes de varillas sean arrastrados o dejados caer?

- Sí  No  NA
- Sí  No  NA
- Sí  No  NA
- Sí  No  NA
- Reparación adecuada**
1. Antes de la colocación, ¿se inspeccionan las varillas recubiertas para localizar cualquier daño al recubrimiento?
- 1.1. Si existe algún defecto en el recubrimiento perceptible al ojo, ¿se repara con un material de reparación precalificado de acuerdo con la norma AASHTO M28M?
- 1.2. ¿Se limpian las varillas inmediatamente antes de aplicar el material de reparación?
- 1.3. ¿Se limpian las áreas que van a ser reparadas, removiendo toda la contaminación de la superficie y el recubrimiento dañado?

- |                             |                             |                             |   |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 1.4. Cuando haya herrumbre, ¿se remueve por medio de limpieza a chorro o con una herramienta de poder?  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 2. ¿Se repara rápidamente las varillas con resina antes de que ocurra una oxidación perjudicial, de acuerdo con las recomendaciones el fabricante?        |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 3. ¿Se traslapa en 50 milímetros el material de remiendo sobre el revestimiento original, o como lo recomiende el fabricante?                             |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 4. ¿Se provee un espesor mínimo de 200 micrómetros de recubrimiento en las áreas reparadas?   |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 5. Si se presentan daños en el recubrimiento epóxico, ¿se recubren los empalmes mecánicos después de su instalación de acuerdo con la norma AASHTO M284M? |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 6. ¿Se prohíbe las reparaciones en el campo a varillas con daños severos en el recubrimiento las cuales deben ser cambiadas con piezas nuevas?            |
- Nota: Un recubrimiento con daño severo se define como un recubrimiento con un área total dañada de 0,5 metros de longitud de varilla que excede al 5% del área superficial de la porción de la varilla.

## 554.08 COLOCACIÓN Y FIJACIÓN DEL ACERO DE REFUERZO

### Acero de refuerzo

- |                             |                             |                             |  |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 1. Al ser colocado en su posición final y antes de colar el concreto hidráulico, ¿el acero de refuerzo está libre de polvo, escamas, rebabas, pintura, aceite o cualquier otro material extraño que pueda afectar la adherencia? |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 2. ¿Todo el mortero seco adherido se remueve del acero de refuerzo?  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 3. ¿Las varillas se colocan con exactitud, de acuerdo con las indicaciones de los planos?  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 4. ¿Las varillas se aseguran firmemente, evitando desplazamientos durante la colocación y fraguado del concreto hidráulico?  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 5. ¿La separación de las varillas de refuerzo paralelas tiene una tolerancia de 38 milímetros con respecto al lugar requerido en planos?   |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 6. ¿Se prohíbe la acumulación de variaciones en el espaciamiento de varillas paralelas?  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 7. ¿El promedio de dos espaciamientos adyacentes es menor al espaciamiento requerido en planos?  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 8. ¿Se dejan 50 milímetros libres de recubrimiento para todo el refuerzo, excepto si se especifica de otra manera en planos? (Indicar en Observaciones).   |



- Sí  No  NA 5. ¿Se reviste con un material dieléctrico los asientos, alambres de amarre y otros elementos usados para soporte, para dar posición o sujetar el acero de refuerzo con recubrimiento epóxico?
- Sí  No  NA 6. ¿Se prohíbe el uso de sopores plásticos?
- Sí  No  NA 7. ¿Los soportes para las varillas de refuerzo en las losas se separan como máximo a 1,2 metros entre ellos, ya sea transversal o longitudinalmente?
- Sí  No  NA 8. ¿Se prohíbe el uso directo o indirecto de los soportes para varillas de refuerzo como sostén de pasarelas para carretillas o cargas de construcción similares?
- Sí  No  NA 9. ¿Las plataformas para soportar trabajadores y equipos durante la colocación del concreto se colocan directamente en el encofrado y no en el acero de refuerzo?
- Sí  No  NA 10. ¿Se reemplazan los soportes dañados?

#### 554.09 EMPALMES Y UNIONES

##### General

- Sí  No  NA 1. ¿Los empalmes de las varillas de refuerzo se ajustan a lo indicado en los planos y se realizan en los sitios mostrados en éstos o donde lo indique la Administración?
- Sí  No  NA 2. ¿Se prohíbe localizar empalmes de las varillas de refuerzo, en las juntas de construcción del concreto hidráulico?
- Sí  No  NA 3. Si el Contratista introduce empalmes y uniones adicionales en sitios diferentes a los mostrados en los planos, ¿estas modificaciones son autorizadas por la Administración?  
Nota: El costo del refuerzo adicional requerido será asumido por el Contratista.
- Sí  No  NA 4. ¿Los empalmes y uniones en varillas adyacentes se realizan de manera alternada?
- Sí  No  NA 5. En los empalmes, ¿las varillas quedan colocadas en contacto entre sí y amarradas firmemente con alambre negro recocado, manteniendo la alineación y espaciamiento dentro de las distancias mínimas de recubrimiento especificadas, en relación con las demás varillas y superficies de concreto hidráulico?

##### Uniones soldadas

- Sí  No  NA 1. Si el Contratista reemplaza las uniones traslapadas por uniones soldadas, ¿la soldadura empleada cumple con las normas de la American Welding Society, AWS D 1.4?

- Sí  No  NA 2. Al realizar el reemplazo de uniones traslapadas por uniones soldadas, las soldaduras y los procedimientos son aprobados por la Administración?
- Sí  No  NA 3. ¿Se realizan pruebas de elementos soldados por el laboratorio de control del calidad del Contratista?
- Sí  No  NA 4. ¿Se prohíbe la soldadura en varillas cuya composición química exceda el 0,30% de carbón, 1,5% de manganeso y 0,55% de equivalente de carbón?
- Sí  No  NA 5. Si el uso de acoples mecánico en lugar de soldaduras es aprobado por la Administración, ¿estos poseen una resistencia de por lo menos 125% del refuerzo de fluencia requerido para el acero de refuerzo?

**Empalmes de malla electrosoldada**

- Sí  No  NA 1. Si la malla electrosoldada es transportada en rollos, ¿se enderezan los rollos dejando la malla plana antes de su colocación?
- Sí  No  NA 2. ¿Se empalman las láminas de malla o varillas de refuerzo de rejilla, traslapando no menos del ancho de la abertura de la malla más 50 milímetros?
- Sí  No  NA 3. ¿Se fijan muy bien los extremos y las orillas amarrándolas con alambre negro recocido a los elementos existentes previamente construidos que puedan servir de apoyo y referencia?

**554.10 SUSTITUCIÓN DEL ACERO DE REFUERZO****General**

- Sí  No  NA 1. ¿La sustitución de las diferentes secciones de refuerzo se efectúa con autorización escrita de la Administración y previa justificación técnica de la variación?
- Sí  No  NA 2. ¿El acero sustitutivo tiene un área y un perímetro equivalentes o mayores que el área y el perímetro de las varillas mostradas en los planos?

**554.11 LISTA DE PEDIDO****General**

- Sí  No  NA 1. En las listas de pedido del acero de refuerzo, ¿se usan las mismas marcas para etiquetar, que las mostradas en los planos?
- Sí  No  NA 2. ¿La Administración aprueba todas las listas de pedido y diagramas de dobladuras?

Nota: La aprobación de las listas y diagramas no exoneran al Contratista de su responsabilidad de la comprobación de su exactitud.

- Sí  No  NA 3. ¿Se ordenan materiales hasta que las listas y diagramas sean aceptados y aprobados por la Administración?
- Sí  No  NA 4. ¿Se coloca el acero de refuerzo vertical para columnas, paredes, estribos y pilas hasta que las elevaciones de las fundaciones sean establecidas en campo?

**OBSERVACIONES**

Firma del Inspector: \_\_\_\_\_

Fecha de Inspección: \_\_\_\_\_

**Apéndice F.** ITP-II-37 V01 Lista de verificación sistema de contención vehicular para puentes.



**Ingeniería Técnica de Proyectos ITP, S.A.**

*Lista de verificación – Sistema de  
contención vehicular para puentes*

**Código:  
ITP-RI-37**

**Versión:  
01**

**Página:  
1 de 9**

**Fecha de aprobación:**

---

<b>Elaborado por:</b>	<b>Puesto:</b>	<b>Firma:</b>	<b>Fecha:</b>
<b>Revisado por:</b>	<b>Puesto:</b>	<b>Firma:</b>	<b>Fecha:</b>
<b>Aprobado por:</b>	<b>Puesto:</b>	<b>Firma:</b>	<b>Fecha:</b>

Copia No. \_\_\_\_\_ Entregado a: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

**CONTROL DE CAMBIOS**

<b>No.</b>	<b>Página</b>	<b>Cambio realizado</b>	<b>Realizado por</b>	<b>Fecha</b>
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

**SECCIÓN 617 SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR****617.02 MATERIALES****General**

- Sí  No  NA 1. ¿Se realiza una inspección de los elementos que conforman cada sistema para comprobar que no haya defectos de fábrica?
- Sí  No  NA 1.1. Si se encuentran defectos de fábrica, ¿los elementos son rechazados?

**617.03 GENERAL****General**

- Sí  No  NA 2. Para los requerimientos específicos de cada sistema, ¿se siguen las indicaciones del fabricante para una adecuada instalación?
- Sí  No  NA 3. ¿La Administración realiza la valoración del sistema de contención vehicular en el sitio?
- Sí  No  NA 4. ¿La Administración repara o sustituye parcial o totalmente los sistemas que no se encuentren en óptimas condiciones, de tal manera que no se vea afectada la seguridad de los usuarios de la vía?
- Sí  No  NA 4.1. Para la reparación o sustitución parcial de los sistemas, ¿se prohíbe la combinación de elementos que no sean compatibles entre sí, y solo se permite el uso de elementos o sistemas nuevos?
- Sí  No  NA 5. ¿Se prohíbe la modificación de los elementos estructurales de los sistemas de contención vehicular sin autorización previa y por escrito del fabricante del sistema?
- Sí  No  NA 6. ¿Las modificaciones en el diseño o emplazamiento de los sistemas de contención vehicular son aprobados por la Administración?
- Sí  No  NA 7. Si se tarda varios días en la construcción de barreras de contención vehicular en vías abiertas al flujo vehicular, ¿al final de cada jornada laboral se coloca como mínimo una pieza terminal redondeada (rounded end section) en cada extremo de barrera que se encuentre expuesto al tránsito, con la señalización preventiva necesaria?
- Nota: No necesariamente debe ser una pieza terminal redondeada, puede ser cualquier sistema de amortiguación de impactos. (Indicar en Observaciones).

**617.04 POSTES PARA BARRERAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR****Cuidados generales**

- Sí  No  NA 1. ¿Los postes metálicos o de madera (o combinaciones de estos) son hincados en el terreno asegurando la funcionalidad del sistema?

- Sí    No    NA   2. ¿La madera de los postes de madera o combinaciones de madera con metal, está debidamente tratada para la intemperie?
- Sí    No    NA   3. Si durante el proceso de hincado de postes queda expuesto el acero (pérdida de galvanizado), ¿las superficies son tratadas adecuadamente?

**Condiciones de la cimentación y el suelo**

- Sí    No    NA   1. ¿Se revisa detalladamente las condiciones bajo las que se realizaron los ensayos a escala real?
- Sí    No    NA   2. ¿Se revisan las recomendaciones de instalación de los fabricantes para garantizar el adecuado comportamiento del dispositivo de seguridad en campo?
- Sí    No    NA   3. ¿El Contratista o Administrador de la carretera garantiza mediante ensayos estáticos in situ que la resistencia del suelo donde serán instalados los sistemas permite que estos tengan un comportamiento acorde al que presentó el prototipo ensayado exitosamente?
- Sí    No    NA   4. En el caso de vías existentes en donde no se tiene control de las condiciones de los suelos en los márgenes de la carretera, ¿se realizan ensayos de caracterización de suelos en el laboratorio?
- Sí    No    NA   5. Si a partir de los resultados de los ensayos estáticos in situ se detectan zonas con estratos rocosos (suelos duros) o zonas de baja resistencia (suelos blandos), ¿se sigue lo indicado por el fabricante del sistema para la adecuada instalación de los postes en estas condiciones?
- Sí    No    NA   6. ¿La Administración lleva una bitácora oficial del proyecto donde se controlen todos los cambios realizados, incluyendo el manual de instalación o documentos que respalden las modificaciones indicadas por el fabricante del sistema?

**617.05 VIGAS PARA BARRERAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR**
**Cuidados generales**

- Sí    No    NA   1. ¿El traslape de las vigas se instala en la dirección del flujo del tránsito?  
*Nota:* Solo en casos técnicamente justificados y avalados por la Administración se podrá variar el traslape de las vigas.
- Sí    No    NA   2. ¿Se prohíbe doblar, cortar o soldar las vigas?  
*Nota:* En caso de requerirse vigas curvas, estas deberán ser provistas por el fabricante según las curvaturas requeridas.
- Sí    No    NA   3. Si durante el proceso de instalación de vigas queda expuesto el acero (pérdida de galvanizado), ¿las superficies son tratadas adecuadamente?
- Sí    No    NA   4. En el caso de vigas de madera o combinaciones de madera con metal, ¿la madera está debidamente tratada para la intemperie?

**617.06 TORNILLERÍA PARA SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR****General**

- Sí  No  NA 1. ¿Se siguen las especificaciones técnicas del fabricante para cada sistema, incluyendo los requerimientos de los materiales y los torques?

**617.08 TERMINALES DE BARRERAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR****General**

- Sí  No  NA 1. ¿Las secciones finales o terminales de las barreras de contención vehicular están diseñadas y construidas de manera que aseguren que toda la barrera a la cual está conectada, pueda contener y redireccionar el vehículo para el cual fue diseñada?
- Sí  No  NA 2. ¿Se prohíbe el uso de terminales bruscos en todos los casos en que exista la posibilidad de que un vehículo los impacte frontalmente, tales como la "cola de pez" y los cortes verticales de muros y barreras de concreto?
- Sí  No  NA 3. Al hacer uso de los terminales abatidos y enterrados y los empotrados en talud de corte, ¿el sistema de anclaje permite desarrollar la fuerza de atracción total de la barrera de contención?
- Sí  No  NA 4. Si se hace uso de un terminal atenuador de impacto (absorbente de energía), ¿al construir los anclajes de concreto se respeta el tiempo mínimo de curado tal como se especifica en la Sección 601 Concreto hidráulico para estructuras menores del CR-2020?

**617.09 PRETILES METÁLICOS DE PUENTES****General**

- Sí  No  NA 1. ¿Los pretiles metálicos de puentes contienen y redireccionan el vehículo para el cual fueron diseñados?
- Sí  No  NA 2. ¿Son utilizados donde exista riesgo de caída (precipicios, masas de agua, desde la plataforma de un puente, entre otros)?
- Sí  No  NA 3. ¿Al instalarse se siguen las indicaciones del fabricante?

**617.10 TRANSICIONES ENTRE SISTEMAS****General**

- Sí  No  NA 1. Para el diseño y construcción de las transiciones entre sistemas de contención vehicular de diferente rigidez, ¿se siguen los planos, especificaciones técnicas y/o recomendaciones del fabricante?

- Sí  No  NA 2. Para el caso de puentes o pasos a desnivel que cuenten con facilidades para peatones o ciclistas, ¿se cuenta con un adecuado diseño de las transiciones entre sistemas vehiculares de diferente rigidez que brindan la protección necesaria a estos usuarios?

### 617.11 AMORTIGUADORES DE IMPACTO

#### General

- Sí  No  NA 1. ¿Los amortiguadores o atenuadores de impacto contienen y/o redireccionan el vehículo para el cual fueron diseñados, de acuerdo con las especificaciones del sistema utilizado, considerando su diseño redirecivo o no redirecivo?
- Sí  No  NA 2. ¿El tipo de sistema, diseño y grado de contención cumple con el Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras?
- Sí  No  NA 3. ¿Al instalarse los amortiguadores de impacto se siguen las indicaciones del fabricante?
- Sí  No  NA 4. Si se hace uso de anclajes de concreto, ¿al construirlos se respeta el tiempo mínimo de curado tal como se especifica en la Sección 601 Concreto hidráulico para estructuras menores del CR-2020?

### 617.12 RAMPAS DE ESCAPE O LECHOS DE FRENADO

#### General

- Sí  No  NA 1. ¿Las rampas de escape o lechos de frenado cumplen con el Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras?

### 617.13 REMOCIÓN DE SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR

#### General

- Sí  No  NA 1. ¿Los componentes de los sistemas de contención vehicular con daños que afecten la funcionalidad del sistema son removidos posterior a su valoración técnica?
- Sí  No  NA 2. ¿La valoración técnica realizada a los sistemas de contención vehicular dañados se registra por medio de un inventario?
- Sí  No  NA 3. ¿Los componentes removidos se transportan al sitio indicado por la Administración?

- Sí  No  NA 4. ¿El Contratista reponer a la Administración todo componente de los sistemas de contención vehicular que se dañen o se extravíen durante el proceso de remoción y transporte?
- Sí  No  NA 5. ¿Los sistemas de contención vehicular considerados obsoletos posterior a su valoración técnica son desechados?
- Sí  No  NA 6. ¿Los agujeros y otros deterioros superficiales que se produzcan como consecuencia del proceso de remoción son rellenados con material granular de acuerdo con la Sección 209 Excavación y relleno para otras estructuras?

### 617.14 ALTURA DE LOS SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR

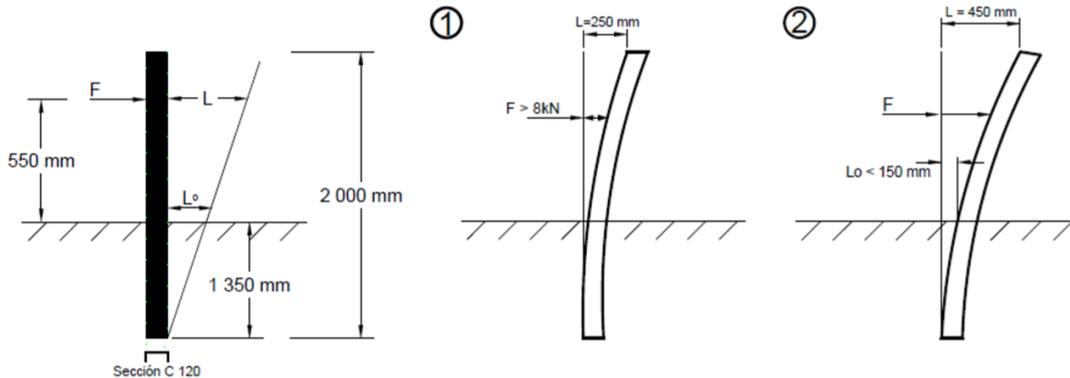
#### General

- Sí  No  NA 1. ¿Los sistemas de contención vehicular están colocados a una altura tal que permitan el funcionamiento del sistema?
- Sí  No  NA 2. Si existe una variación en la altura de la superficie de ruedo adyacente, ¿se remueven los sistemas existentes según la Subsección 617.13 Remoción de sistemas de contención vehicular del CR-2020?
- Sí  No  NA 3. Una vez terminado el proceso de remoción, ¿se procede con la instalación de los sistemas a la altura adecuada?

### 617.15 ENSAYO ESTÁTICO IN SITU

#### General

- Sí  No  NA 1. ¿El poste de ensayo mide 2 metros de largo y de sección C120?
- Sí  No  NA 2. ¿El poste de ensayo es hincado con equipo apropiado y a la profundidad indicada en la *Figura 617-01 Ensayo estático in situ*?
- Sí  No  NA 3. ¿El poste se hinca a la misma distancia del borde de la calzada donde se vaya a instalar el sistema de contención vehicular?
- Sí  No 4. Indique si se cumplen simultáneamente las siguientes condiciones:
- Sí  No 4.1. ¿Se aplica una fuerza igual o superior a 8 kilonewtons, paralela al suelo dirigida hacia el exterior de la carretera hasta alcanzar un desplazamiento horizontal de 25 centímetros a la altura indicada en la *Figura 617-01 Ensayo estático in situ (1)*?
- Sí  No 4.2. ¿Se aplica una fuerza paralela al suelo hacia el exterior de la carretera hasta alcanzar un desplazamiento horizontal de 45 centímetros a la altura indicada en la *Figura 617-01 Ensayo estático in situ (2)* con un desplazamiento horizontal en la base del poste (en el empotramiento) menor a 15 centímetros?
- Sí  No 4.3. ¿La fuerza se aplica de tal manera que se evita la torsión del poste durante todo el ensayo?



**Figura 617-01**

Ensayo estático in situ

## SECCIÓN 618 SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR DE CONCRETO

### 618.03 GENERAL

#### General

- Sí  No  NA 1. ¿La Administración realiza la valoración del sistema de contención vehicular en el sitio?
- Sí  No  NA 2. ¿La Administración repara o sustituye parcial o totalmente los sistemas que no se encuentren en óptimas condiciones, de tal manera que no se vea afectada la seguridad de los usuarios de la vía?
- Sí  No  NA 2.1. Para la reparación o sustitución parcial de sistemas de contención vehicular de concreto, ¿se contempla el diseño original del sistema asegurando su continuidad y funcionalidad?
- Sí  No  NA 3. ¿Se prohíbe la modificación de los elementos estructurales de los sistemas de contención vehicular de concreto?

### 618.04 BARRERAS DE CONTENCIÓN DE CONCRETO

#### General

- Sí  No  NA 1. ¿Los lados de la barrera y su parte superior tienen un acabado acorde con la Sección 552.17 (a) Acabados de superficies encofradas del CR-2020?

#### SA NA (a) Barrera de concreto colado in situ

- Sí  No  NA 1. ¿El ancho, profundidad e intervalos de las juntas de construcción son de acuerdo con el diseño del sistema previamente aprobado?

- Sí    No    NA   2. ¿Se cortan las juntas después de que el concreto tenga la suficiente consistencia como para que pueda pasar una sierra durante el ranurado, pero antes de que aparezcan las grietas por contracción?
- Sí    No    NA   3. ¿Se reduce la profundidad del corte de sierra en el borde adyacente al pavimento para prevenir daños en el mismo?
- Sí    No    NA   4. ¿Se rellena todas las juntas con un material preformado de acuerdo el espesor requerido según el diseño?
- Sí    No    NA   5. ¿Se sellan las juntas de acuerdo con la Subsección 552.13 Juntas de construcción del CR-2020?
- Sí    No    NA   6. En las juntas entre una barrera colada en sitio y una prefabricada, ¿las barreras coladas en sitio cuentan con un sistema de anclaje integrado para unirla a la barrera prefabricada?

 SA    NA

**(b) Barrera de concreto con encofrado deslizante**

- Sí    No    NA   1. ¿Se prohíbe tocar el concreto fresco construido con formaleta deslizante, excepto para operaciones menores o remoción de excesos o afinado ligero?
- Sí    No    NA   2. En caso de existir daños o irregularidades mayores de 10 milímetros que aparezcan en el proceso constructivo, ¿se hacen ajustes en la operación para repararlos?
- Sí    No    NA   3. ¿Se prohíbe el uso de agua para corregir las imperfecciones?

 SA    NA

**(c) Barrera prefabricada de concreto**

- Sí    No    NA   1. ¿Se colocan las barreras prefabricadas en tramos?
- Sí    No    NA   2. ¿Se ubican las juntas alineadas y se conectan las secciones adyacentes de acuerdo con la especificación?
- Sí    No    NA   3. ¿Se prohíbe la presencia de variaciones superiores a los 6 milímetros en la barrera de fundación, en relación con un escantillón de 3 metros?
- Sí    No    NA   4. ¿Se usa el colado en sitio cuando transiciones o espacios entre barreras son menores a 3 metros?
- Sí    No    NA   5. ¿Las barreras tipo New Jersey y Tipo F siguen la norma ASTM C825 en cuanto a clasificación, aceptación, diseño, fabricación, requerimientos físicos, tolerancias, inspección, reparación y rechazo?

**618.05 TERMINALES DE BARRERA DE CONTENCIÓN DE CONCRETO**
**General**

- Sí    No    NA   1. ¿Las secciones finales o terminales de las barreras de contención vehicular de concreto están diseñadas y construidas de manera que aseguren que toda la barrera a la cual está conectada, pueda contener y redireccionar el vehículo para el cual fue diseñada?

- Sí  No  NA 2. ¿Se prohíbe el uso de terminales bruscos, tal como los cortes verticales de muros y barreras de concreto?
- Sí  No  NA 3. ¿Se siguen los criterios de esvíaje indicados en el Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras?
- Sí  No  NA 4. Cuando no se pueda cumplir con el esvíaje o cuando la barrera quede de frente al flujo vehicular, ¿se incorpora en el diseño un amortiguador de impacto o un terminal atenuador de impacto? (Indicar en Observaciones).
- Sí  No  NA 5. Si la barrera está siendo construida cerca de los carriles de una carretera que está abierta al tránsito, ¿se coloca una sección terminal temporal cuando termine cada jornada de trabajo?
- Sí  No  NA 6. ¿Se construyen las bermas de los taludes según la Sección 204 Excavación, terraplenado y pedraplenado del CR-2020?
- Sí  No  NA 7. ¿Se prohíbe el uso de terminal en abatimiento para barrera rígida de concreto cuando esta quede de frente al flujo vehicular principalmente en vías de alta velocidad?

**OBSERVACIONES**

Firma del Inspector: \_\_\_\_\_

Fecha de Inspección: \_\_\_\_\_

**Apéndice G.** ITP-RI-38 V01 Lista de verificación drenajes en puentes.



Elaborado por:	Puesto:	Firma:	Fecha:
Revisado por:	Puesto:	Firma:	Fecha:
Aprobado por:	Puesto:	Firma:	Fecha:

Copia No. \_\_\_\_\_ Entregado a: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

### CONTROL DE CAMBIOS

No.	Página	Cambio realizado	Realizado por	Fecha
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

**SECCIÓN 561 DRENAJES EN PUENTES**
**561.03 PROCEDIMIENTO DE TRABAJO**
**General**

- Sí  No  NA 1. ¿Los drenajes de la superestructura son del tipo, calidad y dimensiones indicadas en los documentos del proyecto?
- Sí  No  NA 2. ¿Los drenajes se colocan en la posición y con los distanciamientos, (tanto en planta como elevación) que se establece en el diseño, antes de colar la losa?
- Sí  No  NA 3. ¿Los drenajes son atados de modo tal que no se permitan desplazamientos ni deformaciones durante el vaciado del concreto?
- Sí  No  NA 4. ¿El diámetro del agujero donde se instalan los drenajes (sumideros) es como máximo 20 milímetros mayor al diámetro externo del tubo por instalar?
- Sí  No  NA 5. Antes de colocar el mortero de adherencia, ¿las paredes del agujero se limpian mediante aire comprimido (asegurando que el aire no contenga aceites)?
- Sí  No  NA 6. ¿El dispositivo de drenaje y el mortero requerido se colocan de manera tal que la superficie circundante queda adecuadamente nivelada y terminada?
- Sí  No  NA 7. ¿En la entrada al drenaje se coloca una rejilla para retener la basura y permitir flujo libre del agua?

 SA  NA **(a) Drenajes verticales (en tablero)**

- Sí  No  NA 1. ¿Se emplean tubos con un diámetro interno mínimo de 100 milímetros?
- Sí  No  NA 2. ¿Los tubos están distanciados entre sí a una longitud máxima de 5 metros o la que establezca el diseño?
- Sí  No  NA 3. ¿El punto de descarga de estos dispositivos se produce por lo menos a 1 metro de la superficie de las vigas y de los paramentos de bastiones y pilas?
- Sí  No  NA 4. Si se ejecutan drenajes rectangulares (gavetas), ¿la rejilla encaja adecuadamente, sin permitir desplazamientos con el tránsito y queda al mismo nivel del tablero?
- Sí  No  NA 5. ¿La tubería para llevar las aguas desde el tablero a su punto final de salida se instala en sitios accesibles?
- Sí  No  NA 6. ¿Los codos de desvío cuentan con un ángulo máximo de 45 grados?

 SA  NA **(b) Drenajes horizontales (muros de bastiones y de relleno de acceso)**

- Sí  No  NA 1. ¿Se rigen por la Sección 610 Construcción de drenajes horizontales en taludes del CR-2020?

- SA  NA **(c) Drenaje superficial (muros de bastiones y de relleno de acceso)**
- Sí  No  NA 1. ¿Se hacen por medio de cunetas y estructuras de salida?
- Sí  No  NA 2. ¿Se rigen por las secciones 608 Construcción, preparación de zanjas y revestimiento de canales, cunetas y contracunetas, 609 Bordillos o cordón y 612 Descargas de agua, del CR-2020?

**OBSERVACIONES**

Firma del Inspector: \_\_\_\_\_

Fecha de Inspección: \_\_\_\_\_

**Apéndice H.** ITP-RI-39 V01 Lista de verificación pintura.

<b>Elaborado por:</b>	<b>Puesto:</b>	<b>Firma:</b>	<b>Fecha:</b>
<b>Revisado por:</b>	<b>Puesto:</b>	<b>Firma:</b>	<b>Fecha:</b>
<b>Aprobado por:</b>	<b>Puesto:</b>	<b>Firma:</b>	<b>Fecha:</b>

Copia No. \_\_\_\_\_ Entregado a: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

**CONTROL DE CAMBIOS**

No.	Página	Cambio realizado	Realizado por	Fecha
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

**SECCIÓN 563 PINTURA**
**563.03 PROTECCIÓN AL PÚBLICO, PROPIEDADES Y TRABAJADORES**
**Requisitos**

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> NA | 1. Al pintar estructuras de acero, ¿se cumplen las recomendaciones de la guía 3 (SSPC) SSPC-PA “Guía de Seguridad de la Aplicación de Pintura y los requisitos de la (OSHA)?  |
| <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> NA | 2. Si la pintura que está siendo removida es un material peligroso que contenga plomo o cromo, ¿se cumple con las siguientes normas?:   |
| <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No                             | 2.1. Guía SSPC 6 I (CON) – Guía para eliminar las materias generadas durante la remoción de pintura.  |
| <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No                             | 2.2. Guía SSPC 7 I (DIS) - Guía para la disposición de materias que contengan plomo, producidas por la remoción de pintura.   |
| <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No                             | 2.3. 29 CFR 1926.62 – OSHA. Estándares de plomo para la Industria de la Construcción.   |
| <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No                             | 2.4. 40 CFR 50.6 – EPA. Estándares Nacionales Primarios y Secundarios, de calidad del aire, para material en partículas.  |
| <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No                             | 2.5. 40 CFR 50.12 – EPA. Estándares Nacionales Primarios y Secundarios de calidad del aire cuando se usa plomo.   |
| <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No                             | 2.6. 40 CFR Partes 260 – 268 – Acta de Conservación y Recuperación de Recursos.   |
| <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> NA | 3. Por lo menos 28 días antes de iniciar la preparación de la superficie, ¿se presenta un plan por escrito donde se detalle las medidas que se utilizarán para proteger el ambiente, el público, las propiedades adyacentes y los trabajadores?                       |
| <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No                             | 4. Indique si en el plan se incluye lo siguiente:   |
| <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No                             | 4.1. Información del fabricante sobre seguridad.  |
| <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No                             | 4.2. Información del producto para todos los productos de limpieza y pintura que se usa.  |
| <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No                             | 4.3. Plan detallado para la remoción de materiales, productos de limpieza y desechos de pintura. Con detalles de acoples que no requieran soldadura o perforación de agujeros en la estructura existente y conexiones con abrazaderas u otros dispositivos aprobados. |
| <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No                             | 4.4. Plan detallado de la disposición de los materiales removidos, los productos de limpieza y los desechos de pintura.   |
| <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No                             | 4.5. Medidas de seguridad específicas para proteger a los trabajadores de riesgos en el sitio, incluyendo caídas, gases, fuego o explosiones.   |
| <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No                             | 4.6. Medidas de seguridad específicas para cumplir con 29 CFR 1926.62, 40 CFR 50.6, 40 CFR 50.12 y 40 CFR Partes 260-268, estas para remover pintura como material peligroso.   |
| <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No                             | 4.7. Procedimientos de emergencia en caso de derrames.  |
| <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No                             | 4.8. Persona calificada según SSPC-QP 2, con experiencia mínima de 2 años en pintura en área industrial, experiencia mínima de 90 días en   |

- supervisión de campo o gestión de proyectos de remoción de pintura y documentación de las calificaciones de parte de sus empleadores anteriores con detalles de capacitación y experiencia. Todo lo anterior para desempeñar las funciones de control de calidad.
- Sí  No  NA 5. Si las tareas no se llevan a cabo según el plan aprobado, ¿se suspenden inmediatamente las labores?
- Sí  No  NA 6. ¿Se recoge y dispone adecuadamente todos los materiales, incluyendo el agua residual producto de la preparación, limpieza o pintura?

### 563.04 PROTECCIÓN DEL TRABAJO

#### General

- Sí  No  NA 1. ¿Se protege las superficies adyacentes que no serán pintadas utilizando lonas, pantallas, papel, telas u otro medio adecuado?
- Sí  No  NA 2. ¿Se evita la contaminación de las superficies con pintura fresca con polvo, aceite, grasa u otro material perjudicial o deletéreo?

### 563.05 GENERALIDADES DE LA PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE

#### General

- Sí  No  NA 1. ¿Se notifica por escrito al inspector oficial por lo menos 7 días antes de iniciar las operaciones?
- Sí  No 2. Indique si se prepara la superficie de acuerdo a lo siguiente:
- Sí  No 2.1. ¿Se limpia la superficie de acuerdo con el nivel apropiado de limpieza?
- Sí  No 2.2. ¿Se remueve de la superficie la suciedad, el polvo y otros contaminantes utilizando los métodos recomendados por el fabricante?
- Sí  No 2.3. ¿Se seca adecuadamente la superficie?
- Sí  No 2.4. Antes de trabajar, ¿se comprueba que la temperatura de la superficie está entre 10 y 40 °C?
- Sí  No 2.5. ¿Se comprueba que la temperatura de la superficie está a más de 3 °C de la temperatura de rocío según ASTM E337?
- Sí  No 2.6. ¿Se comprueba que la humedad es del 85% o menor, a menos que se indique de otra manera en las especificaciones del fabricante del producto?

Nota: Se pueden emplear procedimientos apropiados, como recubrimiento o deshumidificación de áreas, para proveer las condiciones requeridas anteriormente.

**563.06 GENERALIDADES SOBRE LA APLICACIÓN DE LA PINTURA****Equipo de aplicación**

- Sí  No  NA 1. ¿Se aplica la pintura por medio de brocha, rociador, rodillo o cualquier combinación que sea permitida en las especificaciones del fabricante y por el Ingeniero?
- Sí  No  NA 2. ¿Se utilizan brochas con cerdas en cantidad y longitud suficiente, para distribuir la pintura en una capa uniforme?
- Sí  No  NA 3. ¿Se utilizan brochas redondeadas o planas con un ancho menos que 120 milímetros?
- Sí  No  NA 4. ¿Se usan equipos rociadores sin aire o convencionales con trampas adecuadas, filtros o separadores para excluir el aceite o agua del aire comprimido?
- Sí  No  NA 4.1. ¿Se usa aire comprimido que no muestre manchas negras o húmedas cuando es ensayado de acuerdo con ASTM D4285?
- Sí  No  NA 4.2. ¿Se utilizan los tamaños de las boquillas de las pistolas rociadoras y las presiones recomendadas por el fabricante?
- Sí  No  NA 5. ¿Se prohíbe el uso de rodillos que dejen texturizada la película de pintura?
- Sí  No  NA 6. ¿Se usan aplicadores de piel de oveja, pinceles u otros medios aceptados para cubrir las superficies que son difíciles de pintar en la forma habitual?

**Antes de la aplicación de pintura**

- Sí  No  NA 1. ¿Se revuelve la pintura con mezcladores mecánicos durante el tiempo suficiente para que los pigmentos y solventes se mezclen completamente?
- Sí  No  NA 2. ¿Se prohíbe el disolver la pintura que ha sido formulada como "lista para aplicarse"?
- Sí  No  NA 3. ¿El inspector oficial aprueba el color de acabado final antes de la aplicación?

**Durante la aplicación de pintura**

- Sí  No  NA 1. ¿Se utilizan prácticas de manipulación que estén de acuerdo con las instrucciones de seguridad del fabricante?
- Sí  No  NA 2. ¿Se mezcla y se aplica la pintura según las instrucciones del producto?
- Sí  No  NA 3. ¿La pintura se agita durante la aplicación?
- Sí  No  NA 4. ¿Se pinta de manera nítida y manual evitando acumulaciones excesivas de pintura, derrames, desprendimientos, superficies sin pintar o áreas con espesores delgados?
- Sí  No  NA 5. ¿Se mide el espesor de la capa húmeda durante la aplicación?
- Sí  No  NA 5.1. ¿Se ajusta la razón de aplicación para que después de curar se obtenga el espesor de pintura deseado?

- |                             |                             |                             |  |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 6. ¿Se esparce uniformemente la pintura conforme se aplica?  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 7. ¿Los rodillos se utilizan únicamente en superficies planas uniformes?   |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 8. ¿Se cura cada capa de pintura según las recomendaciones del fabricante?   |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 9. ¿Se corrigen todas las áreas con espesor insuficiente, áreas sin cubrir y otras deficiencias antes de la siguiente aplicación de pintura?   |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 10. ¿Se tiñe con otro color las aplicaciones sucesivas de pintura para contrastar con la pintura que está siendo cubierta?   |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 11. ¿Se recubren las superficies que serán inaccesibles después de la estructura con el número de manos requeridas?  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 12. Después de la erección, ¿se limpian muy bien todas las áreas donde la pintura de base se ha dañado o deteriorado?  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA | 13. ¿Se recubren los puntos donde la pintura base se ha dañado o deteriorado, con las manos de pintura requeridas para alcanzar el espesor apropiado antes de aplicar la capa final? |

### **563.07 HIERRO Y ACERO ESTRUCTURAL**

#### **(a) Procedimientos de pintura**

- |                             |                             |  |
|-----------------------------|-----------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> SA | <input type="checkbox"/> NA | <b>(1) Superficies nuevas o con toda la pintura existente removida</b>   |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA  |
|                             |                             | 1. ¿Se proporciona un método de pintura mostrado en la <i>Tabla 563-01 Sistemas de recubrimiento para hierro y acero estructural en superficies nuevas y superficies con toda la pintura removida</i> ?                      |
| <input type="checkbox"/> SA | <input type="checkbox"/> NA | <b>(2) Superficies con pintura en buen estado</b>  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> NA  |
|                             |                             | 1. ¿Se suministra un procedimiento de pintura compatible con la pintura existente?   |
|                             |                             | 2. ¿Se emplea un método mostrado en la <i>Tabla 563-02 Sistemas de recubrimiento para hierro y acero estructural en superficies con pintura existente en buen estado</i> o un método aprobado por el Ingeniero del Proyecto? |
|                             |                             | 3. Por lo menos 14 días antes de dar la orden de pintar, se verifica la compatibilidad de la pintura propuesta con la existente como sigue:  |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | 3.1. ¿Se selecciona un área de prueba de por lo menos 3 metros cuadrados que presente una condición representativa de la condición de la estructura?   |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | 3.2. ¿Se produce el nivel de preparación de la superficie especificado y se aplica el método propuesto a la capa superior y la base existente?   |
| <input type="checkbox"/> Sí | <input type="checkbox"/> No | 3.3. ¿Se observa si hay levantamientos, sangrado, ampollas, arrugas, agrietamiento, formación de escamas u otra evidencia de incompatibilidad?   |

- Sí  No 3.4. Por lo menos 14 días después de la prueba de aplicación de cada producto, ¿se verifica que no haya indicios de incompatibilidad?
- Sí  No 3.5. ¿Se ejecutan las pruebas de adherencia según ASTM D3359, método A?
- Sí  No 3.6. Si las pruebas de adherencia fallan en la interfase entre el sistema existente y el sustrato o entre la capa de acabado y la base, ¿se le notifica al Ingeniero de Proyecto?

**Tabla 563-01**

*Sistemas de recubrimiento para hierro y acero estructural en superficies nuevas y superficies con toda la pintura removida*

Capa	Sistema de pintura <sup>(1)</sup>				
	1	2	3	4	5
	Ambientes agresivos (Sal)	Ambientes agresivos (Sal)	Ambientes agresivos (Sal)	Ambientes menos agresivos (Sin sal)	Ambientes menos agresivos (Sin Sal)
Base	Zinc inorgánico tipo I 75-100 µm seco	Zinc inorgánico 75-100 µm seco	Uretano curado húmedo 50-75 µm seco	Látex acrílico 50-75 µm seco	Alcalino VOC bajo 50-75 µm seco
Intermedia	Epóxico 75-100 µm seco	Epóxico 75-100 µm seco	Uretano curado húmedo 50-75 µm seco	Látex acrílico 50-75 µm seco	Alcalino VOC bajo 50-75 µm seco
Superior	Uretano asfáltico 50-75 µm seco	Uretano asfáltico 50-75 µm seco	Uretano curado húmedo 50-75 µm seco	Látex acrílico 50-75 µm seco	Alcalino VOC bajo 50-75 µm seco
Espesor total	200-275 µm seco	200-275 µm seco	150-225 µm seco	150-225 µm seco	150-225 µm seco

Notas:

(1) Los sistemas 1, 2 o 3 son para protección a la corrosión de hierro o acero en ambientes propensos a la corrosión como ambientes marinos, industriales o de alta humedad. Sistemas 4 o 5 son para los ambientes libres de altas concentraciones de sales o contaminantes causantes de ambientes de alta corrosión.

**Tabla 563-02**

*Sistemas de recubrimiento para hierro y acero estructural en superficies con pintura existente en buen estado*

Capa	Sistema de pintura <sup>(1)</sup>		
	6	7	8
	Ambientes agresivos (Sal)	Ambientes menos agresivos (Sin sal)	Ambientes menos agresivos (Sin sal)
Base	Uretano curado-húmedo 50-75 µm seco	Alcalino VOC bajo 50-75 µm seco	Sellador epóxico de baja viscosidad 25-50 µm seco
Intermedia	Uretano curado-húmedo 50-75 µm seco	Alcalino VOC bajo 50-75 µm seco	Epóxico 75-100 µm seco
Superior	Uretano curado-húmedo o uretano asfáltico 50-75 µm seco	Silicón-alciano VOC bajo 50-75 µm seco	Uretano asfáltico 50-75 µm seco
Espesor total	150-225 µm seco	150-225 µm seco	50-225 µm seco

Notas:

(1) El sistema 6 es para protección del hierro y acero en ambientes corrosivos agresivos como los siguientes: marino, industrial, de alta humedad y estructuras expuestas a sales. Los sistemas 7 y 8 son para el uso en aquellos entornos libres de altas concentraciones de sales o de contaminantes que originan los ambientes de corrosión agresivos.

**(b) Preparación de la superficie**
 Sí  No  NA

1. ¿Se prohíbe la remoción de pintura en buen estado a menos que se especifique en el Contrato?

 Sí  No  NA

 SA  NA

**(1) Superficies nuevas o superficies con toda la pintura removida**
 Sí  No  NA

1. ¿Se elimina de las superficies expuestas toda la suciedad, escamas, herrumbre, pintura y cualquier otro material extraño por medio de limpieza mediante chorro de arena hasta llegar al metal blanco de acuerdo con SSPC-SP 10?

 Sí  No  NA

2. ¿Se usa aire comprimido que esté libre de aceite o humedad y que no muestre manchas negras o húmedas cuando se prueba de acuerdo con la norma ASTM D4285?

 Sí  No  NA

3. ¿Se prohíbe el uso de arena sin lavar o abrasivos que contengan sales, suciedad, aceite u otras materias extrañas?

 Sí  No  NA

4. Antes de realizar la limpieza con chorro de arena cerca de la maquinaria, ¿se sellan los apoyos, chumaceras, motores y partes móviles para evitar la entrada del polvo abrasivo?

 Sí  No  NA

5. ¿La limpieza se realiza con escorias limpias y secas, con arena mineral, polvo o limaduras de acero?

 Sí  No  NA

6. ¿Se utiliza una gradación adecuada para producir un patrón de anclaje denso y uniforme?

 Sí  No  NA

7. ¿Se produce un patrón de anclaje con una altura de 25 a 50 micrómetros, pero no menos de la recomendada en las especificaciones del fabricante del sistema de pintura?

 Sí  No  NA

8. ¿Se mide el patrón de anclaje utilizando el método de la cinta adhesiva según ASTM D4417?

 Sí  No  NA

9. El mismo día que se lleva a cabo la limpieza, ¿se remueve la suciedad, el polvo y otros desechos de la superficie mediante cepillado, soplado con aire seco limpio o con aspiradora?

 Sí  No  NA

10. El mismo día que se lleva a cabo la limpieza, ¿se aplica la primera capa de pintura a las superficies limpiadas con chorro de arena?

 Sí  No  NA

11. Si las superficies limpiadas se herrumbren o se contaminan antes de pintar, ¿se repite la limpieza con chorro de arena?

 Sí  No  NA

 SA  NA

**(2) Superficies con pintura existente en buen estado**
 Sí  No  NA

1. ¿Se lavan todas las superficies que van a ser pintadas con agua a presión para remover la suciedad, herrumbre suelto y contaminantes tales como cloruros?

 Sí  No  NA

2. ¿Se mantiene la presión del agua de lavado en por lo menos 3,5 megapascuales?

 Sí  No  NA

3. ¿Se recoge toda el agua de lavado y los desechos removidos de acuerdo con las regulaciones apropiadas?

- Sí  No  NA
4. ¿Se limpia de acuerdo con SSPC-SP 2 — Limpieza con herramientas manuales, SSPC-SP 3 — Limpieza con herramientas mecánicas o SSPC-SP 6 — Limpieza con chorro de arena comercial para remover la suciedad, herrumbre suelto o pintura que no está firmemente adherida a la superficie subyacente?
- Sí  No  NA
5. ¿Se limpian las áreas pequeñas que muestren corrosión en los agujeros de los pasadores, o daños, debido a piedras lanzadas por el tránsito o rayones leves?
- Sí  No  NA
- 5.1. ¿Se limpian por lo menos 50 milímetros más allá de las áreas dañadas?
- Sí  No  NA
6. ¿Se pulen los bordes de la pintura antigua remanente para obtener una superficie suficientemente lisa?
- Sí  No  NA
7. El mismo día en que se realiza la limpieza manual o con herramientas mecánicas, ¿se remueve la suciedad, polvo y otros contaminantes de la superficie con métodos de limpieza con solventes de acuerdo con SSPC-SP 1?
- Sí  No  NA
8. El mismo día en que se realiza la limpieza manual o con herramientas mecánicas, ¿se pintan las áreas de acero sin revestimiento con la primera capa de pintura?
- Sí  No  NA
9. Si las superficies limpiadas se herrumbren o se contaminan antes de pintar, ¿se repite la limpieza con solventes?
- Sí  No  NA
10. ¿Se repara todo daño a la pintura en buen estado aplicando el método de pintura completo?

**(c) Aplicación pinturas**

- Sí  No  NA
1. ¿Se aplica cada capa de pintura con el espesor de película húmeda especificada por el fabricante para obtener el espesor requerido de película seca?
- Sí  No  NA
2. ¿Se verifica la razón de aplicación de cada capa con un medidor de espesor de película húmeda inmediatamente después de aplicar la pintura a la superficie?
- Sí  No  NA
3. ¿Se confirma la razón de aplicación midiendo el espesor de la película seca después de que el solvente se ha evaporado de la superficie?

**563.08 PINTURA DE SUPERFICIES GALVANIZADAS**
**General**

- Sí  No  NA
1. ¿Se remueve todo el aceite, grasa u otros contaminantes sobre la superficie lavando con un solvente mineral según SSPC-SP 1?
- Sí  No  NA
2. ¿Se aplica el sistema de pintura mostrado en la *Tabla 563-03 Sistemas de recubrimiento para otras estructuras*, para otros metales?

**563.09 PINTURA DE ESTRUCTURAS DE MADERA**
**General**

- Sí  No  NA 1. ¿Se seca la madera hasta que tenga un contenido de humedad igual o menor a 20%?
- Sí  No  NA 2. En las maderas previamente pintadas, ¿se remueve toda la pintura agrietada o descascarillada, suciedad y otros materiales extraños mediante cepillado, raspado u otro método aprobado? (Indicar método en Observaciones).
- Sí  No  NA 3. Las maderas tratadas con creosota o con el preservante pentaclorofenol, ¿los cristales de sal visibles en la superficie de la madera se lavan y se retiran mediante cepillado y se deja secar?
- Sí  No  NA 4. ¿Se remueve todo el polvo u otros materiales extraños de la superficie que va a ser pintada?
- Sí  No  NA 5. ¿Se aplica el método de pintura mostrado en la *Tabla 563-03 Sistemas de recubrimiento para otras estructuras*?
- Sí  No  NA 6. ¿La base se aplica antes de la estructura?
- Sí  No  NA 7. Después de que la base se ha secado y que la madera está en su sitio, ¿se rellena, a ras con la superficie, todas las grietas, hendiduras, agujeros de los clavos u otras depresiones utilizando una masilla aprobada?
- Sí  No  NA 8. ¿Se extiende uniformemente y se aplica minuciosamente la pintura en todas las esquinas y agujeros?
- Sí  No  NA 9. ¿Se dejar secar la pintura antes de aplicar la siguiente capa?

**563.10 PINTURA DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO**
**General**

- Sí  No  NA 1. ¿Se remueve toda la lechada, polvo, materiales extraños, compuestos de curado, aceite del encofrado, grasa u otros materiales deletéreos de la superficie del concreto?
- Sí  No  NA 2. ¿Se remueve el aceite de la formaleta, la grasa o los materiales de curado lavando con una solución al 5% de fosfato de trisodio y enjuagando con agua limpia?
- Sí  No  NA 3. ¿Se deja que la superficie se seque completamente?
- Sí  No  NA 4. ¿Se le hace un barrido abrasivo suave a la superficie limpiada para remover el mortero u otros contaminantes?
- Sí  No  NA 5. ¿Se eliminan todos los residuos y polvo manualmente, con escoba, aire comprimido u otros métodos aprobados? (Indicar método en Observaciones).
- Sí  No  NA 6. ¿Se aplica el método de pintura mostrado en la *Tabla 563-03 Sistemas de recubrimiento para otras estructuras*?

- Sí    No    NA   7. ¿Se extiende uniformemente y se aplica minuciosamente la pintura en todas las esquinas y agujeros?
- Sí    No    NA   8. ¿Se dejar secar la pintura antes de aplicar la siguiente capa?

**Tabla 563-03**
*Sistemas de recubrimiento para otras estructuras*

Substrato	Capa de Pintura			Total
	Base	Intermedia	Acabado	
Madera lisa	Base para maderas exteriores <sup>(1)</sup> 60-70 µm seca	Látex o álcalis de exteriores 35-50 µm seca	Látex o álcalis de exteriores 35-50 µm seca	130 – 170 µm seca
Madera áspera	Látex o álcalis de exteriores <sup>(1)</sup> 35-50 µm seca	Látex o álcalis de exteriores 35-50 µm seca	Látex o álcalis de exteriores 35-50 µm seca	105 – 150 µm seca
Concreto	Una sola capa de epóxico 80-100 µm seca. Para acabado brillante, Acabar con poliuretano asfáltico (50 µm seca)			80 – 150 µm seca
Bloques de mampostería	Relleno de mampostería 50-60 µm seca	Látex o álcalis de exteriores 35-50 µm seca	Látex o álcalis de exteriores 35-50 µm seca	120 – 160 µm seca
Aluminio	Base de metal 30-40 µm seca	Látex o álcalis de exteriores 35-50 µm seca	Látex o álcalis de exteriores 35-50 µm seca	100 – 140 µm seca
Otros metales	Base de metal <sup>(2)</sup> 30-40 µm seca	Látex o álcalis de exteriores 35-50 µm seca	Látex o álcalis de exteriores 35-50 µm seca	105 – 145 µm seca

**Notas:**

(1) Para la madera sin tratar, se debe diluir la base con 0,1 litros (L) de aguarrás y 0,1 litros (L) de aceite de linaza por cada litro (L) de pintura.

(2) Para las superficies galvanizadas, se debe usar una base epóxica (35-45 micrómetros (µm) de espesor seco) o una base de vinilo (7-13 micrómetros (µm) de espesor seco)

**OBSERVACIONES**

Firma del Inspector: \_\_\_\_\_

Fecha de Inspección: \_\_\_\_\_

**Apéndice I.** ITP-RI-40 V01 Lista de verificación accesorios de apoyo.



<b>Elaborado por:</b>	<b>Puesto:</b>	<b>Firma:</b>	<b>Fecha:</b>
<b>Revisado por:</b>	<b>Puesto:</b>	<b>Firma:</b>	<b>Fecha:</b>
<b>Aprobado por:</b>	<b>Puesto:</b>	<b>Firma:</b>	<b>Fecha:</b>

Copia No. \_\_\_\_\_ Entregado a: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

### CONTROL DE CAMBIOS

<b>No.</b>	<b>Página</b>	<b>Cambio realizado</b>	<b>Realizado por</b>	<b>Fecha</b>
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

## SECCIÓN 564 ACCESORIOS DE APOYO

### 564.03 GENERAL

#### (c) Empaque, manipulación y almacenamiento

- Sí    No    NA   1. ¿Se desarmen los apoyos en el sitio solo para la inspección o instalación?
- Sí    No    NA   2. ¿Se almacenan todos los accesorios y componentes de los apoyos en el sitio de trabajo en un lugar que provea protección de los daños ambientales y físicos?

#### (d) Construcción e instalación

- Sí    No    NA   1. ¿Se limpian los apoyos de toda sustancia extraña?
- Sí    No    NA   2. ¿Los apoyos y sus componentes se colocan de acuerdo con las dimensiones mostradas en los planos o según lo establezca el fabricante?
- Sí    No    NA   3. ¿Los apoyos y sus componentes se ajustan de acuerdo con las instrucciones del fabricante para compensar los movimientos según la temperatura de instalación y los movimientos futuros del puente?
- Sí    No    NA   4. ¿Se fija el nivel de los apoyos de los puentes en la elevación y posición exactas?
- Sí    No    NA   5. ¿Se provee un apoyo completo y uniforme en todas las superficies externas de los apoyos?
- Sí    No    NA   6. Si las superficies de apoyo tienen elevaciones inadecuadas, no están niveladas o si los apoyos no pueden ser colocados apropiadamente, ¿se notifica a la Administración?
- Sí    No    NA   6.1. Además de notificar a la Administración, ¿se entrega por escrito para la aprobación una propuesta para modificar la instalación?
- Sí    No    NA   7. ¿Se asientan los apoyos metálicos, no embebidos en concreto, sobre el concreto con un relleno o material similar aprobado? (Indicar material en Observaciones).
- Sí    No    NA   8. ¿Las almohadillas elastoméricas se colocan directamente sobre superficies de concreto que hayan sido preparadas de forma adecuada, sin utilizar algún tipo de material de asiento?
- Sí    No    NA   9. ¿Se pulen las superficies de los apoyos colocados directamente sobre el acero para proveer una superficie nivelada y plana?

### 564.04 APOYOS ELASTOMÉRICOS

#### General

- Sí    No    NA   1. ¿Se refuerza en todo el espesor los apoyos elastoméricos que tengan un espesor mayor de 15 milímetros con láminas colocadas cada 15 milímetros?

- Sí    No    NA   2. ¿Se determinar el cumplimiento con el criterio de aceptación de nivel I de AASHTO M251?
- Sí    No    NA   3. ¿Se marca cada apoyo reforzado con tinta indeleble o con pintura flexible? La información marcada incluye:
- Sí    No   3.1. Número de pedido.
- Sí    No   3.2. Número de partida.
- Sí    No   3.3. Número de identificación del apoyo.
- Sí    No   3.4. Tipo de elastómero.
- Sí    No   3.5. Número de grado.
- Sí    No    NA   4. La información marcada, ¿se encuentra en una cara visible después de la erección del puente?
- Sí    No    NA   5. ¿Se proporciona una lista de todos los número de los apoyos?
- Sí    No    NA   6. ¿Los apoyos se colocan en una superficie numerada?
- Sí    No    NA   7. ¿Se corrige cualquier desalineamiento en el apoyo para obtener una superficie nivelada?
- Sí    No    NA   8. ¿Se prohíbe soldar las vigas de acero o las placas de apoyo a las placas exteriores del apoyo a menos que exista más de 40 milímetros de acero entre la soldadura y el elastómero?
- Sí    No    NA   9. ¿Se prohíbe la exposición del elastómero o pegamento del elastómero a temperaturas instantáneas mayores a 200 °C?

## 564.05 APOYOS OSCILANTES, DE RODILLO Y DESLIZANTES

### General

- Sí    No    NA   1. ¿Los apoyos oscilantes, de rodillo y deslizantes se fabrican de acuerdo con los detalles mostrados en planos?
- Sí    No    NA   2. ¿Los apoyos oscilantes, de rodillo y deslizantes se encuentran libres de rebadas, bordes ásperos y afilados y otros defectos?
- Sí    No    NA   3. ¿Se reviste minuciosamente todas las superficies de contacto con aceite y grafito justo antes de colocar los apoyos de rodillo?
- Sí    No    NA   4. ¿Se instalan los apoyos de oscilación, los rodillos y los apoyos deslizantes de forma que estén verticales y a la temperatura media especificada después de la remoción de la formaleta y después de cualquier acortamiento debido a las fuerzas de preesfuerzo?
- Sí    No    NA   5. ¿Se comprueba que la superestructura tiene un movimiento total y libre en los apoyos móviles?
- Sí    No    NA   6. ¿Los apoyos cilíndricos se colocan de manera que sus ejes de rotación estén alineados y coincidan con los ejes de rotación de la superestructura?

**564.06 PLACAS EN MAMPOSTERÍA, DE FUNDACIÓN Y DE RELLENO PARA LOS APOYOS****General**

- Sí  No  NA 1. ¿Se suministran las placas metálicas utilizadas en la mampostería, placas de asiento y de relleno de acuerdo con AASHTO M270M, grado 250?
- Sí  No  NA 2. ¿Las placas se encuentran libres de rebabas y otros defectos?
- Sí  No  NA 3. ¿Las placas de los apoyos e colocan en forma precisa, en una posición nivelada como se muestra en los planos?
- Sí  No  NA 4. ¿Se provee un apoyo uniforme sobre la superficie de contacto del apoyo?

**564.07 SUPERFICIES DE POLITETRAFLUOROETILENO (PTFE) PARA LOS APOYOS****General**

- Sí  No  NA 1. ¿Se provee material de PTFE que haya sido adherido en la fábrica, conectado mecánicamente o incrustado en el material base según se muestra en los planos?
- Sí  No  NA 2. ¿Se adhiere o se sujeta mecánicamente la tela que contiene las fibras PTFE a una platina rígida?
- Sí  No  NA 2.1. ¿Se utiliza una tela capaz de resistir cargas de 70 megapascuales sin fluir en frío?
- Sí  No  NA 2.2. ¿Se usa un adherente tela-platina capaz de resistir, sin laminarse, una fuerza cortante igual al 10% de la carga de aplicación perpendicular o normal más cualquier otro esfuerzo cortante en el apoyo?
- Sí  No  NA 3. ¿La aceptación se hace usando los métodos y procedimientos de prueba aprobados de acuerdo con la Sección 18, Subsección 18.8.3, de las especificaciones AASHTO Standard Specifications for Highway Bridges División II, Volumen II?
- Sí  No  NA 3.1. Si el banco de prueba no permite ensayar el apoyo completo, ¿se fabrican apoyos adicionales y se preparan muestras con una capacidad para los esfuerzos normales de trabajo de por lo menos 450 kilonewtons?
- Sí  No  NA 4. ¿Se determinan los coeficientes de fricción estático y dinámico cuando se inicia el movimiento del apoyo de prueba a una velocidad de deslizamiento menor de 25 milímetros por minutos?
- Sí  No  NA 4.1. ¿El coeficiente de fricción es menor al especificado en la *Tabla 564-01 Coeficiente de fricción* o el especificado por el fabricante?
- Sí  No  NA 5. ¿Se proporciona una lista de los números de los apoyos individuales?

**Tabla 564-01**
*Coefficiente de fricción*

Material	Presión del apoyo	Coefficiente de fricción
PTFE sin relleno, tela que contenga fibras PTFE, o algún compuesto de PTFE y metal	3,5	0,08
	14	0,06
	24	0,04
PTFE con relleno	3,5	0,12
	14	0,10
	24	0,08
Estructuras de bronce entrelazados y rellenas de PTFE	3,5	0,10
	14	0,07
	24	0,05

**564.08 PERNOS DE ANCLAJE**
**General**

- Sí    No    NA   1. ¿Se proveen pernos de anclaje estampados o torneados conformes con ASTM A307 o según se muestra en los planos o se especifica en el Contrato?
- Sí    No    NA   2. ¿Se ponen los pernos de anclaje antes de la colocación del concreto o se instalan en agujeros perforados después de la colocación del concreto?
- Sí    No    NA   2.1. Si los pernos se instalan después de la colocación del concreto, ¿se fijan en los agujeros mediante el uso de una lechada con contracción compensada o con un adhesivo químico aprobado?
- Sí    No    NA   2.2. Si se utiliza una lechada con contracción compensada, ¿se perforan los agujeros con un diámetro 25 milímetros mayor que el diámetro del perno?
- Sí    No    NA   2.3. Si se utilizan adhesivos químicos, ¿se siguen las recomendaciones acerca del diámetro del agujero dadas por el fabricante del adhesivo?
- Sí    No    NA   3. ¿Se ajusta la ubicación de los pernos de acuerdo con la temperatura de la superestructura según se requiera?
- Sí    No    NA   4. ¿Se prohíbe la restricción del movimiento libre de la superestructura en los apoyos móviles mediante pernos de anclaje o tuercas?

**564.09 ASIENTO DE LAS PLACAS DE MAMPOSTERÍA**
**General**

- Sí    No    NA   1. ¿Se coloca el relleno o tela como material de asiento debajo de las placas de mampostería si es requerido por el Contrato?

- Sí  No  NA 2. ¿Se usa el relleno o tela especificada y se instala para proveer un apoyo completo en las áreas de contacto?
- Sí  No  NA 3. ¿Se limpia muy bien las superficies de contacto del concreto y del acero inmediatamente antes de colocar el material de asiento y de instalar los apoyos o placas de mampostería?
- Sí  No  NA 4. Si los materiales de asiento no están especificados, ¿se cumple con la subsección 18.4.10 AASHTO LRFD del Manual de Especificaciones para el Diseño y Construcción de Puentes, o según lo indicado por la Administración?

**OBSERVACIONES**

Firma del Inspector: \_\_\_\_\_

Fecha de Inspección: \_\_\_\_\_

**Apéndice J.** ITP-RI-41 V01 Lista de verificación pilotes de concreto preexcavado y colado en sitio.



Ingeniería Técnica de Proyectos ITP, S.A.

*Lista de verificación – Pilotes de concreto  
preexcavados y colados en sitio*

**Código:  
ITP-RI-41**

**Versión:  
01**

**Página:  
1 de 15**

**Fecha de aprobación:  
---**

Elaborado por:	Puesto:	Firma:	Fecha:
Revisado por:	Puesto:	Firma:	Fecha:
Aprobado por:	Puesto:	Firma:	Fecha:

Copia No. \_\_\_\_\_ Entregado a: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

### CONTROL DE CAMBIOS

No.	Página	Cambio realizado	Realizado por	Fecha
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

**SECCIÓN 565 PILOTES DE CONCRETO PREEXCAVADOS Y COLADOS EN SITIO**
**656.04 PILOTES PREEXCAVADOS Y COLADOS EN SITIO**
**(a) Excavación**

- Sí  No  NA 1. ¿Se excavan los agujeros de acuerdo con el plan de instalación aprobado?
- Sí  No  NA 2. ¿Se excavan las cimentaciones para las estructuras y se realizan los rellenos de sustitución antes de iniciar la perforación de los pilotes preexcavados?
- Sí  No  NA 3. ¿Se provee equipo y herramientas con capacidad de excavar perforaciones 20% más profundas de lo indicado en planos y del mismo diámetro especificado?
- Sí  No  NA 4. ¿Se cumplen las tolerancias de desplazamiento máximo en planta y de la alineación vertical de los pilotes preexcavados respecto a su posición en planos según la *Tabla 565-01 Tolerancias del pilote*?

**Tabla 565-01**
*Tolerancias del pilote*

Diámetro del pilote	Tolerancia
<b>Desplazamiento en planta (horizontal)</b>	
≤ 600 mm	75 mm
600 mm < $\phi$ < 1500 mm	100 mm
≥ 1500 mm	150 mm
<b>Alineación vertical</b>	
Suelo	15 mm por metro de profundidad
Roca	20 mm por metro de profundidad

- SA  NA **(1) Registros de perforación**
- Sí  No  NA 1. ¿Se mantienen registros de perforación del material excavado, realizados por un profesional (geólogo o Ingeniero) responsable debidamente inscrito en el Colegio Profesional respectivo?
- Sí  No 2. Indique si los registros contienen la siguiente información:
- Sí  No 2.1. Descripción y elevación aproximada del límite superior e inferior de cada estrato de suelo o material rocoso encontrado.
- Sí  No 2.2. Fecha y hora en que fue encontrado el suelo o el material rocoso.
- Sí  No 2.3. Profundidad del nivel freático encontrado.
- Sí  No 2.4. Equipo utilizado, tiempo requerido para perforar un pilote, los cambios de las barrenas, averías y otras dificultades encontradas.
- Sí  No 2.5. Observaciones.

- SA  NA **(2) Perforación**
- Sí  No  NA 1. Si es una perforación sin desprendimiento, ¿la excavación se realiza sin necesidad de colocar ningún sistema de encamisado temporal o

- definitivo, pero si con barrenas, baldes de corte, baldes de limpieza, entre otros? (Indicar en Observaciones).
- Sí  No  NA
2. Si es una perforación con desprendimiento, independientemente de la existencia de agua, se tendrá que utilizar alguno de los siguientes sistemas de estabilización según las necesidades del proyecto:
- SA  NA
- Sí  No  NA
- a) Encamisado metálico temporal o definitivo**
1. ¿Se utilizan elementos cilíndricos de acero (camisas), construidos expresamente para cumplir con su función de ademe y cuyos extremos deben tener un sistema de conexión tal que permita una unión lisa con otra camisa?
- SA  NA
- Sí  No  NA
- b) Lodos bentoníticos o polímeros**
1. ¿Se prohíbe el uso de lodos de perforación en materiales que estén compuestos de bloques de roca y que presenten inestabilidad?
- Sí  No  NA
2. Al usar polímeros, ¿se utiliza un aditivo que permita la decantación de la arena?
- Sí  No  NA
- 2.1. ¿La arena decantada es removida del fondo del pilote con ayuda del balde de limpieza?
- SA  NA
- Sí  No  NA
- c) Colado de concreto pobre y perforación**
1. ¿Se coloca concreto pobre cumpliendo con lo establecido en la Sección 614 Relleno de concreto pobre del CR-2020?
- Sí  No  NA
2. Después de transcurrido el tiempo de fragua inicial, ¿se reperfora para generar un anillo de concreto que se encargará de mantener estable la zona problemática?
- Sí  No  NA
- Nota: Este procedimiento puede repetirse en caso de que no sea satisfactorio el resultado de la primera reperfusión.
3. Una vez estabilizada y superada la zona problemática, ¿se continua con la perforación del pilote con ayuda de las herramientas convencionales?
- Sí  No  NA
5. Una vez terminada la perforación (con o sin sostenimiento de las paredes), ¿se procede con la limpieza del fondo de la perforación, con ayuda de baldes limpiadores?
- Sí  No  NA
6. Posterior a la limpieza, ¿se coloca la armadura de acero dentro del agujero, debidamente centralizada?
- Sí  No  NA
7. Para finalizar, ¿se coloca la tubería Tremie o los tubos de descarga de la bomba dentro de la perforación para colar el concreto a través de ella?
- Sí  No  NA
8. ¿Se mantiene el diámetro nominal especificado de la excavación antes de colocar los elementos de refuerzo y el concreto?

- Sí  No  NA 9. Si el terreno presenta ablandamiento, hinchamiento o cake por uso de bentonita, y es aprobado por la Administración, ¿se incrementa el diámetro de la perforación al menos 13 milímetros y como máximo 75 milímetros?
- Sí  No  NA 10. Si la excavación continua degradándose o evadiendo el espacio planeado para colocar el acero de refuerzo con su respectivo recubrimiento, ¿se encamisa la perforación o se utilizan lodos de perforación, o ambos sistemas?
- Sí  No  NA 11. Cuando se encuentren en aguas abiertas y se requiera utilizar camisas permanentes, ¿se extiende la camisa exterior por encima de la elevación del nivel freático, protegiendo contra la acción del agua durante la colocación y el curado del concreto?
- Sí  No  NA 12. ¿La camisa exterior se instala de tal manera que proporcione un sello en la parte inferior de la camisa evitando la entrada de agua o de otro material de la excavación detrás de la camisa?
- Sí  No  NA 13. Se remueve el material de excavación, otro material suelto o ambos del fondo de la perforación al finalizar la excavación?
- Sí  No  NA 14. ¿La perforación se limpia sin dejar más de 13 milímetros de sedimento en el fondo?
- Sí  No  NA 15. Si por algún motivo se requiere secar la perforación, ¿se reduce la profundidad del agua acumulada a menos 75 milímetros antes de colocar el concreto?
- Sí  No  NA 16. ¿Se prohíbe realizar excavaciones adicionales, la aplicación de cargas de equipo pesado o el uso de equipo que induzca vibración u otro tipo de actividades constructivas, dentro de 4,5 metros o 3 veces el diámetro de la perforación, la que sea mayor, de cualquier construcción de un nuevo pilote por al menos 20 horas?
- Sí  No  NA 17. ¿Se rellenan las perforaciones rechazadas con concreto pobre?

**(b) Lodos de perforación**

- Sí  No  NA 1. ¿Se mezcla el lodo de perforación con agua potable o en su defecto agua tratada, de acuerdo con las instrucciones del fabricante, antes de la introducción en la excavación de la perforación?
- Sí  No  NA 2. ¿Se utilizan tanques de capacidad adecuada para la circulación, almacenamiento y tratamiento del lodo?
- Sí  No  NA 3. Si se utiliza bentonita, ¿se prohíbe el uso de agujeros excavados o la excavación del pilote para mezclar el lodo?
- Sí  No  NA 4. ¿Se prohíbe agregar los componentes minerales directamente dentro de la excavación del pilote?
- Sí  No  NA 5. ¿Se realiza un riguroso control de calidad del lodo de perforación, para verificar su cumplimiento con el diseño establecido?
- Sí  No  NA 6. ¿Se monitorea la densidad y el contenido de arena y se verifica que cumplen con lo indicado en las *Tablas 565-02 Rangos de valores*

- aceptables para los lodos de perforación minerales y 565-03 Rangos de valores aceptables para los lodos de perforación a base de polímeros?*
- Sí  No  NA 7. ¿Se suministra el equipo para limitar el contenido de arena en el lodo según lo indicado en las *Tablas 565-02 Rangos de valores aceptables para los lodos de perforación minerales y 565-03 Rangos de valores aceptables para los lodos de perforación a base de polímeros en cualquier punto de la perforación?*
- Sí  No  NA 8. ¿Se verifica el contenido de arena inmediatamente antes de la colocación del concreto?
- Sí  No  NA 9. ¿Se mantiene el nivel del lodo dentro de la excavación al menos 1,5 metros sobre el nivel piezométrico del agua y a un nivel lo suficientemente alto para evitar el derrumbe de la excavación?
- Sí  No  NA 10. Si existe una pérdida significativa del lodo en la perforación, ¿se detiene la perforación y se toman las medidas correctivas para evitar la pérdida del lodo?
- Sí  No  NA 11. ¿Se evita el asentamiento del lodo en la excavación?
- Sí  No  NA 12. Si el método de construcción con lodos no produce los resultados finales deseados, ¿se suspende el uso y se utiliza un método alternativo aprobado por la Administración?
- Sí  No  NA 13. Durante la excavación de la perforación y hasta la colocación del concreto, ¿se mantiene la densidad, viscosidad y pH del lodo de perforación dentro de los rangos aceptables mostrados en las *Tablas 565-02 Rangos de valores aceptables para los lodos de perforación minerales y 565-03 Rangos de valores aceptables para los lodos de perforación a base de polímeros*, para bentonitas y a base de polímeros, respectivamente?
- Sí  No  NA 14. ¿Se toman muestras del lodo utilizando una herramienta de muestreo aprobada por la Administración?
- Sí  No  NA 15. ¿Se extraen muestras de la base y a 3 metros de la base de la perforación?
- Sí  No  NA 16. ¿Se realizan 4 grupos de ensayos durante las primeras 8 horas de uso del lodo?
- Sí  No  NA 17. Cuando los resultados son aceptables y consistentes, ¿se reduce la frecuencia de ensayos a uno por cada 4 horas de uso del lodo?
- Sí  No  NA 18. Cuando una muestra del lodo es inaceptable, ¿se hacen las correcciones necesarias para hacer que se encuentre dentro de las especificaciones?
- Sí  No  NA 19. ¿Se prohíbe colocar el concreto hasta que los resultados del nuevo muestreo y ensayo indiquen valores aceptables según *Tabla 565-03 Rangos de valores aceptables para los lodos de perforación a base de polímeros?*

- Sí  No  NA 20. ¿Se desecha el lodo en una manera ambientalmente aceptable en un lugar aprobado por la Administración?

**(c) Camisas**

- Sí  No  NA 1. ¿Se instalan camisas temporales para prevenir el desprendimiento de la parte superior de la excavación?

Nota: No se instalarán a menos que se demuestre y se apruebe por parte de la Administración, que no es necesario colocarlas.

- Sí  No  NA 2. Si las condiciones de la pared de la perforación justifican la estabilización o mitigación adicional de la infiltración excesiva de agua subterránea, ¿se instalan camisas temporales?

- Sí  No  NA 3. ¿Se utilizan camisas de acero lisas, limpias y estancas, con la resistencia necesaria para soportar los esfuerzos de manipulación e instalación y las presiones del concreto y del suelo circundante?

- Sí  No  NA 4. ¿En los planos se indican todos los diámetros externos de las camisas?

- Sí  No  NA 4.1. ¿El diámetro de una camisa cumple con las tolerancias aplicables para la tubería de acero regular del Instituto Americano del Petróleo?

- Sí  No  NA 4.2. ¿El diámetro exterior de la camisa es mayor que el tamaño especificado del pilote?

- Sí  No  NA 5. ¿Las camisas se instalan para producir un cierre hermético en el fondo que evite la socavación de agua u otros materiales dentro o fuera de la perforación?

- Sí  No  NA 6. Si se necesita extraer una camisa, ¿se estabiliza la excavación con lodo, relleno u otro método aprobado por la Administración, antes de instalar la nueva camisa?

- Sí  No  NA 7. Si se excava bajo el nivel freático, ¿se mantiene un nivel adecuado de agua o lodo dentro de la perforación, evitando la socavación o desprendimientos de material en el fondo de la perforación?

- Sí  No  NA 8. ¿Todas las camisas subterráneas se consideran temporales, a menos que la Administración señale lo contrario?

- Sí  No  NA 9. ¿Se retira la camisa antes de concluir la colocación del concreto en cualquier pilote que requiera ademado?

- Sí  No  NA 10. Durante la extracción de la camisa, ¿se tiene cuidado de mantener un nivel adecuado de concreto dentro de la camisa, de forma que el líquido atrapado detrás de la camisa sea desplazado hacia arriba y sea descargado en la superficie del terreno sin contaminar o desplazar el concreto del pilote?

- Sí  No  NA 11. Las camisas temporales que se han atascado o dañado durante la construcción del pilote y no puedan ser removidas de manera práctica, ¿se consideran como un defecto en el pilote preexcavado?

- Sí  No  NA 11.1. ¿Los pilotes preexcavados defectuosos se corrigen usando métodos aprobados por la Administración? (Indicar las acciones correctivas en Observaciones).

- Sí  No  NA 12. Si una camisa se designa como permanente, ¿se corta en la elevación requerida y se deja en el sitio?

**Tabla 565-02**
*Rangos de valores aceptables para los lodos de perforación minerales*

Propiedad	En el agujero, al momento del ensayo de colocación	Método
Densidad <sup>(1)</sup> (kg/m <sup>3</sup> )	1025 – 1153	API 13B-1 <sup>(2)</sup> , sección 1 “Balance de densidad”
Viscosidad (s/l)	30 - 53	API 13B-1 <sup>(2)</sup> , sección 2.2 “Cono Marshall”
pH	8 – 11	Papel de pH o medidor de pH
Contenido de arena (%)	4,0 máximo	API 13B-1 <sup>(2)</sup> , sección 5

Notas:

(1) Los valores de densidad mostrados son para agua dulce. Se deberá incrementar 23 kg/m<sup>3</sup> para agua salada. Realizar el ensayo cuando la temperatura del lodo de perforación se encuentre por encima de los 4,5 °C.

(2) Instituto Americano del Petróleo (American Petroleum Institute), API 13B-1 “Práctica recomendada para ensayos en campo para fluidos de perforación a base de agua”.

**Tabla 565-03**
*Rangos de valores aceptables para los lodos de perforación a base de polímeros*

Propiedad	En el agujero, al momento del ensayo de colocación	Método
Densidad <sup>(1)</sup> (kg/m <sup>3</sup> )	1025 máximo	API 13B-1 <sup>(2)</sup> , sección 1 “Balance de densidad”
Viscosidad (s/l)	34 - 143	API 13B-1 <sup>(2)</sup> , sección 2.2 “Cono Marshall”
pH	8 – 11 <sup>(3)</sup>	Papel de pH o medidor de pH
Contenido de arena (%)	1,0 máximo	API 13B-1 <sup>(2)</sup> , sección 5

Notas:

(1) Los valores de densidad mostrados son para agua dulce. Se deberá incrementar 23 kg/m<sup>3</sup> para agua salada. Realizar el ensayo cuando la temperatura del lodo de perforación se encuentre por encima de los 4,5 °C.

(2) Instituto Americano del Petróleo (American Petroleum Institute), API 13B-1 “Práctica recomendada para ensayos en campo para fluidos de perforación a base de agua”.

(3) El valor del pH puede encontrarse fuera de este rango dependiendo de la recomendación del fabricante.

## 565.05 ACERO DE REFUERZO PARA PILOTES PREEXCAVADOS Y COLOCACIÓN DE TUBOS DE ACCESO PARA EL ENSAYO DE REGISTROS SÓNICOS CRUZADOS (CROSSHOLE-CSL)

**General**

- Sí  No  NA 1. ¿Se realiza el trabajo del acero de refuerzo de acuerdo con la Sección 554 Acero de refuerzo del CR-2020?
- Sí  No  NA 2. ¿Se amarra firmemente los empalmes del acero de refuerzo con alambre y con puntos de soldadura cuando el peso de la armadura no sea soportado solo por el alambre?



- Sí  No  NA 17.2. ¿Se prohíbe la construcción de pilotes adicionales hasta que el método de soporte de las armaduras de acero de refuerzo haya sido aprobado por la Administración?
- Sí  No  NA 18. ¿Se prohíbe proceder con la instalación subsecuente para otros pilotes hasta que el ensayo de CSL se haya completado en el primer pilote y los resultados hayan sido aprobados por escrito por la Administración?
- Sí  No  NA 19. Si la Administración determina que la calidad del primer pilote no es adecuada y no se acepta dicho pilote, ¿se prohíbe realizar trabajos en los siguientes pilotes hasta que los resultados del ensayo de CSL del primer pilote hayan sido aceptados por la Administración?
- Sí  No  NA 20. Después de que el primer pilote haya sido aceptado, ¿se prohíbe cambiar el método constructivo, el equipo o el material utilizado para la construcción de los siguientes pilotes, a menos que la Administración lo haya aprobado?

**Tabla 565-04**
*Tolerancias en la colocación de la armadura del pilote preexcavado*

Posición de la armadura	Tolerancia
Desplazamiento por encima del nivel especificado	150 mm
Desplazamiento por debajo del nivel especificado	75 mm
Desplazamiento del centro de la excavación	± 38 mm

**565.06 CONCRETO PARA LOS PILOTES PREEXCAVADOS**
**General**

- Sí  No  NA 1. ¿Se moldea el pilote al menos 600 milímetros por encima del nivel del terreno terminado?
- Sí  No  NA 2. ¿Se retira la porción superior del concreto del pilote colado en sitio antes de continuar con la construcción de los siguientes elementos?  
Nota: Esta porción depende de la diferencia de altura "Z", entre el nivel teórico de la cabeza del pilote y la plataforma de trabajo, deberá ser al menos:
- 0,3\*(1+Z), si Z es menor que 5 metros.
  - 1,80 m, si Z es mayor que 5 metros.
- Sí  No  NA 3. Cuando la parte superior del pilote está sobre la plataforma de trabajo, ¿se utiliza un encofrado removible u otros medios aprobados por la Administración?
- Sí  No  NA 4. ¿Se retiran los encofrados cuando se hayan cumplido los requisitos de la Subsección 562.08 Remoción del CR-2020 y el pilote de concreto



- flujo de asentamiento mínimo requerido para completar el colado del pilote.
- Sí  No  NA 21. ¿Se prohíbe el remezclar el concreto que ha desarrollado su fraguado inicial?
- Sí  No  NA 22. ¿Se coloca el concreto en una operación continua desde la parte inferior hasta la parte superior del pilote, permitiendo realizar operaciones de muestreo del concreto para su control de calidad?
- Sí  No  NA 23. ¿El concreto se coloca de manera continua hasta que alcance la cota final de vaciado y se garantice que el concreto cuente con las características del diseño?
24. Se debe colocar el concreto utilizando alguno de los siguientes métodos:
- (a) Tubería Tremie**
- Sí  No  NA 1. ¿Se prohíbe el uso de una tubería Tremie que tenga partes de aluminio que vayan a estar en contacto con el concreto?
- Sí  No  NA 2. ¿Las superficies internas y externas de las tuberías Tremie están limpias y lisas?
- Sí  No  NA 3. ¿La pared de la tubería es suficientemente gruesa para evitar dobleces o abolladuras?
- Sí  No  NA 4. ¿El diámetro interno del tubo tiene un tamaño igual a por lo menos 6 veces el tamaño máximo del agregado utilizado en la mezcla de concreto y no es menor que 250 milímetros?
- Sí  No  NA 5. ¿Para las perforaciones húmedas se utilizan tuberías Tremie herméticas de acuerdo con la Subsección 552.12(e) Colocación bajo el agua del CR-2020?
- Sí  No  NA 6. ¿El extremo de descarga de la tubería Tremie está construido de tal forma que permita un flujo radial libre del concreto durante la colocación?
- Sí  No  NA 7. ¿Se coloca la descarga de la tubería Tremie en la elevación de la base del pilote?
- Sí  No  NA 8. ¿La tubería Tremie se levanta del fondo de la excavación un mínimo de 100 milímetros y un máximo de 200 milímetros permitiendo el inicio de la colocación del concreto?
- Sí  No  NA 9. ¿El concreto se coloca con un flujo constante?
- Sí  No  NA 10. ¿Se mantiene la descarga de la tubería Tremie sumergida al menos 3 metros por debajo de la superficie del concreto fluido?
- Sí  No  NA 11. ¿Se mantiene una carga positiva de concreto en la tubería Tremie todo el tiempo?
- Sí  No  NA 12. Si en algún momento durante la colocación del concreto la descarga de la tubería Tremie llega a estar por encima de la superficie de la columna de concreto fluido, ¿se descarta el pilote y se procede con su reconstrucción?

- Sí  No  NA 13. Si se presenta una situación que comprometa el correcto colado del pilote, ¿se procede con la reconstrucción del mismo?
- Sí  No  NA 13.1. Si no se puede mantener el punto, ¿se sustituye el pilote con el esquema definido por el diseñador y aprobado por la Administración?

**(b) Bombeo**

- Sí  No  NA 1. ¿Se coloca el tubo de descarga en la elevación de la base del pilote?
- Sí  No  NA 2. ¿El diámetro interno de la manguera es mayor que 125 milímetros?
- Sí  No  NA 3. ¿La manguera que se utiliza para el bombeo de concreto se coloca a mínimo 100 milímetros y máximo 200 milímetros del fondo de la excavación para permitir el inicio de la colocación del concreto?
- Sí  No  NA 4. Para perforaciones húmedas, ¿se emplea un tubo de descarga sellado de acuerdo con la Subsección 552.12 (e) Colocación bajo el agua del CR-2020?
- Sí  No  NA 5. Si se utiliza un tapón, ¿se extrae de la perforación o se utiliza un tapón hecho de un material que evite que se produzca un defecto en el pilote en caso de que no sea removido?
- Sí  No  NA 6. ¿Se coloca el concreto con flujo constante?
- Sí  No  NA 7. ¿Se mantiene el tubo de descarga de la bomba sumergido por lo menos 4,5 metros bajo la superficie de concreto fluido?
- Sí  No  NA 8. Si en algún momento durante la colocación del concreto la descarga de la manguera de la bomba llega a estar por encima de la superficie de la columna de concreto fluido, ¿se descartar el pilote y se procede con su reconstrucción?
- Sí  No  NA 9. Si se presenta una situación que comprometa el correcto colado del pilote, ¿se procede con la reconstrucción del mismo?
- Sí  No  NA 9.1. Si no se puede mantener el punto, ¿se sustituye el pilote con el esquema definido por el diseñador y aprobado por la Administración?

**565.07 ENSAYOS DE INTEGRIDAD**
**(a) Ensayos**

- Sí  No  NA 1. ¿Se realizan los ensayos de integridad en los pilotes que indique la Administración de acuerdo con la norma ASTM D6760, en la cantidad de pilotes de producción indicada en la *Tabla 565-05 Ensayos de integridad a pilotes preexcavados*, dependiendo de la funcionalidad del pilote y la presencia de nivel freático (NF) en la excavación?
- Sí  No  NA 2. ¿El ensayo CSL se encuentra acreditado?

- Sí  No  NA
- Sí  No  NA
- Sí  No
- Sí  No
- Sí  No
- Sí  No  NA
- Sí  No  NA
- Sí  No  NA
- Sí  No  NA
3. Si se decide disminuir la cantidad de ensayos por criterio del profesional responsable del diseño y con la aprobación de la Administración, ¿la nueva cantidad de ensayos es mayor al 20% o 5 pilotes, lo que sea mayor?
4. ¿Se realizan los ensayos a los pilotes entre 3 y 21 días después de la colocación del concreto?
5. Antes de realizar los ensayos CSL, indique si se le proporciona a la Administración la siguiente información:
- 5.1. Elevaciones de la base y de la punta del pilote.
- 5.2. Longitudes de los tubos de acceso.
- 5.3. Posiciones de los tubos inspeccionados.
- 5.4. Fecha de la colocación del concreto.
6. ¿Se realizan los ensayos entre todos los tubos del pilote, incluyendo los tubos de acceso adyacentes perimetrales y diagonalmente entre los tubos?
7. Si los tubos de acceso no son aceptables para ser ensayados, ¿se proporcionan tubos de acceso de reemplazo mediante la perforación de un agujero a la profundidad apropiada o se propone un método de ensayo alternativo que sea aceptable para la Administración?
8. Después de que se completan los ensayos de integridad, la inspección y el análisis de la información es aprobado por la Administración, ¿se llenan desde el fondo los tubos de acceso con una lechada de cemento?

**(b) Resultados de ensayos e informes**

- Sí  No  NA
- Sí  No  NA
- Sí  No  NA
- Sí  No  NA
- Sí  No
- Sí  No
1. ¿Se presenta a la Administración los resultados preliminares para cada pilote ensayado antes que el personal que realizó el ensayo CSL abandone el sitio?
2. Dentro de los 5 días hábiles después de realizar el ensayo, ¿se entrega a la Administración en digital, un informe detallado de los registros sínicos cruzados y todos los datos del ensayo?
3. Antes de realizar cualquier construcción adicional sobre el pilote ensayado y antes de entregar el informe final escrito, ¿la Administración, dentro de 5 días hábiles, realiza una revisión de la información?
4. Indique si en el informe del ensayo CSL se incluye la siguiente información:
- 4.1. Identificación del proyecto y fechas de ensayo.
- 4.2. Tabla y esquema donde se muestra los pilotes ensayados con sus respectivas coordenadas y, la identificación y distancia por encima de la cota del concreto correspondiente a cada tubo.

- Sí     No    4.3. Nombre del personal que realizó e interpretó el ensayo.  
 Sí     No    4.4. Equipo utilizado.  
 Sí     No    4.5. Registros de los datos y un gráfico de cascada de éstos.  
 Sí     No    4.6. Gráficos en un sistema de coordenadas XY de los tiempos de llegada, la amplitud y la velocidad con respecto a la profundidad.  
 Sí     No    4.7. Interpretación de los datos.  
 Sí     No     NA    5. ¿Se realiza un análisis de resultados del ensayo CSL siguiendo el criterio que se indica en la *Tabla 565-06 Clasificación de condición del pilote de acuerdo con el ensayo CSL?*  
 Nota: La clasificación se debe realizar para cada uno de los perfiles del pilote ensayado.

**Tabla 565-05**
*Ensayos de integridad a pilotes preexcavados*

Funcionalidad del pilote	Cantidad de pilotes de producción	
	Con NF	100 %
Cimentación (carga axial)	Sin NF	50 %
	Con NF	50 %
Pantalla (carga lateral)	Sin NF	25 %
	Con NF	25 %

**Tabla 565-06**
*Clasificación de condición del pilote de acuerdo con el ensayo CSL*

Condición	Decremento de velocidad o Incremento del PTA (%)	Reducción de energía "E" (dB)
Bueno (G) <sup>(1)</sup>	≤10	E < 6
Cuestionable (Q) <sup>(1)</sup>	11-20	6 ≤ E < 9
Pobre / falla (P/F) <sup>(2)</sup>	21-30	9 ≤ E ≤ 12
Pobre / Defecto (P/D) <sup>(2)</sup>	>30	E > 12

PTA: Primer tiempo de arribo

Notas:

(1) Debe cumplir ambos criterios

(2) Debe cumplir alguno de los dos criterios

**OBSERVACIONES**

Firma del Inspector: \_\_\_\_\_

Fecha de Inspección: \_\_\_\_\_

**Apéndice K.** ITP-RI-42 V01 Lista de verificación juntas impermeabilizantes del agua.



**Ingeniería Técnica de Proyectos ITP, S.A.**

*Lista de verificación – Juntas  
impermeabilizantes del agua*

**Código:  
ITP-RI-42**

**Versión:  
01**

**Página:  
1 de 3**

**Fecha de aprobación:  
---**

<b>Elaborado por:</b>	<b>Puesto:</b>	<b>Firma:</b>	<b>Fecha:</b>
<b>Revisado por:</b>	<b>Puesto:</b>	<b>Firma:</b>	<b>Fecha:</b>
<b>Aprobado por:</b>	<b>Puesto:</b>	<b>Firma:</b>	<b>Fecha:</b>

Copia No. \_\_\_\_\_ Entregado a: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

**CONTROL DE CAMBIOS**

<b>No.</b>	<b>Página</b>	<b>Cambio realizado</b>	<b>Realizado por</b>	<b>Fecha</b>
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

**SECCIÓN 567 JUNTAS IMPERMEABILIZANTES DEL AGUA****567.03 JUNTAS IMPERMEABILIZANTES DE COBRE****General**

- Sí  No  NA 1. ¿Se usan láminas de cobre del espesor, ancho y forma requeridos?
- Sí  No  NA 2. ¿Se sueldan las uniones para obtener una junta continua resistente al paso de agua?

**567.04 JUNTAS IMPERMEABILIZANTES DE HULE****General**

- Sí  No 1. Indique si antes de instalarlas se presenta para aprobación lo siguiente:
- Sí  No 1.1. Información sobre la prueba de desempeño.
- Sí  No 1.2. Muestra de un metro de largo, de cada tipo de junta impermeabilizante requerida.
- Sí  No 1.3. Por lo menos una unión o empalme hecho en campo (si se usan empalmes).
- Sí  No  NA 2. ¿Las juntas impermeabilizantes se moldean con una sección transversal y un espesor uniformes?
- Sí  No  NA 3. ¿Las conexiones especiales tienen la moldura completa de la junta impermeabilizante?
- Sí  No  NA 4. ¿Se suministran secciones de unión, bien curadas, densas, sin porosidad, homogéneas, y libres de defectos?
- Sí  No  NA 5. ¿Se construyen uniones de juntas impermeabilizantes, densas y homogéneas a lo largo de toda la sección transversal?
- Sí  No  NA 6. ¿Las uniones son resistentes al agua, vulcanizándolas o por medios mecánicos?
- Sí  No  NA 7. ¿Se construyen uniones de juntas impermeabilizantes, de tal manera que soportan un esfuerzo a la tensión de por lo menos el 50% del esfuerzo a la tensión reportado, del hule que se usa en la junta impermeabilizante?

**567.05 JUNTAS IMPERMEABILIZANTES PLÁSTICAS****General**

- Sí  No  NA 1. Antes de la instalación, ¿se somete a aprobación por lo menos una muestra de la unión de una junta impermeabilizante?
- Sí  No  NA 2. ¿Se calientan las secciones de acuerdo con las instrucciones del fabricante para sellarlas?

- Sí  No  NA 3. ¿Se construyen uniones de tal manera que tengan una resistencia a la tensión de por lo menos el 80% de la resistencia a la tensión reportada del plástico usado en la junta impermeabilizante?

**567.06 COLOCACIÓN DE JUNTAS IMPERMEABILIZANTES****General**

- Sí  No  NA 1. ¿Se colocan y se fijan cuidadosamente?
- Sí  No  NA 2. ¿Se toman precauciones para evitar que las juntas impermeabilizantes sean desplazadas o dañadas durante las operaciones de construcción, u otras actividades?
- Sí  No  NA 3. ¿Se mantienen todas las superficies de las juntas libres de aceites, grasas, mortero seco o cualquier otro material extraño, hasta que queden embebidas en concreto?
- Sí  No  NA 4. ¿Se asegura que las secciones embebidas de la junta impermeabilizante son cubiertas completamente con un concreto denso?

**OBSERVACIONES**

Firma del Inspector: \_\_\_\_\_

Fecha de Inspección: \_\_\_\_\_

**Apéndice L.** ITP-RI-43 V01 Lista de verificación encofrado y andamiaje.



**Ingeniería Técnica de Proyectos ITP, S.A.**

*Lista de verificación – Encofrado y  
andamiaje*

**Código:  
ITP-RI-43**

**Versión:  
01**

**Página:  
1 de 7**

**Fecha de aprobación:  
---**

<b>Elaborado por:</b>	<b>Puesto:</b>	<b>Firma:</b>	<b>Fecha:</b>
<b>Revisado por:</b>	<b>Puesto:</b>	<b>Firma:</b>	<b>Fecha:</b>
<b>Aprobado por:</b>	<b>Puesto:</b>	<b>Firma:</b>	<b>Fecha:</b>

Copia No. \_\_\_\_\_ Entregado a: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

**CONTROL DE CAMBIOS**

<b>No.</b>	<b>Página</b>	<b>Cambio realizado</b>	<b>Realizado por</b>	<b>Fecha</b>
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

**SECCIÓN 569 ENCOFRADO Y ANDAMIAJE****569.06 FUNDACIONES PARA EL ANDAMIAJE****General**

- Sí  No  NA 1. ¿Se verificara que todos los niveles de la fundación propuesta se encuentren en su sitio, antes de diseñar?
- Sí  No  NA 2. Si se usan fundaciones distribuidas, ¿se determina la capacidad de soporte del suelo?  
Nota: La capacidad máxima de soporte para un material de fundación, que no sea roca, es 190 kilopascals.
- Sí  No  NA 3. ¿Se prohíbe el colocar la esquina de una fundación a menos de 300 milímetros del hombro del talud y a menos de 1,2 metros de excavaciones, a menos que sea soportada adecuadamente?
- Sí  No  NA 4. Si se use una fundación de pilotes, ¿está de acuerdo con la Sección 551 Hinca de pilotes del CR-2020?
- Sí  No  NA 5. ¿Se protege la fundación contra efectos adversos, durante su uso?

**569.07 ANDAMIAJE SOBRE O ADYACENTE A CARRETERAS Y FERROCARRILES****General**

- Sí  No  NA 1. ¿Se diseñan y se construyen los andamios protegidos contra impactos de vehículos?
- Sí  No  NA 2. Si los andamios están sujetos al impacto de vehículos, ¿se proveen accesorios adicionales para asegurar que permanezcan estables?
- Sí  No  NA 3. ¿Se instalan barreras temporales de tráfico antes de erigir las torres de andamios o columnas adyacentes a una carretera en operación?
- Sí  No  NA 4. ¿Se localizan las barreras en tal forma que las fundaciones de los andamios o pilotes, estén a por lo menos 75 milímetros de las barreras de concreto para el tráfico, y todos los otros miembros del andamiaje, a no menos de 300 milímetros libres?
- Sí  No  NA 5. ¿Se remueven las barreras hasta que su retiro sea aprobado?

**569.08 ANDAMIAJE PARA ESTRUCTURAS DE ACERO****General**

- Sí  No  NA 1. ¿Se prohíbe el uso de encofrados en voladizo para la losa, que requiera de agujeros taladrados en las almas de las vigas?
- Sí  No  NA 2. ¿Se colocan puntales y separadores rigidizadores a las vigas interiores que soporten las vigas exteriores del andamiaje de las losas en voladizo?

- Sí  No  NA 3. ¿Se prohíbe aplicar cargas a las estructuras existentes, nuevas, o parcialmente construidas, que excedan la capacidad soportante, de cualquier parte de la estructura?
- Sí  No  NA 4. ¿Se construyen andamios de soporte de acuerdo con el método propuesto de erección, sin sobrecargar el acero estructural, y produciendo una estructura con la geometría final pedida y la continuidad solicitada?

**569.09 CONSTRUCCIÓN DE ANDAMIAJES****General**

- Sí  No  NA 1. ¿Se construyen andamios de acuerdo con los planos presentados y aprobados?
- Sí  No  NA 2. Si se requiere soldadura, ¿se presenta la certificación como soldador para cada operario de acuerdo con la Subsección 555.18 Soldadura del CR-2020?
- Sí  No  NA 3. ¿Se dejan contraflechas en los andamios para compensar su deflexión y la deflexión prevista de la estructura?  
Nota: Las contraflechas mostradas en los planos o especificadas por la Administración se aplican solamente a la deflexión prevista de la estructura.
- Sí  No  NA 4. ¿Se colocan indicadores del movimiento en el encofrado de concreto, y en lugares estratégicos, que permitan desde tierra, determinar el asentamiento total de la estructura, durante la colocación del concreto?
- Sí  No  NA 5. ¿Se prohíbe la aplicación de cargas muertas sin autorización, a otros tipos de andamios que no sean encofrados de acero?
- Sí  No  NA 6. Si se presentan imprevistos, como asentamientos que causen desviación en los andamios de más de 10 milímetros que lo mostrado en los planos, ¿se detiene la colocación del concreto y se toman acciones correctivas? (Indicar las acciones correctivas en Observaciones).
- Sí  No  NA 6.1. Si no se toman acciones correctivas satisfactorias antes del fraguado inicial, ¿se remueve todo el concreto inaceptable?

**569.10 ENCOFRADOS****General**

- Sí  No  NA 1. Para superficies expuestas de concreto, ¿se usa madera terciada clase I para exteriores, o cualquier otro material que deje una superficie lisa y uniforme?

- Sí  No  NA 2. ¿Se usan tableros de encofrado o paneles que estén en buena condición, sin defectos en la superficie expuesta?
- Sí  No  NA 3. Si se usan tableros de encofrado que no sean de madera terciada, ¿los utilizados tienen condiciones de trabajo igual o mejor al material especificado?
- Sí  No  NA 4. ¿Se provee y se colocan los tableros de encofrado de las superficies expuestas, en anchos y altos uniformes, previa aceptación de la Administración?
- Sí  No  NA 5. ¿Se colocan los tableros de encofrado en forma simétrica respecto a las líneas o esquinas de la estructura?
- Sí  No  NA 6. ¿Se colocan tableros para superficies verticales con la dimensión mayor en posición vertical y con sus juntas niveladas y continuas?

**(a) Encofrados de losas permanentes**

- Sí  No  NA 1. ¿Se usan encofrados permanentes solamente cuando el Contrato lo permite?
- Sí  No  NA 2. Los encofrados permanentes de losas de puente y soportes, ¿se fabrican de acuerdo con ASTM A653M, designación de acabado 2600, en cualquier graduación, excepto la 340, clase 3?
- Sí  No  NA 3. ¿Se instalan los encofrados de acuerdo con los planos aceptados de fabricación y erección?
- Sí  No  NA 4. ¿Se prohíbe soldar los soportes a las alas del acero que se considere que no deben soldarse, o a las partes del ala que están sujetas a esfuerzos de tensión?

**(b) Encofrados sin uso**

- Sí  No  NA 1. ¿Se almacenan los encofrados en un sitio seco, para evitar deformaciones?
- Sí  No  NA 2. ¿Los encofrados se aseguran usando anclajes y atiesadores que dejen un mínimo de metal o cualquier otro material de soporte expuesto en el fondo de la losa acabada?
- Sí  No  NA 3. ¿Se impermeabiliza la superficie exterior del encofrado?
- Sí  No  NA 4. ¿Se sellan los extremos del encofrado para que el mortero no escape?
- Sí  No  NA 5. ¿Se usa relleno de hule premoldeado, de 6 milímetros de espesor, como junta alrededor del perímetro de la pieza, para permitir expansión?

**(c) Encofrados metálicos**

- Sí  No  NA 1. ¿Se instalan los encofrados de acuerdo con los planos aceptados de fabricación y erección?

- Sí  No  NA 2. ¿Los encofrados se aseguran usando anclajes y atiesadores que dejen un mínimo de metal o cualquier otro material de soporte expuesto en el fondo de la losa acabada?
- Sí  No  NA 3. ¿Se sellan los extremos del encofrado para que el mortero no escape?
- Sí  No  NA 4. ¿Se usa relleno de hule premoldeado, de 6 milímetros de espesor, como junta alrededor del perímetro de la pieza, para permitir expansión?
- Sí  No  NA 5. Las especificaciones del encofrado relativas al diseño, sello para mortero, ajuste de esquinas, arriostre, alineamiento, remoción, reutilización y desmoldantes, ¿también se aplican a encofrados metálicos?

## 569.11 REMOCIÓN DE ENCOFRADOS Y ANDAMIOS

### General

- Sí  No 1. Indique si se prohíbe la remoción de los siguientes encofrados:
- Sí  No 1.1 Pisos interiores de encofrado de vigas de losas o vigas cajón coladas en sitio.
- Sí  No 1.2 Encofrados de la parte interna de áreas vacías en el interior de miembros prefabricados.
- Sí  No 1.3. Encofrados en bastiones o pilas, cuando no hay acceso permanente dentro de las celdas o áreas vacías.
- Sí  No  NA 2. Los encofrados que no soportan la carga muerta de piezas de concreto y encofrados para barandas y barreras, ¿son removidos 24 horas después de que el concreto ha sido colado?
- Sí  No  NA 3. ¿Se protegen las superficies de concreto expuesto a daños?
- Sí  No  NA 4. Si los encofrados son removidos antes de 7 días después de la colocación del concreto, ¿se curan todas las superficies expuestas de concreto de acuerdo con la Sección 569 Encofrados y andamiaje del CR-2020?
- Sí  No  NA 5. ¿Se prohíbe la remoción de los encofrados y andamios hasta que los requisitos de resistencia y tiempo de la *Tabla 569-03 Criterio de soporte mínimo para remoción de encofrados*, se hayan alcanzado?
- Sí  No  NA 6. ¿Se remueven los andamios de puentes de arco en forma uniforme y gradual?
- Sí  No  NA 6.1. ¿Se inicia la remoción en la corona y se trabaja hacia la línea de arranque?
- Sí  No  NA 6.2. ¿Se quitan los andamios de los arcos adyacentes en forma simultánea?
- Sí  No  NA 7. ¿Se prohíbe la remoción de los andamios de porciones postensadas de estructuras hasta que el acero de postensión haya sido tensado?

- Sí  No  NA 8. ¿Se prohíbe la remoción de los andamios que soportan la losa de una estructura rígida, excluyendo alcantarillas de cuadro, hasta que el material de relleno haya sido colocado y compactado contra las patas verticales del marco?
- Sí  No  NA 9. ¿Se remueven todos los materiales de andamiaje y los pilotes de andamios por lo menos hasta 0,5 metro bajo la superficie del suelo original?
- Sí  No  NA 10. Cuando los pilotes de andamios fueron hincados dentro de los límites de la excavación de la zanja o canal, ¿se remueven los pilotes por lo menos hasta 0,5 metro bajo el fondo y también los de las áreas excavadas de taludes laterales?
- Sí  No  NA 11. ¿Se dejan los encofrados de las fundaciones construidas dentro de presas, cuando su remoción pondría en peligro la seguridad de la presa, y cuando los encofrados no son visibles en la estructura terminada?
- Sí  No  NA 12. ¿Se remueven todos los otros encofrados que estén sobre o bajo el nivel de agua?

**Tabla 569-03**
*Criterio de soporte mínimo para remoción de encofrados*

<b>Elemento estructural</b>	<b>Porcentaje de la resistencia especificada a los 28 días (<math>f'_c</math>)</b>	<b>Mínimo número de días desde la última colada</b>
a. Columnas y paredes (Sin soporte de cargas)	50	3
b. Pilas, bastiones y estribos masivos (sin soporte de carga)	50	3
c. Vigas cajón	80	14
d. Vigas simplemente apoyadas, vigas T, losas de puentes, viga cabezal de pilas, losas de concreto, alcantarillas de cuadro	80	14
e. Losas y voladizos soportados sobre viguetas de acero o vigas de concreto postensado	70	10
f. Cabezales de pilas soportados en forma continua	60	7
g. Arcos, luces continuas de puentes, marcos rígidos	90	21

**OBSERVACIONES**

Firma del Inspector: \_\_\_\_\_

Fecha de Inspección: \_\_\_\_\_

**Apéndice M.** ITP-RI-33 V01 Toma de datos de construcción de estructuras de puentes.

 <b>INGENIERÍA TÉCNICA DE PROYECTOS</b>	<b>Ingeniería Técnica de Proyectos ITP, S.A.</b> Inspección de construcción de estructuras de puentes <i>Toma de datos</i>	<b>Código ITP-RI-33</b>
		<b>Versión: 01</b>
		<b>Consecutivo:</b> _____

Nombre del inspector	_____	Fecha de inspección	_____
Proyecto	_____	Diseño	Sí ( ) / No ( ) / No aplica ( )
Cartel de licitación	_____	Topografía	Sí ( ) / No ( ) / No aplica ( )
Contratista	_____	Coordenada inicial	_____
	Provincia _____	Coordenada final	_____
Localización	Cantón _____	Estacionamiento inicial	_____
	Distrito _____	Estacionamiento final	_____

<b>Descripción del Proyecto</b>

N°	Descripción	Reglón de Pago	Cantidad	Unidad	Observaciones
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
10					
11					
12					
13					
14					
15					

<b>Equipo, maquinaria, mano de obra y materiales utilizados en la actividad por el contratista:</b>  
---

<b>Equipo crítico utilizado en la inspección de la actividad (anotar el nombre y el código):</b>  
--

Se entrega Memorándum: Sí ( ) No ( )      Núm. Consecutivo: _____      Firma: _____
---

<b>Espacio para uso del Ingeniero de Proyectos:</b> Conforme: Sí ( ) No ( )	_____ <b>Firma</b>
--	-----------------------

**Apéndice N.** ITP-II-25 V01 Medidas de seguridad para las actividades de inspección de puentes.

 <b>Ingeniería Técnica de Proyectos ITP, S.A.</b> <i>Medidas de seguridad para las actividades de inspección de puentes</i>	<b>Código:</b> ITP-II-25	
	<b>Versión:</b> 01	<b>Página:</b> 1 de 9
	<b>Fecha de aprobación:</b> ---	

<b>Elaborado por:</b>	<b>Puesto:</b>	<b>Firma:</b>	<b>Fecha:</b>
<b>Revisado por:</b>	<b>Puesto:</b>	<b>Firma:</b>	<b>Fecha:</b>
<b>Aprobado por:</b>	<b>Puesto:</b>	<b>Firma:</b>	<b>Fecha:</b>

Copia No. \_\_\_\_\_ Entregado a: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

**CONTROL DE CAMBIOS**

No.	Página	Cambio realizado	Realizado por	Fecha
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

## **1. PROPÓSITO Y ALCANCE**

Este instructivo describe las medidas mínimas de seguridad indispensables para prevenir y contrarrestar cualquier riesgo de seguridad que pueda atentar contra la tranquilidad y el desarrollo de las actividades propias de inspección. Es fundamental que los inspectores encargados se informen y sigan las instrucciones presentes en este documento para desarrollar conductas, hábitos y actitudes favorables para el control de los riesgos.

## **2. RESPONSABILIDADES**

- 2.1. Es responsabilidad del Gerente General velar por que el Ingeniero de Proyecto de Inspección Regional, cuando se le asigne un proyecto de inspección, estudie el contrato, especificaciones del cliente, regulaciones y reglamentos aplicables en el país, a fin de que incluya en la inspección, los requerimientos propios del proyecto, tanto al inicio como cuando se presenten modificaciones por parte del cliente u otras entidades regulatorias.
- 2.2. Es responsabilidad del Ingeniero de Proyecto de Inspección Regional velar por que los Inspectores apliquen de forma correcta esta instrucción y dejen evidencia del resultado de su aplicación.
- 2.3. Es responsabilidad de los Inspectores aplicar de forma oportuna este instructivo.
- 2.4. Es responsabilidad del Coordinador de Calidad Regional, velar porque el OI trabaje con la versión vigente tanto de este instructivo como de las especificaciones o requerimientos aplicables.

## **3. REFERENCIAS**

### **3.1. REFERENCIAS EXTERNAS**

- 3.1.1. "Manual de Inspección de Puentes del Ministerio de Obras Públicas y Transportes".

- 3.1.2. "Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2020".
- 3.1.3. "Manual Técnico de Dispositivos de Seguridad y Control Temporal de Tránsito para la ejecución de Trabajos en las Vías del Ministerio de Obras Públicas y Transportes".
- 3.1.4. INTE-ISO/IEC 17020:2012 "Requisitos para el funcionamiento de diferentes tipos de organismos que realizan la inspección" (ITP-DE-106).
- 3.1.5. ISO 001:2015 "Sistemas de gestión de la calidad — Requisitos" (ITP-DE-175).
- 3.1.6. Especificaciones especiales del cliente.

## **4. MEDIDAS DE SEGURIDAD**

### **4.1. CAUSAS DE ACCIDENTES**

Las mayores causas de accidentes en el trabajo de campo son los errores humanos y la falla del equipo. Los errores humanos pueden ser reducidos al reconocer que todos cometemos errores, por lo que se realiza una planificación adelantada para minimizar sus efectos. La falla del equipo se puede disminuir verificando su buen funcionamiento, dando mantenimiento y actualizando el equipo. Algunas causas específicas de accidentes son:

- (a) Actitud inapropiada: Distracción, descuido y preocupación acerca de asuntos personales.
- (b) Limitaciones personales: Falta de conocimiento o habilidades, capacidades físicas excedentes.
- (c) Impedimentos físicos: Lesiones previas, enfermedad, efectos secundarios de medicamentos, alcohol o drogas.
- (d) Aburrimiento o distracción: Caer en un estado donde no se está atento mientras se realizan trabajos rutinarios repetitivos.
- (e) Desconsideración: Falta de conciencia de seguridad y no se reconocen los peligros.

- (f) Atajos: Se sacrifica la seguridad por ganar tiempo.
- (g) Equipo defectuoso: Peldaños de escaleras dañadas, cuerdas gastadas o cables deshilachados, entre otros.
- (h) Prendas inapropiadas o muy sueltas.

#### **4.2. LINEAMIENTOS GENERALES PARA UNA INSPECCIÓN SEGURA**

- (a) Evitar intoxicaciones o el uso de drogas que impidan el juicio, reflejos o coordinación.
- (b) Evitar los medicamentos con receta o sin ésta pueden causar efectos secundarios que son peligrosos, como: somnolencia, mareos, etc.
- (c) Se debe asumir que todos los cables y alambres de electricidad tienen corriente eléctrica; todas las líneas de electricidad deben ser interrumpidas.
- (d) La asistencia siempre funciona en parejas.
- (e) Siempre que se trabaje sobre cuerpos de agua utilizando para la inspección botes de seguridad, se debe proveer equipo con timbres y chalecos salva vidas y comunicación de radio.
- (f) Botas a prueba de agua, se debe usar botas impermeables con precaución, ya que estas se pueden llenar de agua lo que no permite nadar.
- (g) En la inspección sobre el tráfico, si trabajar sobre el tráfico no puede ser evitado, las herramientas y cuadernos deberán estar siempre atados.
- (h) Al ingresar en áreas oscuras, se deberá de usar siempre un foco y se deberá considerar el uso de cuerdas de seguridad y un suministro de oxígeno.
- (i) El respirar el polvo de las excreciones de las palomas o el asbesto puede causar cáncer en los pulmones.

#### **4.3. PRÁCTICAS DE SEGURIDAD**

La inspección de los puentes es sin duda peligrosa, por lo que se requiere de una atención continua de parte de cada miembro del equipo de inspección. La actitud, el estar alerta y el sentido común son tres factores importantes para mantener la seguridad.

Los accidentes pueden causar sufrimiento, dificultades familiares y hasta la muerte. Los accidentes también tienen un costo monetario en el equipo, pérdida de la producción y gastos médicos. Hacer el esfuerzo para mantener la seguridad paga grandes dividendos al evitar los gastos y las aflicciones. La consideración más importante para inspeccionar la seguridad de un puente es la preocupación del inspector al crear un ambiente de trabajo seguro y son últimamente los inspectores de puentes los responsables de su propia seguridad. Los buenos hábitos laborales y las responsabilidades que llevan a ambiente laboral seguro incluyen:

- (a) Mantenerse descansado y alerta.
- (b) Mantener un condicionamiento físico y de salud.
- (c) Utilizar las herramientas adecuadas.
- (d) Mantener las áreas de trabajo ordenadas y limpias.
- (e) Crear procedimientos sistemáticos que conciernen la expectativa de cada uno.
- (f) Seguimiento de las reglas y regulaciones establecidas por la agencia.
- (g) Uso del sentido común y el buen juicio.
- (h) Reconocer las limitaciones físicas.
- (i) Conocimiento de las reglas y los requerimientos de trabajo.
- (j) Seguridad de los compañeros de trabajo.
- (k) Reportar un accidente.

#### **4.4. AMBIENTE LABORAL SEGURO**

- (a) Regulaciones y directrices de seguridad de fácil comprensión.
- (b) Entrenamiento en seguridad.
- (c) Herramientas y equipos apropiados.
- (d) Supervisión de los procedimientos laborales establecidos.
- (e) Consejo para aplicar los procedimientos de seguridad.

(f) Consejo para hacer uso adecuado del equipo.

(g) Hacer cumplir las regulaciones de seguridad.

#### **4.5. PRENDAS DE INSPECCIÓN APROPIADAS**

Es importante vestirse apropiadamente para inspeccionar. Las ropas de campo deberán ser de la talla adecuada para cada individuo y deben ser acordes con el clima. Para las actividades de inspección generales, el inspector deberá de usar botas de cuero con una suela que produzca tracción. Para escalar hasta los elementos del puente, el inspector debe usar botas con punta de acero (con suelas que no resbalen y sin una tracción muy pesada), al igual que el uso de guantes de cuero. El uso de un cinturón de herramientas permite al inspector cargar herramientas y notas y aun así tener las manos libres para escalar y realizar otras actividades de inspección.

Aunque el equipo de seguridad está diseñado para prevenir lesiones, el inspector deberá usar este equipo para obtener protección. Algunas piezas comunes del equipo de seguridad son:

(a) Casco para proteger la cabeza de objetos que se puedan caer y de impactos.

(b) Chaleco de seguridad es esencial al trabajar cerca de condiciones de tráfico.

(c) Gafas de seguridad para proteger los ojos cuando el inspector se expone a partículas que circulan en el aire.

(d) Salva vidas es esencial cuando se trabaja en el agua.

(e) Mascarilla para proteger los pulmones de contaminantes dañinos.

(f) Respirador para proteger al inspector de contaminantes dañinos en el aire como residuos arenosos, pintura y excreciones de palomas.

(g) Cinturón de seguridad y arnés deberán ser usados cuando el inspector trabaja en alturas excesivas.

(h) Guantes para proteger la mano de eventuales heridas por miembros deteriorados.

#### **4.6. SEGURIDAD PARA ESCALAR**

##### 4.6.1. Organización de la inspección

- (a) Estrategia para escalar: El tiempo de escalar deberá ser minimizado.
- (b) Plan de inspección: El inspector debe saber exactamente a donde ir, lo que se necesita hacer y el tipo de herramientas necesarias para realizar la labor.
- (c) Condiciones climáticas: Las condiciones lluviosas justifican el posponer las inspecciones de puentes de acero.
- (d) El tráfico no deberá ser obstruido.

##### 4.6.2. Inspección del equipo

- (a) Escaleras: Los accidentes con escaleras son los más comunes.
- (b) Andamiaje: Su altura, capacidad de carga, agrietamiento, conexiones sueltas y áreas débiles deberán ser verificadas.
- (c) Los tablones de madera: Se deberá de usar uno o más tablones ajustados seguramente, los extremos del tablón deberán ser sujetos a sus apoyos.
- (d) Los vehículos de inspección, brazos mecánicos superior e inferior: Deberán ser usados cuando sea posible.
- (e) Plataformas: El inspector deberá tener conocimientos con las técnicas de plataformas apropiadas sin contar con una confianza extrema en estas.

##### 4.6.3. Preparación mental para la inspección

- (a) Evitar la angustia emocional: No escalar cuando se está molesto emocionalmente o cuando se carece de dominio propio.
- (b) Conciencia de uno mismo: Saber siempre donde se encuentra y lo que está haciendo cuando está escalando.
- (c) Seguridad en sí mismo: No realizar ninguna acción cuando no se tiene confianza de realizarlas con seguridad y no esconder el hecho de que algo no fue inspeccionado.

#### **4.7. ESPACIOS CONFINADOS**

La inspección de las vigas cajón, secciones circulares de acero, estructuras de celdas de concreto y alcantarillas largas involucra realizar actividades en espacios confinados.

##### 4.7.1. Preocupaciones principales

- (a) Falta de oxígeno: El contenido del oxígeno deberá mantenerse por encima de un 19% para que el inspector se mantenga en un estado consciente.
- (b) Gases tóxicos: Generalmente se producen por los procesos de las obras como pintar, quema de materiales y soldar.
- (c) Gases explosivos: Los materiales tales como el gas natural y el metano son producto de la oxidación natural de la materia orgánica.

##### 4.7.2. Precauciones de seguridad básicas

- (a) Poner a prueba el oxígeno y otros gases en intervalos de 15 minutos.
- (b) Evitar el uso de líquidos inflamables.
- (c) Colocar los vehículos de inspección lejos de las áreas de entrada para evitar el humo del monóxido de carbono.
- (d) Las operaciones que implican el uso de gasolina deben ser realizadas en la dirección del viento de donde está el operador y el equipo de reinspección.
- (e) Hacer uso de un aparato respirador aprobado cuando el ventilar no es posible o cuando no hay acceso a un equipo de detección.
- (f) Se requiere una iluminación adecuada y cuerdas de seguridad al ingresar en alcantarillas.
- (g) La inspección debe ser realizada en parejas con un tercer inspector, el cual permanece fuera de la oscuridad y de lugares confinados.

#### **4.8. ORGANIZACIÓN DEL CONTROL DE TRÁFICO**

Los principios y procedimientos que realzan la seguridad de los conductores y de los inspectores de puentes en áreas de trabajo son las siguientes:

- (a) La seguridad del tráfico debe ser un elemento de alta prioridad en cada proyecto de inspección de puentes cuando las actividades del inspector están expuestas al tráfico o más dadas a afectar los movimientos de tráfico normal.
- (b) El tráfico debe tener una ruta a través de las áreas de trabajo con dispositivos geométricos y de control de tráfico, que se pueden comparar a los utilizados para otras situaciones en las carreteras.
- (c) El movimiento del tráfico debe de ser restringido.
- (d) Los conductores que se acercan al área de trabajo deben ser guiados de manera clara y segura a través del sitio de inspección de puentes.
- (e) En las inspecciones de larga duración, se debe de realizar una inspección rutinaria de los dispositivos de control de tráfico.
- (f) Todas las personas responsables de las operaciones de control de tráfico deben ser entrenadas adecuadamente.