

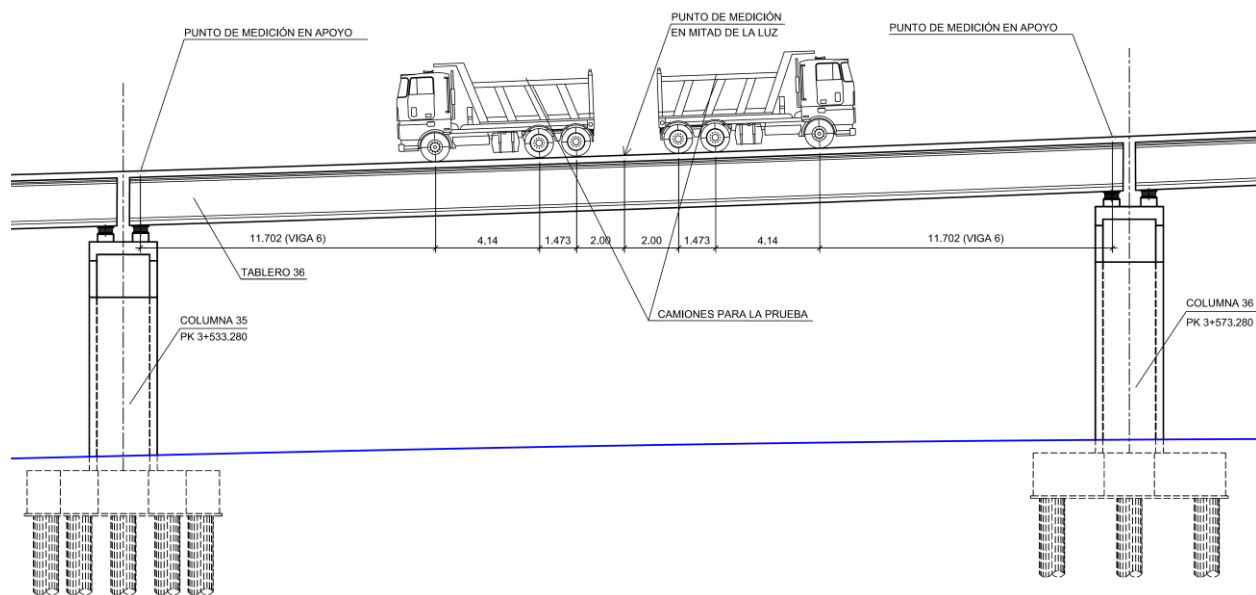


Programa de Ingeniería Estructural

LM-PIE-21-2021

INFORME DE REVISIÓN DOCUMENTAL

REVISIÓN DE LOS PLANES DE PRUEBA DE CARGA PARA LOS TABLEROS 36, 38 Y 43 DEL VIADUCTO DE CIRCUNVALACIÓN NORTE, RUTA NACIONAL Nº 39



San José, Costa Rica

Abril, 2021



Año de las Universidades Públicas
por la conectividad como
derecho humano universal
2021 BICENTENARIO DE LA
INDEPENDENCIA DE COSTA RICA



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Página intencionalmente dejada en blanco

Informe LM-PIE-21-2021	Abril, 2021	Página 2 de 22
------------------------	-------------	----------------

Tel.: +506 2511-2500 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.



1. Informe: LM-PIE-21-2021		2. Copia N°: 1
3. Título: REVISIÓN DE LOS PLANES DE PRUEBA DE CARGA PARA LOS TABLEROS 36, 38 Y 43 DEL VIADUCTO DE CIRCUNVALACIÓN NORTE, RUTA NACIONAL N° 39		4. Fecha del Informe: Abril, 2021
5. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
6. Notas complementarias Ninguna		
7. Resumen Este informe presenta los resultados de la revisión de los planes de prueba de carga para los Tableros 36, 38 y 43 del viaducto perteneciente a las Unidades Funcionales III y IV de Circunvalación Norte, Ruta Nacional N° 39. Estas pruebas de carga se realizarán con el propósito de certificar la calidad de tres vigas que tuvieron algunos defectos de fabricación y que aún no han sido aprobadas por la Supervisora del proyecto. Dentro del informe se analiza la claridad de la información presentada en los planes de prueba de carga elaborados por el Contratista, y esta se compara con el contenido mínimo establecido en el Capítulo 3 de la Circular E-C257 <i>Primer on Bridge Load Testing</i> (TRB, 2019). Las disposiciones de esta circular se incluyen en el Capítulo 12 del Tomo I del nuevo Manual de Puentes de Costa Rica 2020 (MP-2020), por lo que serán obligatorias una vez que se oficialice el manual. Dentro del informe también se ofrecen recomendaciones a considerar previo a la ejecución de las pruebas de carga en los tableros del viaducto, así como oportunidades de mejora para futuras pruebas de carga que vayan a ser realizadas en otros proyectos. El Programa de Ingeniería Estructural (PIE) realiza esta revisión ante la solicitud de criterio técnico de la Unidad de Auditoría Técnica (UAT) del LanammeUCR. Este documento es parte de las competencias de la fiscalización de la Red Vial Nacional asignadas al LanammeUCR por medio de la Ley 8114.		
8. Palabras clave Viaducto, Paso a desnivel, Circunvalación Norte, Ruta 39, Unidad Funcional III, Unidad Funcional IV, prueba de carga, concreto presforzado, auditorías técnicas de puentes, informe de asesoría, 2021, LM-PIE-21-2021.		9. N° de páginas 22
10. Elaborado por: Ing. Daniel Johanning Cordero Programa de Ingeniería Estructural	11. Revisado y aprobado por: Ing. Rolando Castillo Barahona Coordinador Programa de Ingeniería Estructural	12. Revisado y aprobado por: Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal LanammeUCR



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Página intencionalmente dejada en blanco

Informe LM-PIE-21-2021	Abril, 2021	Página 4 de 22
------------------------	-------------	----------------

Tel.: +506 2511-2500 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	9
2. ANTECEDENTES.....	9
3. OBJETIVOS	11
3.1. OBJETIVO GENERAL	11
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
4. REVISIÓN DE LOS PLANES DE PRUEBA DE CARGA.....	11
4.1. COMPARACIÓN DE LOS PLANES DE PRUEBA DE CARGA CON LOS LINEAMIENTOS ESTABLECIDOS POR LA SUPERVISORA	12
4.2. COMPARACIÓN DE LOS PLANES DE PRUEBA DE CARGA CON EL CONTENIDO MÍNIMO ESTABLECIDO EN LA CIRCULAR E-C257 “PRIMER ON BRIDGE LOAD TESTING”.....	13
4.3. OBSERVACIONES CON RESPECTO A LA CLARIDAD DE LOS CÁLCULOS PRESENTADOS	18
5. REFERENCIAS	20
ANEXO 1. SOLICITUD DE CRITERIO TÉCNICO DE PARTE DE LA UNIDAD DE AUDITORÍA TÉCNICA DEL LANAMMEUCR	21

Página intencionalmente dejada en blanco

Informe LM-PIE-21-2021	Abril, 2021	Página 6 de 22
------------------------	-------------	----------------

RESUMEN EJECUTIVO

A continuación, se presenta un resumen de las principales observaciones y recomendaciones obtenidos a partir de la revisión de los planes de prueba de carga para los Tableros 36, 38 y 43 del viaducto de Circunvalación Norte, Ruta Nacional N° 39.

Comparación con los lineamientos establecidos por la Supervisora: A partir de la comparación realizada se encontró una diferencia en el enfoque de las pruebas de carga, ya que no está previsto cargar el ancho completo de los tableros como se solicitó en un inicio. Se recomienda consultar a la Supervisora por su posición con respecto a este cambio de enfoque.

Comparación con el contenido mínimo establecido en la Circular E-C257 *Primer on Bridge Load Testing* (TRB, 2019): A partir de la comparación realizada, se encontró que los planes de prueba de carga omiten información importante. Los apartados específicos en los que no se presenta la información mínima son los siguientes: condiciones del sitio, análisis de riesgos, plan de instrumentación, equipo de adquisición de datos, cronograma de actividades, requerimiento de personal y plan de seguridad. Para futuros proyectos de prueba de carga, se recomienda que la Administración solicite que los planes de prueba de carga incluyan como mínimo la información que se indica en el Capítulo 3 de la Circular E-C257 *Primer on Bridge Load Testing* (TRB, 2019), cuyas disposiciones se incluyen en el Tomo I del futuro Manual de Puentes de Costa Rica 2020 (MP-2020). Con respecto a las pruebas de carga de Circunvalación Norte, también es necesario aclarar ciertos aspectos, entre ellos: cuáles son los defectos de fabricación que presentaron las tres vigas del viaducto que no han sido certificadas; el equipo de medición que se utilizará durante las pruebas de carga, su posicionamiento y la metodología a emplear para tomar las mediciones; la forma en que se realizará el monitoreo y control de datos durante la prueba; y el criterio que se utilizará para evaluar la posible abertura de fisuras una vez realizada la prueba.

Observaciones con respecto a la claridad de los cálculos presentados: No hay claridad en la información presentada dentro de los planes de prueba de carga con respecto al cálculo de las fuerzas internas y deflexiones esperadas durante la ejecución de las pruebas. Por lo tanto, no fue posible verificar si los momentos esperados en las vigas están lo suficientemente alejados de los momentos que fueron utilizados en el diseño. Se recomienda solicitar la memoria de cálculo detallada de las fuerzas internas y deflexiones esperadas en las vigas durante la prueba de carga y su comparación con los valores teóricos de diseño.

Informe LM-PIE-21-2021	Abril, 2021	Página 7 de 22
------------------------	-------------	----------------



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Página intencionalmente dejada en blanco

Informe LM-PIE-21-2021	Abril, 2021	Página 8 de 22
------------------------	-------------	----------------

Tel.: +506 2511-2500 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

1. INTRODUCCIÓN

Este informe presenta los resultados de la revisión de los planes de prueba de carga para los Tableros 36, 38 y 43 del viaducto perteneciente a las Unidades Funcionales III y IV de Circunvalación Norte, Ruta Nacional N° 39. Estas pruebas de carga se realizarán con el propósito de certificar la calidad de tres vigas que tuvieron algunos defectos de fabricación y que aún no han sido aprobadas por la Supervisora del proyecto.

Dentro del informe se analiza la claridad de la información presentada en los planes de prueba de carga elaborados por el Contratista, y esta se compara con el contenido mínimo establecido en el Capítulo 3 de la Circular E-C257 2019 *Primer on Bridge Load Testing* (TRB, 2019). Las disposiciones de esta circular se incluyen en el Capítulo 12 del Tomo I del nuevo Manual de Puentes de Costa Rica 2020 (MP-2020), por lo que serán obligatorias una vez que se oficialice el manual. Dentro del informe también se ofrecen recomendaciones a considerar previo a la ejecución de las pruebas de carga en los tableros del viaducto, así como oportunidades de mejora para futuras pruebas de carga que vayan a ser realizadas en otros proyectos.

El Programa de Ingeniería Estructural (PIE) realiza esta revisión ante la solicitud de criterio técnico de la Unidad de Auditoría Técnica (UAT) del LanammeUCR, según consta en el correo electrónico que se incluye en el Anexo 1.

Este documento es parte de las competencias de la fiscalización de la Red Vial Nacional asignadas al LanammeUCR por medio de la Ley 8114.

2. ANTECEDENTES

Como parte del proceso de Supervisión encomendado a UNOPS para el proyecto *Corredor Vial Circunvalación Norte, Ruta Nacional N° 39, Sección Uruca-Calle Blancos*, se destacan los siguientes antecedentes relacionados con las pruebas de carga de los Tableros 36, 38 y 43 del viaducto, de acuerdo con la documentación y correspondencia que fue facilitada al LanammeUCR:

- a. Tres de las vigas del viaducto que fueron fabricadas en el primer semestre del año 2019 tuvieron defectos de fabricación, y por esta razón no recibieron la certificación por parte de

Informe LM-PIE-21-2021	Abril, 2021	Página 9 de 22
------------------------	-------------	----------------



- la Supervisora. En la documentación que fue facilitada no se encontró más información acerca de cuáles fueron los defectos de fabricación que presentaron estas vigas.
- b. A raíz de los defectos de fabricación, la Supervisora condicionó la certificación de la calidad de las vigas al resultado de pruebas de carga. A inicios del año 2020, se realizó una prueba de carga a cada una de estas vigas con el fin de proceder con la certificación de la calidad. A pesar de que los informes de las pruebas de carga realizadas concluyen que los resultados fueron satisfactorios, estos no fueron aceptados por la Supervisora. En la documentación que fue facilitada no se encontró cuál fue el motivo de la Supervisora de haber rechazado los resultados de las pruebas de carga realizadas a las vigas.
 - c. A pesar de no contar aún con la aprobación de la Supervisora, las vigas en cuestión fueron colocadas en la estructura del viaducto (cada viga se colocó en un tramo distinto) y los tableros fueron construidos sobre ellas.
 - d. Los tramos en los que se colocaron estas vigas corresponden a los Tableros 36, 38 y 43 del viaducto, según la numeración establecida en los planos del proyecto. En el caso de los Tableros 36 y 38, la viga sin certificar corresponde a la viga colocada en la posición central del tablero, mientras que en el caso del Tablero 43, la viga sin certificar corresponde a una de las vigas externas.
 - e. La Supervisora señaló que la última opción para certificar la calidad de las tres vigas en cuestión es realizar una prueba de carga a cada uno de los tableros donde fueron colocadas las vigas y que el resultado de la prueba sea satisfactorio. Para ello, la Supervisora emitió una serie de lineamientos que se deben cumplir al ejecutar las pruebas de carga de los tableros (*Nota Técnica 002* remitida al Contratista), y solicitó al Contratista preparar los planes de las pruebas de carga en concordancia con estos lineamientos.
 - f. A finales del año 2020, el Contratista presentó los planes de prueba de carga a la Supervisora y estos fueron debidamente aprobados. Estos planes de prueba de carga son los que se revisan en el presente informe. Al momento de la preparación del informe, las pruebas de carga de los tableros del viaducto aún no han sido realizadas.

Informe LM-PIE-21-2021	Abril, 2021	Página 10 de 22
------------------------	-------------	-----------------

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

El objetivo general de este informe es presentar el resultado de la revisión, desde el punto de vista estructural, de los planes de prueba de carga para los Tableros 36, 38 y 43 del viaducto de Circunvalación Norte, Ruta Nacional N° 39.

3.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos son los siguientes:

- a. Comprobar si los planes de prueba de carga elaborados por el Contratista cumplen con los lineamientos establecidos por la Supervisora para la certificación de las vigas que aún no han sido aprobadas.
- b. Comparar el contenido de los planes de prueba de carga con la información mínima requerida que se establece en el Capítulo 3 de la Circular E-C257, *Primer on Bridge Load Testing* (TRB, 2019).
- c. Verificar si la información incluida en los planes de prueba de carga se presenta de forma clara y fácil de seguir.
- d. Brindar recomendaciones con base en las observaciones realizadas, incluyendo posibles oportunidades de mejora para futuros proyectos de pruebas de carga.

4. REVISIÓN DE LOS PLANES DE PRUEBA DE CARGA

En las siguientes secciones se presentan las observaciones realizadas a partir de la revisión de los planes de prueba de carga para los Tableros 36, 38 y 43 del viaducto de Circunvalación Norte, elaborados por el Contratista.

Cabe recalcar que los tres planes de prueba de carga que fueron revisados son muy similares entre sí y su contenido es prácticamente el mismo. Por lo tanto, las observaciones que se presentan a continuación aplican a los tres planes de prueba de carga.

Informe LM-PIE-21-2021	Abril, 2021	Página 11 de 22
------------------------	-------------	-----------------

4.1. Comparación de los planes de prueba de carga con los lineamientos establecidos por la Supervisora

A partir de la comparación de los planes de prueba de carga con los lineamientos establecidos por la Supervisora para la realización de las pruebas, se hacen las siguientes observaciones:

Observación 1:

Los lineamientos establecidos por la Supervisora para la realización de las pruebas de carga en los Tableros 36, 38 y 43 del viaducto de Circunvalación Norte (*Nota Técnica 002* remitida al Contratista), se basan en los criterios de la publicación española titulada *Recomendaciones para la realización de pruebas de carga de recepción en puentes de carretera* (Ministerio de Fomento de España, 1999). Sin embargo, ni en los lineamientos emitidos por la Supervisora, ni en los planes de prueba de carga elaborados por el Contratista, se indica la referencia de dónde se obtuvieron los criterios para la realización de las pruebas de carga.

Recomendación:

Para futuros proyectos de prueba de carga, se recomienda que la Administración solicite que el plan de la prueba de carga indique todas las referencias de dónde provienen los criterios considerados para la realización de la prueba.

Observación 2:

Muchos de los lineamientos establecidos por la Supervisora se reproducen textualmente en los planes de prueba de carga elaborados por el Contratista. Esto tiene el inconveniente de que los lineamientos (los cuales fueron tomados de la publicación española que se mencionó en la observación anterior) están redactados a modo de recomendación y de forma que apliquen a cualquier proyecto, utilizando frases como “*se aconseja...*” o “*es recomendable...*”. Por lo tanto, al reproducirse textualmente en el plan de prueba de carga, queda la duda de si la recomendación se va a acatar o no, además de que no se está profundizando al respecto.

Recomendación:

Para futuros proyectos de prueba de carga, se recomienda que la Administración solicite que dentro del plan de la prueba de carga se evite incluir criterios o disposiciones generales sin explicar con detalle la forma en la que estos se van a efectuar durante la prueba.

Informe LM-PIE-21-2021	Abril, 2021	Página 12 de 22
------------------------	-------------	-----------------

Observación 3:

Dentro de los lineamientos establecidos por la Supervisora, se indica que durante las pruebas de carga se deberá cargar el ancho completo del tablero, ya que una certificación del tablero completo permite certificar cada uno de sus componentes, incluyendo las vigas con desperfectos. Sin embargo, el enfoque de los planes de prueba de carga presentados por el Contratista es distinto. De acuerdo con lo que se establece en los planes, no está previsto cargar el ancho completo del tablero, sino solo las zonas cercanas a la viga de interés, de forma tal que se produzcan los efectos más desfavorables sobre esta viga. Es importante mencionar que la Supervisora aprobó todos los planes de prueba de carga elaborados por el Contratista, por lo que se asume que este cambio en el enfoque de la prueba ya fue evaluado.

Recomendación:

Solicitar a la Supervisora una respuesta por escrito en la que aclare su posición con respecto al cambio de enfoque de las pruebas de carga planteadas por el Contratista, ya que en los planes presentados no está previsto cargar el ancho completo de los tableros como se solicitó en un inicio por parte de la Supervisora.

4.2. Comparación de los planes de prueba de carga con el contenido mínimo establecido en la Circular E-C257 “Primer on Bridge Load Testing”

En esta sección se compara el contenido de los planes de prueba de carga con la información mínima requerida que se establece en el Capítulo 3 de la Circular E-C257, *Primer on Bridge Load Testing* (TRB, 2019). Las disposiciones de esta Circular se incluyen en el Capítulo 12 del Tomo I del nuevo Manual de Puentes de Costa Rica (MP-2020), por lo que serán obligatorias una vez que se oficialice el Manual. Esta comparación permite verificar si los planes de prueba de carga presentan la información necesaria, así como identificar oportunidades de mejora para futuras pruebas de carga.

En el Cuadro 1 se muestran los resultados completos de la revisión del contenido de los planes de prueba de carga de los tableros de Circunvalación Norte con respecto a la información mínima requerida que se establece en el Capítulo 3 de la Circular E-C257 (TRB, 2019).

Informe LM-PIE-21-2021	Abril, 2021	Página 13 de 22
------------------------	-------------	-----------------

Cuadro 1. Comparación del contenido de los planes de prueba de carga de Circunvalación Norte con la información mínima que establece la Circular E-C257 (TRB, 2019).

Contenido mínimo según Cap. 3 de la Circular E-C257	Cumplimiento	Comentarios	Recomendaciones
a. Definición de los objetivos de la prueba	Sí	Uno de los objetivos planteados corresponde a comprobar las deformaciones y comportamiento estructural de la viga que no ha sido certificada, pero no se indica cuál es el defecto que presenta la viga.	Solicitar información por escrito sobre cuáles fueron los defectos de fabricación que presentaron las tres vigas del viaducto que no han sido certificadas por la Supervisora.
b. Condiciones de sitio y análisis de riesgos	No	En el plan de prueba de carga presentado no se incluye información sobre las condiciones de sitio y un análisis de riesgos.	Para futuros proyectos se recomienda que la Administración solicite esta información en el plan de prueba de carga, con observaciones de posibles afectaciones a los resultados de la prueba, identificación de los riesgos que pueden presentarse y la forma en cómo serán gestionados, así como las limitaciones del sitio reconocidas.
c. Definición de los parámetros a medir	Sí	Se medirá la deflexión vertical al centro de todas las vigas del tablero. En algunas vigas también se medirá el descenso en las líneas de apoyo. Sin embargo, específicamente en la viga sin certificación no está previsto medir el descenso en los apoyos.	Consultar al Contratista por su posición con respecto a que no esté previsto medir el descenso de los apoyos de la viga de interés.

Cuadro 1 (cont.). Comparación del contenido de los planes de prueba de carga de Circunvalación Norte con la información mínima que establece la Circular E-C257 (TRB, 2019).

Contenido mínimo según Cap. 3 de la Circular E-C257	Cumplimiento	Comentarios	Recomendación
d. Plan de instrumentación	Parcialmente	Se indican algunos requisitos con los que debe cumplir el equipo de medición. Sin embargo, haciendo referencia al criterio del Ing. Francisco Villalobos (2021) externado a través de un correo electrónico: <i>"La información sobre el programa experimental y específicamente con el detalle de las mediciones es sumamente básica y no detalla aspectos importantes como las ubicaciones de las mediciones. Tampoco hay un detalle sobre el equipo de medición a utilizar, siendo esto crucial."</i>	<p>Solicitar por escrito la siguiente información:</p> <ul style="list-style-type: none"> (i) El equipo de medición que se utilizará en la prueba de carga y sus especificaciones técnicas. (ii) El posicionamiento del equipo de medición durante la prueba de carga. (iii) La metodología a emplear para realizar las mediciones requeridas. <p>Para futuros proyectos de prueba de carga, se recomienda que la Administración solicite esta información en el plan de la prueba de carga.</p>
e. Equipo de adquisición de datos	No	No hay información acerca del sistema de adquisición de datos. Se desconoce si durante las pruebas de carga existirá capacidad o no de registrar y visualizar en tiempo real los datos de las mediciones.	<p>Solicitar información por escrito sobre la forma en la que serán recolectados los datos de las mediciones y cómo se realizará el monitoreo y control de los datos durante las pruebas de carga.</p> <p>Para futuros proyectos de prueba de carga, se recomienda que la Administración solicite esta información en el plan de la prueba de carga.</p>

Cuadro 1 (cont.). Comparación del contenido de los planes de prueba de carga de Circunvalación Norte con la información mínima que establece la Circular E-C257 (TRB, 2019).

Contenido mínimo según Cap. 3 de la Circular E-C257	Cumplimiento	Comentarios	Recomendación
f. Cronograma de actividades y requerimiento de personal	Parcialmente	Se indican las actividades que se desarrollarán durante la prueba de carga, pero estas no están organizadas en un cronograma detallado. Tampoco existe información del personal requerido para ejecutar las actividades.	Para futuros proyectos de prueba de carga, se recomienda que la Administración solicite esta información en el plan de la prueba de carga.
g. Requerimientos de carga	Sí	Se incluye una descripción de los camiones que se utilizarán para la prueba de carga, así como diagramas con la ubicación detallada de los camiones sobre el tablero.	No hay recomendaciones.
h. Seguridad y manejo del tránsito	No	No se incluye un plan de seguridad para garantizar la integridad física del personal involucrado en la prueba. Por otro lado, dado que la carretera está en construcción y no está abierta al tránsito, no se requiere un plan de control temporal de tránsito durante la prueba.	Para futuros proyectos de prueba de carga, se recomienda que la Administración solicite incluir un plan de seguridad dentro del plan de la prueba de carga, así como un plan de control temporal del tránsito en caso de ser requerido.

Cuadro 1 (cont.). Comparación del contenido de los planes de prueba de carga de Circunvalación Norte con la información mínima que establece la Circular E-C257 (TRB, 2019).

Contenido mínimo según Cap. 3 de la Circular E-C257	Cumplimiento	Comentarios	Recomendación
i. Factores ambientales	Sí	Se indica que se podrán hacer mediciones de la temperatura en las caras superior e inferior del tablero, con el fin de evaluar la influencia de los cambios de temperatura en las otras mediciones realizadas durante la prueba. No está claro el criterio que se utilizará para definir si estas mediciones serán necesarias o no.	Solicitar al Contratista una respuesta por escrito en la que indique si las mediciones de temperatura se van a realizar independientemente de las condiciones ambientales del día de la prueba, o si su realización depende de algún criterio en particular.
j. Consideraciones especiales según la tipología del puente	Sí	Se indican los criterios de aceptación para estructuras de concreto presforzado, así como los criterios de estabilización y de remanencia a considerar para la prueba de carga. En cuanto a los criterios de aceptación, no existe claridad con respecto al criterio que se utilizará para determinar si la abertura de fisuras que se podría producir en los elementos de concreto durante la prueba de carga es aceptable o no.	Solicitar al Contratista una respuesta por escrito en la que aclare cuál es el criterio que se utilizará para evaluar la posible abertura de fisuras en los elementos de concreto una vez realizada la prueba de carga, y para determinar si es aceptable o no.

4.3. Observaciones con respecto a la claridad de los cálculos presentados

En esta sección se brindan algunas observaciones adicionales con respecto a la claridad de la información presentada en los planes de prueba de carga para los tableros del viaducto de Circunvalación Norte, específicamente aquella información relacionada con el cálculo de los efectos estimados en las vigas durante la realización de las pruebas de carga.

Observación 1:

- a. En cada plan de prueba de carga se reporta el valor del momento máximo esperado en la sección central de la viga de interés durante la prueba de carga, así como el porcentaje calculado con respecto al momento teórico que fue utilizado en el diseño. Sin embargo, dentro de los planes de prueba de carga no se presenta de forma detallada el cálculo de estos valores. Únicamente se muestran capturas de pantalla de las salidas del programa de análisis estructural que se utilizó para estimar las fuerzas internas y deflexiones esperadas, pero los valores mostrados en los diagramas de momento no son legibles.
- b. Dentro del plan de prueba de carga se menciona que todos los cálculos detallados se presentan en un Anexo de cálculo. Sin embargo, los planes de prueba de carga que fueron facilitados no incluyen este Anexo, por lo que no fue posible verificar la información.

Recomendación:

Solicitar la memoria de cálculo detallada de las fuerzas internas y deflexiones esperadas en las vigas durante la prueba de carga y su comparación con los valores teóricos de diseño. Es posible que ya exista un Anexo de los planes de prueba de carga con esta información.

Observación 2:

- a. Tanto en los lineamientos de la Supervisora como en los planes de prueba de carga del Contratista se indica que la carga a aplicar durante la prueba debe estar en torno al 60% de los valores teóricos obtenidos en el diseño, y en ningún caso debe sobrepasar el 70% de estos valores. Sin embargo, no se aclara si estos valores teóricos corresponden a las cargas últimas (ya mayoradas) o a las cargas de servicio (sin mayorar).

Informe LM-PIE-21-2021	Abril, 2021	Página 18 de 22
------------------------	-------------	-----------------



- b. En la publicación española que se utilizó como referencia (Ministerio de Fomento de España, 1999) se dice explícitamente que los porcentajes indicados corresponden a las cargas sin mayorar. Esto debe quedar claro en el plan de la prueba de carga, ya que alguien que no esté familiarizado con la publicación española podría interpretarlo de otra forma.
- c. Esta información podría verificarse en una memoria de cálculo detallada de los momentos esperados en las vigas. Sin embargo, como se mencionó en la observación anterior, los planes de prueba de carga que fueron facilitados no incluyen esta información.

Recomendación:

Solicitar una memoria de cálculo detallada de los efectos esperados en las vigas durante las pruebas de carga, como se indicó en la recomendación asociada a la observación anterior. En su defecto, solicitar al Contratista una respuesta por escrito en la que confirme que los momentos esperados en las vigas durante la ejecución de las pruebas de carga no sobrepasan el 70% de los momentos teóricos asociados a las cargas de servicio sin mayorar.

5. REFERENCIAS

Estrella – H. Solís. (2020). *Proyectos de prueba de carga de los tableros 36, 38 y 43*. Consorcio Estrella – H. Solís. Oficio O-CN-2020.11.05-01.

Ministerio de Fomento de España. (1999). *Recomendaciones para la realización de pruebas de carga de recepción de puentes en carretera*. Dirección General de Carreteras: Madrid, España.

TRB. (2019). *Primer on Bridge Load Testing (TR Circular E-C257)*. Washington, D.C: Transportation Research Board.

UNOPS. (2020). *Prueba de carga sobre vigas del Proyecto: "Supervisión del Proyecto CORREDOR VIAL CIRCUNVALACIÓN NORTE, RUTA NACIONAL NO. 39, SECCIÓN URUCA (ENT. RUTA NACIONAL NO. 108) – CALLE BLANCOS (RUTA NACIONAL NO. 109)*. Oficina de las Naciones Unidas de Servicios para Proyectos. Oficio UNOPS/2020/95087/JFBV/064.

UNOPS. (2020). *Nota Técnica 002: Procedimiento para aceptación de vigas*. Oficina de las Naciones Unidas de Servicios para Proyectos. Anexo al Oficio UNOPS/2020/95087/JFBV/064.



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Anexo 1.

Solicitud de criterio técnico de parte de la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR

Informe LM-PIE-21-2021	Abril, 2021	Página 21 de 22
------------------------	-------------	-----------------



Pruebas de carga

De mauricio.salas@ucr.ac.cr el 2021-02-09 22:12

De mauricio.salas@ucr.ac.cr

Destinatario rolando.castillo@ucr.ac.cr, '[Daniel Johanning Cordero](#)', '[Andrés González Leon](#)', [Mauricio Picado Muñoz](#), VICTOR.CERVANTES@ucr.ac.cr

Cc [Wendy Sequeira Rojas](#), [Francisco Fonseca](#)

Fecha 2021-02-09 22:12

Buenos compañeros del PIE

Adjunto el enlace de dos archivos comprimidos con información de las pruebas de carga realizadas a 3 vigas que habían tenido algunas inconvenientes en su construcción y habían generado algunas dudas. Hoy esas vigas fueron colocadas en unos tableros del viaducto, por lo que se hizo un protocolo para realizar unas nuevas pruebas pero ya en los tres tableros.

[Pruebas de carga Tableros](#)

[Pruebas de carga vigas](#)

Quería consultarles si es posible que pueda revisarlo y darnos su criterio, de acuerdo a lo que les había mencionado en la gira pasada.

LA prueba de los tableros esta pendiente. Nos estarían avisando cuando se van a llevar acabo.

Cualquier cosa nos estamos comunicando

Saludos

--



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Ing. Mauricio Salas Chaves

Auditor Técnico
Unidad Auditoría Técnica

[+506 2511-2533](tel:+50625112533) | [+506 2511-2527](tel:+50625112527)

mauricio.salas@ucr.ac.cr