



5 de junio de 2023
EIC-Lanamme-461-2023

Sonia Lucrecia Gómez Vargas
Historiadora
Centro de Investigación y Conservación
del Patrimonio Cultural Costa Rica

Asunto: Criterio técnico del LanammeUCR ante posible declaratoria patrimonial histórico-arquitectónico del puente sobre el río Pirro, en ruta nacional No.3.

Estimado(a) señor(a):

De conformidad con las competencias en materia de fiscalización y asesoramiento técnico que se le confiere al Lanamme, según el artículo 6° de la Ley n.º 8114 de *Simplificación y Eficiencia Tributarias*, se genera el siguiente criterio técnico solicitado por el Centro de Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural Costa Rica respecto a la posible declaratoria de patrimonio histórico – arquitectónico del puente sobre el río Pirro, ubicado en la Ruta Nacional No.3, en la provincia de Heredia.

Con el fin de dar una respuesta apropiada para la toma de decisiones, se realizó un análisis de los siguientes aspectos relacionados con el puente:

- Antecedentes de la estructura.
- Inspección de la integridad estructural actual del puente.
- Investigación de la situación hidrológica e hidráulica actual del puente.

1. Antecedentes de la estructura

El puente sobre el río Pirro se ubica en el distrito de Heredia, del Cantón de Heredia, de la provincia de Heredia, sobre la Ruta Nacional No.3. Esta estructura posee más de 150 años de existencia, dato que fue indicado, mediante llamada telefónica, por el Centro de Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural Costa Rica.





EIC-Lanamme-461-2023
Página 2

Dicha información fue corroborada según el medio de comunicación del Semanario Universitario, en el que mediante la siguiente nota periodística “<https://semanariouniversidad.com/suplementos/forja/que-el-puente-pirro-siga-pirrando/>”, se indica que el puente fue construido aproximadamente en el año 1867.

El puente original fue construido mediante el uso de una superestructura de arco con mampostería, con subestructura tipo muro en voladizo con aletones en los costados, igualmente compuesto por mampostería, tal y como se observa en la Figura 1.



Figura 1. Superestructura original del puente con arco de mampostería
Fuente: LanammeUCR, 2023.

Con el pasar de los años, y dado el aumento de flujo vehicular en la zona, se realizó una ampliación del puente entre los años 1958 y 1959, según consta en la memoria anual que elabora el Ministerio de Obras Públicas y Transportes del año 1958. En esta ampliación se le dotó al puente de una segunda superestructura compuesta por vigas de concreto reforzado, las cuales se apoyan sobre parte de los aletones originales de mampostería que posee el puente, como se detalla en la Figura 2.



Figura 2. Superestructura secundaria del puente mediante vigas de concreto reforzado
Fuente: LanammeUCR, 2023.

El puente sobre el río Pirro corresponde a una estructura vital para el flujo vehicular de la zona, puesto que permite conectar el tránsito vehicular proveniente de Tibás, la Uruca, Santo Domingo, Lagos, Lagunilla y San Pablo con el centro de Heredia, constituyéndose en la principal entrada a dicha ciudad desde el sureste.

Para el año 2017 se estima que el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) de zonas aledañas a dicho puente (ver figura 3) fue de entre 18,132 y 26,492 vehículos diarios, según los datos recopilados del anuario de información de tránsito del 2017 elaborado por la Secretaría de Planificación Sectorial del Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

Aunque no se cuenta con contadores vehiculares permanentes sobre el puente, el flujo indicado para las zonas aledañas es un buen indicador de la importancia que tiene el puente para el tránsito de la zona.



Figura 3. Ubicación de las estaciones permanente de conteo vehicular dentro del Gran Área Metropolitana

Fuente: Modificada de Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2017.

Cabe aclarar que el puente que está propuesto para ser declarado patrimonio corresponde con el puente de arco y los bastiones y aletones de mampostería.

Por otra parte, cabe mencionar que actualmente existe una contratación para construir un nuevo puente, tal y como queda de manifiesto en la licitación pública 2021LN-000007-0021700001. Este proyecto es promovido por la Municipalidad de Heredia en conjunto con el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI), con el fin de resolver “*los problemas de capacidad vehicular y capacidad hidráulica que presenta la estructura actual*”, cita que se extrae de la nota periodística “*Municipalidad de Heredia anuncia construcción de nuevo puente sobre el río Pirro*”, publicada por el medio de comunicación Delfino, el 20 de setiembre del 2021.

Las labores de construcción del nuevo puente, que se establecen en la licitación pública 2021LN-000007-0021700001, incluyen las siguientes actividades:

- Demolición del puente existente.
- Reubicación de servicios públicos.
- Construcción de un puente nuevo de cuatro carriles.
- Ampliación de los accesos.
- Demarcación e iluminación.



EIC-Lanamme-461-2023
Página 5

2. Inspección de la integridad estructural actual del puente

La Unidad de Puentes del LanammeUCR realizó una visita al sitio con el fin de realizar una inspección de la condición actual del puente sobre el río Pirro. Para dicha inspección se utilizó el método de calificación de deficiencias mediante inspecciones rutinarias de puentes definidas en el documento “*Bridge Inspector’s Reference Manual BIRM*” (2012), elaborado por la Federal Highway Administration [FHWA], La inspección fue realizada el día 27 de abril del 2023 por el Ing. Alexander Oviedo Campos y el Ing. Sergio Álvarez González.

De la inspección y posterior análisis, se tiene que la superestructura compuesta por el arco de mampostería presenta una condición regular, de manera que no existen o se evidencian deficiencias que comprometan la seguridad de la estructura o de los usuarios. Se observó la presencia general de musgo, el cual se debe al ambiente húmedo de la zona donde se encuentra la estructura, e igualmente se detectó un desgaste general de la estructura, esto por la cantidad de años que ya cuenta a nivel operativo. Las deficiencias descritas se pueden observar en la Figura 4. Ambas deficiencias son consideradas como menores según el documento de la FHWA.



Figura 4. Presencia de musgo y desgaste general del arco de mampostería del puente del río Pirro

Fuente: LanammeUCR, 2023.



EIC-Lanamme-461-2023
Página 6

Seguidamente, se procedió a revisar la superestructura construida en la ampliación del puente (no incluida en la posible declaratoria patrimonial), la cual está compuesta por vigas de concreto reforzado. En términos generales, esta presenta una condición deficiente. En esta superestructura se observaron deficiencias que requieren un tipo de atención más significativa, entre estas se destacan las siguientes:

- Acero de refuerzo expuesto en las vigas y que presenta oxidación, como se detalla en la Figura 5.
- Manchas de eflorescencias, probablemente formadas a partir de filtraciones de los elementos superiores, como se detalla en la Figura 6.
- Áreas reparadas, esta deficiencia fue detectada de manera extendida en varias de las vigas de la superestructura, como se detalla en la Figura 7, esta deficiencia se destaca por el hecho de que la estructura por ende ya ha sufrido deterioros lo suficientemente importantes para requerir intervenciones.



Figura 5. Presencia de acero de refuerzo expuesto en superestructura de vigas de concreto del puente del río Pirro
Fuente: LanammeUCR, 2023.



Figura 6. Presencia de eflorescencias en superestructura de vigas de concreto del puente del rio Pirro
Fuente: LanammeUCR, 2023.



Figura 7. Presencia de áreas reparadas en superestructura de vigas de concreto del puente del rio Pirro
Fuente: LanammeUCR, 2023.



EIC-Lanamme-461-2023
Página 8

Seguidamente, se procedió a evaluar el estado actual de los bastiones y aletones compuestos por mampostería, elaborados igualmente en el año de 1967. Estos presentan una condición entre regular y deficiente según la normativa “*Bridge Inspector's Reference Manual BIRM*” (2012), de la FHWA, dado que presentan desprendimientos en algunos de los bloques que la componen de forma aislada, como se presenta en la Figura 8.

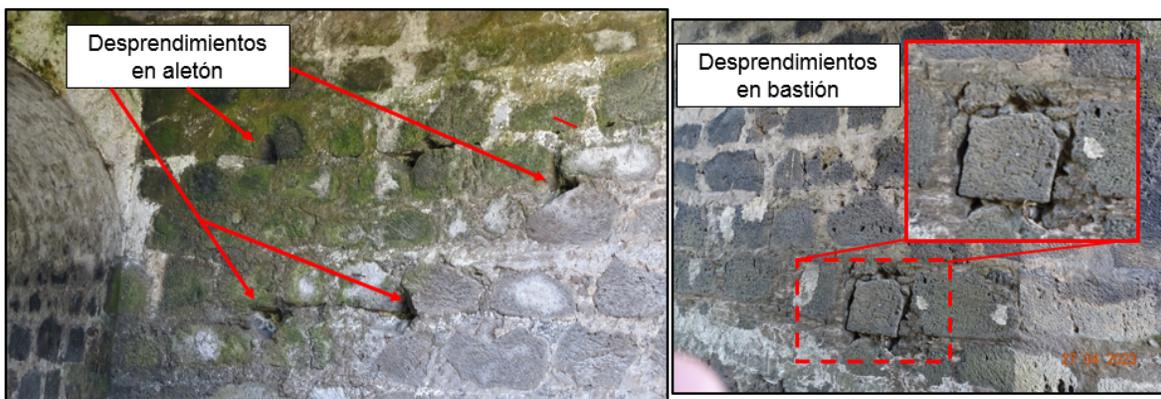


Figura 8. Desprendimientos puntuales en bastiones y aletones del puente del río Pirro
Fuente: LanammeUCR, 2023.

Adicionalmente, se destaca que los bastiones y aletones presentan de forma extendida una cubierta de musgo, producto de las condiciones húmedas de la zona, como se muestra en la Figura 9.

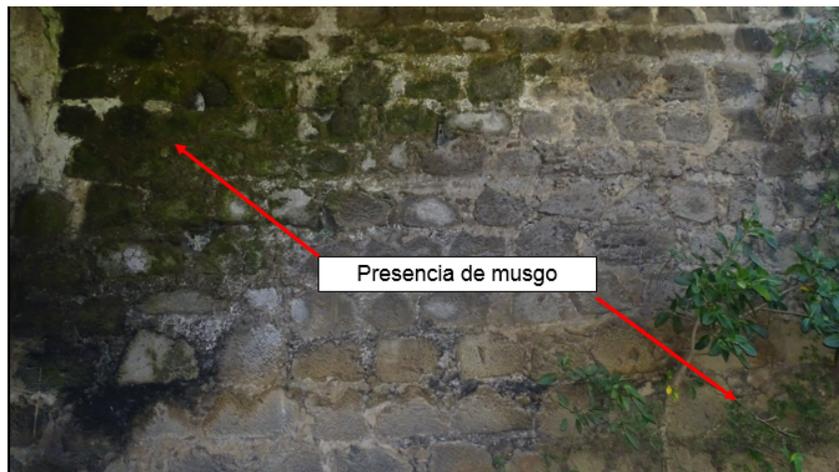


Figura 9. Presencia de musgo en bastiones y aletones del puente del río Pirro
Fuente: LanammeUCR, 2023.



EIC-Lanamme-461-2023
Página 9

A partir de las observaciones e imágenes mencionadas en este capítulo se puede concluir que el puente de arco, a pesar de la antigüedad que posee, no cuenta con deficiencias que sean de carácter alarmante o en condición de falla inminente, por lo que se prevé que no existen problemas de inestabilidad que pongan en riesgo a la estructura ni a los usuarios.

Se aclara que esta evaluación permite concluir sobre el comportamiento esperado del puente según la evidencia recabada en la inspección realizada. Debido a que el puente de arco no fue diseñado a partir de alguna normativa que considere las diferentes acciones que podrían presentarse sobre la estructura, no puede asegurarse que el mismo se comportará adecuadamente ante sismos severos, sobrecargas o avenidas de mayor magnitud a las que el puente ha sido sometido hasta el día de hoy.

3. Situación hidrológica e hidráulica actual del puente

En el Anexo 1 se muestra un informe que contiene la caracterización hidrológica de la cuenca aguas arriba del puente sobre el río Pirro, así como una revisión documental histórica de los eventos hidrológicos que se han registrado en dicha cuenca. Este trabajo fue realizado por profesor de la Escuela de ingeniería Civil, el Ing. Roberto Villalobos Herrera, PhD, a solicitud del LanammeUCR como parte de esta respuesta de criterio técnico.

Del informe mostrado en el Anexo 1, se extraen las siguientes conclusiones:

- Se ha encontrado que la cuenca aguas arriba del puente de la Ruta Nacional 3 sobre el río Pirro es capaz de generar crecientes con caudal importante, que fluye a gran velocidad en la sección inmediatamente aguas arriba del puente. Las altas velocidades parecen continuar aguas abajo del puente de acuerdo con la evidencia de erosión en la margen derecha aguas abajo del puente.
- Se observa en las fotografías que el puente y sus rellenos de aproximación generan una restricción importante del cauce.
- Es posible que la restricción del cauce genere un remanso aguas arriba que ocasione inundaciones en crecientes de gran magnitud, y el agua empozada aguas arriba del puente es evidencia que el puente y sus protecciones ya generan una cierta restricción al flujo. Sin embargo, el efecto de remanso, su magnitud y efecto requieren de modelado hidráulico para confirmarse.



EIC-Lanamme-461-2023
Página 10

Por lo expuesto anteriormente, en el informe mostrado en el Anexo 1 se recomienda lo siguiente:

“que el puente de mampostería y los muros y rellenos de aproximación hacia él sean sustituidos por un puente que salve el cauce natural del río de margen a margen. Esto para evitar generar restricciones al flujo y para recuperar la conectividad del ecosistema del río Pirro.”

4. Conclusiones

A partir de la inspección estructural y análisis hidráulico e hidrológico del puente sobre el río Pirro, se puede concluir lo siguiente:

- A nivel histórico, el puente sobre el río Pirro ha sido sometido a varias intervenciones para adaptarse a la tendencia creciente del flujo vehicular y representa un sitio de paso crítico para la zona donde se ubica.
- El puente actual, no cuenta con deficiencias que indiquen que el puente de arco se encuentra en una condición alarmante o en condición de falla inminente. Sin embargo, estas condiciones podrían variar si el puente se ve sometido a sismos severos, sobrecargas o crecidas de mayor magnitud a las que ya ha sido sometido.
- El puente actual, a nivel hidráulico/hidrológico, representa una restricción importante al paso de agua por el cauce, debido a que el ancho del puente es menor al ancho de cauce tanto aguas arriba como aguas debajo de este. Esto genera altas velocidades de flujo con gran potencial erosivo.
- En caso de que se declare al puente existente sobre el río Pirro como patrimonio, las obras planteadas en el cartel de licitación 2021LN-000007-0021700001 deberán reformularse puesto que ya no se podría demoler la estructura existente, ni que se produzca la ampliación de la capacidad hidráulica del cuerpo de agua que atraviesa la estructura actual, como se pretende en el proyecto.



EIC-Lanamme-461-2023
Página 11

5. Recomendaciones

A partir del análisis estructural e hidráulico del puente sobre el río Pirro se recomienda lo siguiente:

- A nivel hidráulico, se recomienda que el puente de mampostería, así como los muros y rellenos de aproximación, sean sustituidos por un puente que salve el cauce natural del río de margen a margen. Esto para evitar generar restricciones al flujo y para recuperar la conectividad del ecosistema del río Pirro.
- En caso de que se desee conservar la estructura, se debe realizar un estudio hidráulico/hidrológico detallado que cuantifique adecuadamente los riesgos de mantener la estructura en sitio, y a partir de ello determinar si es técnicamente factible conservar el puente de arco.

Atentamente,

UCR | Firmado
digitalmente

Ing. Julian Trejos Villalobos, MSc, MEng Ing. Rolando Castillo Barahona, Ph.D.
Coordinador a.i Programa de Ingeniería Estructural Director
Coordinador Unidad de Puentes

AOC/JTV

C.c Ing. Alexander Oviedo Campos, Ingeniero Unidad de Puentes, Programa de Ingeniería Estructural, Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Ing. Sergio Gabriel Alvarez González, Ingeniero Unidad de Puentes, Programa de Ingeniería Estructural, Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Archivo

Adjunto: Informe de la situación hidrológica e hidráulica del puente de la Ruta Nacional 3 sobre el río Pirro



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

EIC-Lanamme-461-2023
Página 12

**Anexo: Informe de la situación hidrológica e hidráulica del puente de la Ruta Nacional 3
sobre el río Pirro**



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

EIC Escuela de
Ingeniería Civil

Informe de la situación hidrológica e hidráulica del puente de
la Ruta Nacional 3 sobre el río Pirro – Heredia

Elaborado por:

Ing. Roberto Villalobos Herrera, Phd.

Docente, Escuela de Ingeniería Civil

Universidad de Costa Rica

Mayo de 2023



1. Introducción

1.1. Motivación

El presente informe atiende una solicitud de la Unidad de Puentes del LanammeUCR de realizar una revisión breve sobre la situación hidrológica e hidráulica del puente de la Ruta Nacional 3 sobre el río Pirro, ubicado a la entrada de Heredia, Costa Rica. Esta revisión se centra en el puente de arco existente en el sitio, por debajo de la estructura más moderna que sostiene la superficie de rodamiento actual. El informe consta de tres secciones: una introducción breve, los resultados obtenidos, y finalmente conclusiones y recomendaciones.

1.2. Metodología

Este informe se basa en información documental, fotografías del sitio aportadas por el LanammeUCR, y una caracterización hidrológica de la cuenca aguas arriba del puente de interés. La caracterización de la cuenca se realizó utilizando el sistema de información geográfico QGIS e información base obtenida de el Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT), parte del Instituto Geográfico Nacional, además de imágenes satelitales disponibles en QGIS que datan de 2016.

No se realizó modelado hidrológico o hidráulico del sitio debido al costo que esto implicaría. La evidencia disponible se valoró para emitir un criterio técnico sobre la condición del puente.

2. Resultados

2.1. Caracterización hidrológica de la cuenca

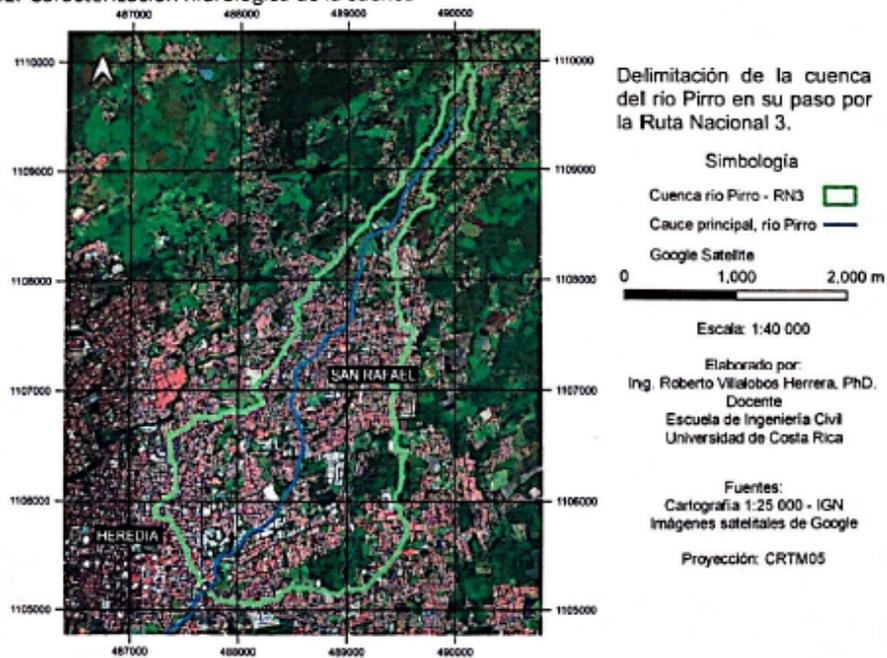


Figura 1 Cuenca hidrológica del río Pirro aguas arriba del puente de la Ruta Nacional 3.



La cuenca definida por el puente de la Ruta Nacional 3 sobre el río Pirro tiene una extensión de aproximadamente 5,18 km². Las pendientes medias y medianas de las laderas son de 5,27% y 4,17% respectivamente, y un valor máximo de 64%, en general las pendientes más fuertes se ubican cercanas a los cauces. La pendiente del cauce principal es de ~ 5%. Morfológicamente la cuenca es ondulada, con cauces bien definidos en su parte baja e intermitentes en su parte alta, la parte media presenta varios tramos de alcantarilla donde el cauce se ha cubierto como parte del desarrollo urbano de la cuenca. La cobertura urbana de la cuenca alcanza cerca del 85% de la misma, el resto se divide entre cafetales, áreas boscosas y pasturas.

2.2. Fotografías del sitio de puente

2.2.1. Sección aguas arriba



Figura 2. Vista desde el puente en dirección aguas arriba. Se observa un cauce con laderas empinadas y vegetadas que se reemplaza por una sección revestida de concreto en la margen derecha del río. La pendiente de fanda es baja y se observan agua empozada.



Figura 3. Vista de la entrada al puente. Se aprecia que el revestimiento de concreto lanzado cubre el fondo del cauce. Sobre la margen izquierda se observa un muro de mampostería sobre el cual crece algo de vegetación.

2.2.2. Sección aguas abajo



Figura 4. Salida del puente. Se observa una configuración similar a la observada aguas arriba, con un revestimiento de concreto lanzado en el fondo y margen derecha del cauce, y un muro de mampostería que protege la margen izquierda. Además se aprecia una caída del nivel de fondo.



EIC-Lanamme-461-2023
Página 16



Figura 5. Vista del cauce en dirección aguas abajo, se observan señales de erosión de la margen derecha del cauce inmediatamente aguas abajo del final de la protección de concreto lanzada. El lecho del cauce se observa rocosa.

2.2.3. Sección del puente



Figura 6. Vista del puente, en dirección hacia aguas arriba. Se observan muros de mampostería que protegen rellenos de aproximación, un arco simple de mampostería de aproximadamente 3 m de ancho, y un recubrimiento de concreto lanzado en el fondo del cauce. Se ve poca pendiente de fondo. La estructura moderna que sostiene la Ruta Nacional 3 se observa sobre el arco. La estructura en mampostería es angosta y se puede considerar como una alcantarilla.



Figura 7. Vista de la salida de aguas abajo del puente. Se aprecia la magnitud de los muros que protegen los rellenos de aproximación al puente y la obstrucción que generan en el cauce.

2.3. Revisión bibliográfica

Una revisión en línea y de los repositorios de la UCR encontró tres documentos relevantes a este estudio. A continuación, se resume la evidencia pertinente en cada documento:

- I. Romero Vargas, M., Piedra Castro, L., Villalobos Chacón R., Marín Monge, R. & Núñez Obando, F. (2011) Evaluación ecológica rápida de un ecosistema urbano: el caso de la microcuenca del río Pirro, Heredia, Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 2(47), 41–70. Disponible en <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/4109>. Este artículo de investigación realiza un estudio ecológico de la cuenca donde se ubica el puente, incluye una caracterización morfológica de la cuenca y además reporta los resultados de un estudio hidrológico e hidráulico previo del 2008 – Oreamuno y Sánchez (2008) – contratado por la UNA. De acuerdo con Romero Vargas et al, (2011) este estudio, del cual no fue posible obtener copia, reportó velocidades de flujo muy altas (entre 3 m/s y 9 m/s) y con alto potencial erosivo en el tramo del río Pirro que cruza el campus Omar Dengo de la UNA. Además, se estimaron caudales importantes en este tramo, superiores a los 80 m³/s para un período de retorno de 50 años.
- II. Fallas, K. (2023) Ubicación de eventos de inundación durante el período 1997-2017 en los cuatro distritos centrales del cantón de Heredia. *Municipalidad de Heredia*. Disponible en <https://ubica.heredia.go.cr/datasets/herediasig::inundaciones/about>. Este recurso en línea indica varios eventos de inundación en la cuenca del puente bajo consideración, pero ninguno se encuentra en la zona inmediata aguas arriba.
- III. Villalobos Herrera, R. (2014) Análisis de recarga artificial en la cuenca del río Quebrada Seca. *Trabajo Final de Graduación, Universidad de Costa Rica*. Como parte del estudio de la Quebrada Seca – la cuenca adyacente al río Pirro en dirección oeste – se caracterizaron los eventos de precipitación máxima esperados en la estación meteorológica Santa Lucía, ubicada en Barva. Esta es la estación más cercana a la cuenca del



río Pirro. El estudio del registro de precipitación diaria máxima anual de esta estación estimó lluvias diarias de 97 mm, 124,3 mm y 158,2 mm para periodos de retorno de 2, 20 y 100 años respectivamente.

3. Conclusiones y recomendaciones

Se ha encontrado que la cuenca aguas arriba del puente de la Ruta Nacional 3 sobre el río Pirro es capaz de generar crecientes con caudal importante, que fluye a gran velocidad en la sección inmediatamente aguas arriba del puente Romero Vargas et al., (2011). Estas altas velocidades – que resultan del caudal y la fuerte pendiente de fondo del cauce – generan un alto potencial erosivo. La necesidad de proteger el puente de estas fuerzas erosivas justifica la cobertura del fondo del cauce y las laderas aguas arriba y aguas abajo con concreto y muros de mampostería. Sin embargo, la baja rugosidad de estas superficies en conjunto con lo angosta de la sección del puente, de apenas 3m de ancho, debe causar velocidades altas de flujo en la sección del puente. Las altas velocidades parecen continuar aguas abajo del puente de acuerdo con la evidencia de erosión en la margen derecha aguas abajo del puente. Se observa en las fotografías que el puente y sus rellenos de aproximación generan una restricción importante del cauce, al transformar su sección de un cauce con forma de V, de laderas vegetadas y fondo rocoso, a una sección completamente artificial.

Se concluye que el puente en su configuración actual genera dos problemas:

- Hidráulicamente el puente y sus rellenos de aproximación representan una restricción importante al paso de agua por el cauce, sobre todo en comparación con el cauce más ancho que se observa antes y después del cauce. Esto genera altas velocidades de flujo con gran potencial erosivo.
- Las coberturas artificiales necesarias para proteger la estructura de estas velocidades representan una interrupción del cauce natural del cauce y su ambiente.

Además, es posible que la restricción del cauce genere un remanso aguas arriba que ocasione inundaciones en crecientes de gran magnitud, y el agua empozada aguas arriba del puente es evidencia que el puente y sus protecciones ya generan una cierta restricción al flujo. Sin embargo, el efecto de remanso, su magnitud y efecto requieren de modelado hidráulico para confirmarse.

Se recomienda que el puente de mampostería y los muros y rellenos de aproximación hacia el sean sustituidos por un puente que salve el cauce natural del río de margen a margen. Esto para evitar generar restricciones al flujo y para recuperar la conectividad del ecosistema del río Pirro.