



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales



PROGRAMA DE
INFRAESTRUCTURA DEL
TRANSPORTE

PROGRAMA DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE (PITRA)

LM-PI-GM-INF-04-2015

INFORME GENERAL SOBRE CONDICIÓN DE PUENTES EN EL CANTÓN DE SAN RAFAEL DE HEREDIA

Preparado por:
Unidad de Gestión Municipal



San José, Costa Rica
Abril, 2015



Documento generado con base en el Art. 6, inciso j) de la ley 8114 según la reforma aprobada en la ley 8603. Reglamento al Art. 6 de la precitada ley, publicado mediante decreto DE-37016-MOPT.

Información técnica del documento

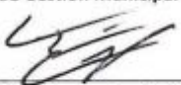
1. Informe LM-PI-GM-INF-04-2015		2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: Informe general sobre condición de puentes en el cantón de San Rafael de Heredia		4. Fecha del Informe: Abril 2015
7. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
8. Notas complementarias		
9. Resumen Este informe es producto de la solicitud planteada por la Alcaldía de San Rafael de Heredia mediante oficio 1327-2014-AMSRH, dentro del marco de las competencias establecidas en la Ley 8114 y 8603. El contenido del informe está orientado a brindar los resultados de la evaluación de 21 puentes ubicados en la Red Vial Cantonal de San Rafael, mostrando los principales aspectos que se consideran necesarios atender en cada caso. La información ha sido recabada en campo por parte de personal del con el objetivo de priorizar las intervenciones en puentes, así como contar con una base de datos georeferenciada sobre la condición general de cada estructura. Se ha seguido la metodología de inspección establecida en el Manual de Inspección de Puentes del Ministerio de Obras Públicas para realizar a cabo este proceso de inspección.		
10. Palabras clave Inspección de puentes, San Rafael de Heredia	11. Nivel de seguridad: Ninguno	12. Núm. de páginas 36
13. Preparado por: Ing. Josué Quesada Campos Unidad de Gestión Municipal  Fecha: 7 / 4 / 15		
14. Aprobado por: Lic. Carlos Campos Cruz, Mba Coordinador Unidad de Gestión Municipal  Fecha: 7 / 4 / 15		

Tabla de Contenidos

1.	Introducción.....	4
2.	Objetivos.....	4
3.	Alcance del informe	5
4.	Descripción general.....	5
5.	Principales hallazgos en cada puente.....	7
	Puente: Felipe Quebrada Pirro	8
	Puente: Puerto Escondido Quebrada Pirro	9
	Puente: Calle Nueva Quebrada Pirro	10
	Puente: Matasano Río Pirro	11
	Puente: El Cristo Río Pirro	12
	Puente: La Escuela Quebrada Bermúdez	14
	Puente: Calle Hernández Río Bermúdez.....	16
	Puente: El Cruce Quebrada Turales	17
	Puente: Piedra Río Bermúdez.....	19
	Puente: La Plaza Quebrada Lobos.....	20
	Puente: El Tirol Sur Río Segundo.....	22
	Puente: Avenida Ardilla Quebrada Turales	24
	Puente: Casa Negra Río Segundo.....	25
	Puente: Tirol Norte Río Segundo	26
	Puente: Calle La Cubana Río Bermúdez	27
	Puente: Calle La Cubana Río Turales.....	29
	Puente: Calle Hernández Río Turales	30
	Puente: Calle Charquillo Río Tibás	31
	Puente: Calle Los Guapos Río Bermúdez.....	33
	Puente: Breña Mora Río Tibás	34
	Puente: Colgante Anonos	35
6.	Conclusiones y recomendaciones.....	36

1. Introducción

Este informe sobre la condición de 21 puentes en el cantón de San Rafael en diferentes rutas es un producto de las inspecciones de campo realizadas por parte de personal del LanammeUCR a raíz de la solicitud planteada mediante el oficio 1327-2014-AMSRH.

Las inspecciones fueron realizadas durante los meses de Enero y Febrero de 2014. Los lineamientos seguidos durante todo el proceso ha sido el establecido por el Manual de Inspección de Puentes del Ministerio de Obras Públicas y Transportes, utilizando los formularios establecidos los cuales han sido procesados por personal del LanammeUCR y constituyen junto con este documento en el principal insumo de diagnóstico sobre la condición de estos puentes inspeccionados.

Es importante aclarar a este punto que la solicitud original fue planteada para la revisión de 36 pasos de agua, de los cuales 15 corresponden a alcantarillas, las cuales no pueden ser evaluadas utilizando esta metodología y, por lo tanto, no fueron inspeccionadas.

2. Objetivos

- Presentar los principales hallazgos para cada puente inspeccionado señalando aquellos aspectos que ameriten la intervención de parte de la Municipalidad de San Rafael para mejorar la condición estructural y funcional.
- Proporcionar recomendaciones generales sobre mantenimiento y/o reparación.
- Establecer una priorización para la intervención de las estructuras, mismas que han sido clasificadas dentro de cuatro categorías generales de condición: Mantenimiento, Regular, Deficiente, Crítico.

3. Alcance del informe

El informe se limita a la presentación de aquellos aspectos que se consideraron importantes de atender para cada puente; esto a partir del estudio de los informes de inspección rutinaria generados durante el proceso, mismos que son complemento de este informe de condición.

No se brindan soluciones específicas para cada caso, sino que se dan recomendaciones basadas en los daños observados y en las condiciones de los principales componentes estructurales del puente.

Los criterios utilizados para la clasificación de los puentes y su designación dentro de cada categoría de daño se basan en la revisión en sitio por parte de los inspectores e ingenieros y del registro fotográfico de cada puente, por lo tanto son criterios basados en la inspección visual, experiencia y criterio profesional; en ningún caso corresponde a la ejecución de pruebas en campo, instrumentación o ensayos de carga en los puentes.

La información aquí presentada corresponde al señalamiento de las principales deficiencias encontradas al momento de inspección y no es información suficiente para realizar diseños y planos constructivos, esta es labor correspondiente a la Unidad Técnica de Gestión Vial de la municipalidad la cual a partir de los resultados presentados debe definir el plan de acción a seguir en cada caso.

4. Descripción general

Los puentes que se han inspeccionado como parte de este informe se caracterizan por presentar estructuras típicas consistentes en su mayoría por puentes simplemente apoyados (dos bastiones y una superestructura) principalmente formados por vigas de acero y concreto, con sistemas de losa y longitudes inferiores a los 20 metros en la mayoría de los casos.

Los puentes inspeccionados se ubican en los distritos de San Rafael, San Josecito, Santiago, Los Ángeles y Concepción tanto en rutas pavimentadas como en rutas en lastre o tierra. La siguiente tabla resume algunas de sus características:

Informe LM-PI-GM-INF-04-15	Fecha de emisión: Abril, 2015	Página 5 de 36
----------------------------	-------------------------------	----------------

Nombre del puente	Longitud (m)	Tipo de puente	Ubicación	
Puente Felipe Quebrada Pirro	13.2	Vigas simples	10°00'56"	84°06'08"
Puente Puerto Escondido Quebrada Pirro	8.4	Vigas simples	10°00'49"	84°06'14"
Puente Calle Nueva Quebrada Pirro	10.7	Vigas simples	10°00'59"	84°06'03"
Puente Matasano Río Pirro	6	Arco y vigas simples	10°00'50"	84°06'50"
Puente El Cristo Río Pirro	7.85	Vigas simples	10°00'26"	84°06'14"
Puente La Escuela Quebrada Bermúdez	6.3	Losa	10°02'14"	84°05'22"
Puente Calle Hernandez Río Bermúdez	6	Losa	10°01'49"	84°05'20"
Puente El Cruce Quebrada Turales	5.6	Vigas simples	10°03'19"	84°04'09"
Puente Piedra Río Bermúdez	7.8	Arco	10°02'14"	84°05'22"
Puente La Plaza Quebrada Lobos	9.5	Losa y vigas simples	10°02'17"	84°05'14"
Puente Tirol Sur Río Segundo	9.4	Vigas simples	10°04'28"	84°05'08"
Puente Avenida Ardilla Quebrada Turales	8.7	Viguetas presforzadas	10°03'28"	84°04'18"
Puente Casa Negra Río Segundo	7.8	Losa	10°02'55"	84°05'45"
Puente Tirol Norte Río Segundo	20	Vigas simples	10°04'37"	84°04'04"
Puente Calle La Cubana Río Bermúdez	12	Vigas simples	10°00'43"	84°05'36"
Puente Calle La Cubana Río Turales	4.5	Arco	10°00'43"	84°05'25"
Puente Calle Hernández Río Turales	9	Losa y vigas simples	10°01'51"	84°04'54"
Puente Calle Charquillo Río Tibás	9.2	Vigas simples	10°02'27"	84°03'43"
Puente Calle Los Guapos Río Bermúdez	13	Vigas simples	10°01'24"	84°05'25"
Puente Breña Mora Río Tibás	22.7	Vigas simples	10°01'28"	84°03'21"
Puente Colgante Anonos Río Tibás	23.5	Colgante	10°01'46"	84°03'3"

5. Principales hallazgos en cada puente

En esta sección se presentan los principales daños encontrados en cada puente inspeccionado durante este proceso; se brinda una breve explicación de los posibles riesgos asociados y una recomendación general de cómo proceder para cada caso.

La clasificación de cada puente corresponde a una valoración de los tipos de daño, el elemento afectado y la extensión del mismo. Los criterios de clasificación se basan en la siguiente tabla:

Tabla A-1. Descripción de los niveles de clasificación cualitativa según el estado de deterioro del puente

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACION
MANTENIMIENTO GENERAL	No se han observado daños importantes. Podrían existir daños mínimos en elementos no estructurales. Estos daños no implican un riesgo para la seguridad de los usuarios del puente. Los daños requieren ser reparados durante los trabajos de mantenimiento rutinario que se debería realizar. Por ejemplo: acumulación de maleza y sedimentos sobre la calzada y en los accesos al puente, obstrucción de los drenajes del puente y sus accesos, daños menores en las barandas existentes y falta de señalización.
REGULAR	Se han observado daños en elementos no estructurales y daños mínimos en elementos principales. Estos daños implican un riesgo bajo para la seguridad de los usuarios. Se requiere brindar mantenimiento y realizar reparaciones mínimas lo antes posible. Por ejemplo: daños mayores en barandas, decoloración o pérdida de la señalización del puente (líneas de centro o de borde), faltante de captaluces o delineadores verticales, oxidación localizada y baches en los accesos del puente.
DEFICIENTE	Se observan daños en elementos principales como vigas, losas, bastiones y pilas. Estos daños no implican una reducción en la capacidad del puente. Además existen daños que afectan la funcionalidad del puente. Es necesaria la intervención inmediata para evitar que el daño se extienda o empeore y se convierta en crítico. Por ejemplo: daños en juntas de expansión que requieren su sustitución, ausencia de barandas, refuerzo expuesto, corrosión en elementos de acero, inicio de erosión del cauce, comienzos de socavación, falta de mantenimiento en dispositivos de amortiguamiento y rotura o pérdida de pernos en conexiones de elementos secundarios.
CRÍTICO	Se observan daños severos en elementos principales como vigas, losas, bastiones y pilas. Estos daños podrían implicar una reducción en la capacidad del puente y podría ser necesario colocar una restricción de carga. Cuando el puente se encuentra en este estado puede requerir de una intervención inmediata y la realización de estudios para determinar la capacidad de carga. Entre los daños que implican este estado se pueden mencionar: agujeros en losas, grietas en una y dos direcciones en losas, grietas estructurales en elementos principales (grietas por cortante y flexión), pérdida importante de sección en los elementos de acero por corrosión, longitud de asiento insuficiente, socavación avanzada en pilas y bastiones, rotura o pérdida de pernos en conexiones entre elementos principales y grietas en placas de conexión.

Puente: Felipe Quebrada Pirro

Condición: Regular

Daño encontrado	Observaciones	Riesgo o vulnerabilidad	Recomendaciones
 Bastiones antiguos fracturados	Frente a los bastiones actuales se ubican dos bastiones antiguos que se muestran fracturados, los mismos están unidos por un armado de acero corroído.	El principal riesgo lo constituye que ante una creciente estos bastiones pueden obstruir el cauce. Debe revisarse con cuidado si es posible removerlos sin afectar la subestructura actual.	Retirar los bastiones antiguos una vez se haya determinado que no habrá afectación de la subestructura que está trabajando actualmente.
 Inicio oxidación en vigas	Se encontraron focos de oxidación en las vigas del puente, especialmente en las cercanías de los drenajes del puente.	De no atenderse esta condición las vigas continuarán oxidándose hasta iniciar un proceso de corrosión que produciría delaminaciones y pérdida de capacidad.	Colocar tuberías de PVC que se extiendan al menos un metro por debajo del nivel inferior de las vigas. Aplicar una reparación puntual donde ser retire la oxidación presente y se recubre con pintura nuevamente.
 Posible obstrucción del flujo	En las cercanías del cauce existen estructuras que pueden generar obstrucciones al flujo de agua.	Una obstrucción reduciría la capacidad hidráulica del puente y elevaría el nivel de aguas poniendo en riesgo la superestructura.	Adicional a la labor de remoción de los bastiones antiguos, la municipalidad debe monitorear constantemente la aparición de estas obstrucciones. Anualmente debe realizarse una limpieza del cauce en las cercanías del puente.

Puente: Puerto Escondido Quebrada Pirro

Condición: Buena (Mantenimiento)

Daño encontrado	Observaciones	Riesgo o vulnerabilidad	Recomendaciones
 Placas mal orientadas	Las placas intermedias entre las vigas y los pedestales sobre los bastiones fueron mal orientadas, el puente al ser sesgado necesitaba que estas placas siguieran este patrón.	Al ser un puente corto no se esperarían mayores problemas, sin embargo es posible que ante un sismo importante estas placas sufran daños mayores por esta condición.	Ninguna.
 Agrietamientos menores	Se identifican grietas menores en la losa de concreto del puente, coincidentes con un patrón de flexión.	Este tipo de grietas son esperables, debe monitorearse su avance para identificar si se forma grietas en dos direcciones que indicarían fatiga.	Estas inspecciones deben realizarse al menos cada dos años, estas grietas deben monitorearse para ver si se incrementan.
 Nidos de piedra en losa	Existen nidos de piedra en algunos sectores de la losa (producto de un mal proceso de vibrado en esos puntos).	Esta condición favorece la entrada de humedad en el interior del concreto y expone el acero interno a oxidación reduciendo la vida útil.	Se puede implementar un repello con material especial para estas deficiencias que evite el proceso de entrada del agua.

Puente: Calle Nueva Quebrada Pirro

Condición: Deficiente

Daño encontrado	Observaciones	Riesgo o vulnerabilidad	Recomendaciones
 Inicios de corrosión	Las vigas metálicas del puente presentan oxidación y corrosión en algunas zonas.	La corrosión puede producir delaminación del acero y pérdida de sección. De no atenderse las vigas presentarían reducción de capacidad de soporte.	Se debe remover la oxidación actual y colocar un sistema de protección contra la corrosión.
 Acero expuesto en vigas de concreto	Las vigas de concreto han perdido material y se muestra una exposición del acero interno.	La pérdida del concreto expone al acero al ambiente por lo que el mismo acelerará su proceso de deterioro. Esta condición es una señal de sobreesfuerzos en el puente e indica la necesidad de reforzar las vigas.	Debe analizarse con detenimiento si es posible reforzar estas vigas, o si las mismas deben ser sustituidas. Esta es una condición indeseable en un puente y debe ser atendida con prontitud.
 Vegetación creciendo en bastión	Se identificó un árbol creciendo en uno de los bastiones del puente.	Las raíces de este árbol se introducen dentro de las grietas del bastión favoreciendo el ingreso de agua y sedimentos entre las grietas, esto puede ocasionar que los agrietamientos se extiendan.	Cortar el árbol de forma completa y sellar las grietas existentes.

Puente: Matasano Río Pirro

Condición: Deficiente

Daño encontrado	Observaciones	Riesgo o vulnerabilidad	Recomendaciones
 Pérdida de rocas y mortero en zona inferior del arco	En el arco se identifican zonas donde se han perdido rocas y donde el mortero de unión se ha desprendido.	Este tipo de puentes se degradan considerablemente cuando se comienzan a perder rocas y mortero de unión, una vez dada la pérdida el proceso puede ser acelerado.	En caso de que el puente se conserve de en la configuración actual, se requiere reponer los elementos faltantes y colocar mortero nuevo en las uniones falladas. Sin embargo se considera que la configuración actual no es adecuada.
 Condición de apoyo sobre arco	Sobre el arco de concreto se colocaron vigas de concreto. Se desconoce si las mismas están directamente apoyadas sobre el arco, tampoco se conoce si existen bastiones adicionales o si se apoya en las paredes verticales del arco.	Si las vigas estuviesen apoyadas sobre el arco se tiene una condición de riesgo de deformaciones en el puente, pues el arco está mostrando signos de deterioro.	Esta configuración no es la adecuada para un puente, si bien actualmente no representa un riesgo inminente de falla debe considerarse la sustitución de esta estructura dadas las condiciones de configuración y de deterioro del arco.
 Barandas dañadas	Las barandas presentan golpes, zonas faltantes y agrietamientos.	La configuración de un carril y el alineamiento del puente favorecen la ocurrencia de accidentes, de colisionar un vehículo en estas zonas corre el riesgo de caer al cauce.	Las barandas deben ser reemplazadas pues los daños vistos son considerables. Se deben colocar barandas adecuadas para resistir el tipo de impacto que puede generar un vehículo pesado.

Puente: El Cristo Río Pirro

Condición: Regular

Daño encontrado	Observaciones	Riesgo o vulnerabilidad	Recomendaciones
 Juntas obstruidas	Las juntas de expansión del puente muestran obstrucciones con mezcla asfáltica.	Las juntas de expansión son necesarias para absorber los movimientos del puente, al estar obstruidas generan sobreesfuerzos en la losa y vigas.	Retirar el material que se encuentra obstruyendo la junta y colocar un elastómero para sellar la entrada de sedimento sin restringir los movimientos del puente.
 Desgaste de losa	La losa muestra un desgaste superficial apreciable a simple vista con desnudamiento de agregados.	Un desgaste excesivo puede exponer el acero de refuerzo interno de la losa, lo cual evidentemente no es una condición deseable.	Debe monitorearse el avance de este desgaste y en el momento en que el mismo llegue a exponer acero interno debe reconstruirse la zona superior de la losa. No se recomienda aplicar mezcla asfáltica o una sobrecapa de concreto.
 Nidos de piedra y acero expuesto	Existen nidos de piedra que permiten ver el acero de refuerzo interno de la losa en su parte inferior.	El ingreso de agua dentro de la losa acelera el deterioro del acero y generaría daños en la losa del puente en el mediano plazo.	Realizar reparaciones puntuales de estas zonas utilizando morteros que se adhieran firmemente al concreto existente y eviten el ingreso de humedad.

 Inicio de corrosión	Se identificaron focos de corrosión en las vigas principales, sobre todo en las zonas cercanas a los apoyos.	La corrosión genera delaminación del acero y reducción de sección que finalmente reducen la resistencia del acero.	Realizar reparaciones puntuales de estos puntos removiendo la oxidación presente y aplicar un nuevo sistema de protección contra la corrosión.
 Inicios de socavación	Se identificaron zonas en los bastiones donde el material de apoyo podría socavarse.	La socavación puede generar asentamientos diferenciales en los bastiones que finalmente desarrollan grietas y deformaciones en el puente.	Debe monitorearse esta condición para identificar si existe un avance de la socavación, de ser así deben construirse medidas de control para este fenómeno.

Puente: La Escuela Quebrada Bermúdez

Condición: Regular

Daño encontrado	Observaciones	Riesgo o vulnerabilidad	Recomendaciones
 Juntas de expansión obstruidas	Las juntas de expansión del puente muestran obstrucciones con mezcla asfáltica.	Las juntas de expansión son necesarias para absorber los movimientos del puente, al estar obstruidas generan sobreesfuerzos en la losa y vigas.	Retirar el material que se encuentra obstruyendo la junta y colocar un elastómero para sellar la entrada de sedimento sin restringir los movimientos del puente.
 Desgaste superficie de ruedo	La superficie de ruedo muestra un desgaste superficial.	Un desgaste excesivo puede exponer el acero de refuerzo interno de la losa, lo cual evidentemente no es una condición deseable.	Debe monitorearse el avance de este desgaste y en el momento en que el mismo llegue a exponer acero interno debe reconstruirse la zona superior de la losa. No se recomienda aplicar mezcla asfáltica o una sobrecapa de concreto.
 Barandas dañadas	Las barandas no se consideran adecuadas para resistir impactos vehiculares.	Este tipo de barandas no garantiza que un vehículo sea efectivamente retornado a la vía.	Sustituir las barandas existentes por elementos adecuados para el tipo de tránsito de la zona y las velocidades de operación.

 Agrietamientos menores en la losa	Se identifican grietas menores en la losa de concreto del puente, coincidentes con un patrón de flexión.	Este tipo de grietas son esperables, debe monitorearse su avance para identificar si se forma grietas en dos direcciones que indicarían fatiga.	Estas inspecciones deben realizarse al menos cada dos años, estas grietas deben monitorearse para ver si se incrementan.
--	---	--	---



Puente: Calle Hernández Río Bermúdez

Condición: Deficiente

Daño encontrado	Observaciones	Riesgo o vulnerabilidad	Recomendaciones
 Losa apoyada sobre rieles de ferrocarril	La losa se apoya sobre elementos de acero de tipo riel de ferrocarril.	El espesor de la losa indica que los rieles de ferrocarril no aportan mucho al soporte del puente, sin embargo los mismos se encuentran con corrosión.	Debe mantenerse un monitoreo periódico y estar atentos a la aparición de grietas en la parte inferior de la losa, así como de vibraciones excesivas en el puente. No colocar sobrecapas de mezcla asfáltica.
 Ausencia de barandas	No hay barandas en el puente.	El riesgo de caída de un vehículo al cauce es importante, pues la alineación de la vía en una curva y en zona de descenso favorecería tal evento.	Colocar barandas vehiculares acordes al tipo de vehículo que utiliza la vía y las velocidades de operación. Este sistema de contención debería extenderse a los accesos del puente.
 Socavación de bastiones	Se identificó socavación en las cimentaciones del puente.	La socavación puede generar asentamientos diferenciales en los bastiones que finalmente desarrollan grietas y deformaciones en el puente. Al tener muros de mampostería esta condición es aún más crítica.	Realizar obras de relleno del material perdido por debajo de las cimentaciones y crear obras que impidan la nueva formación de socavación.

Puente: El Cruce Quebrada Turales

Condición: Deficiente

Daño encontrado	Observaciones	Riesgo o vulnerabilidad	Recomendaciones
 Barandas con elementos sueltos y sin demarcación	Las barandas no están demarcadas y tienen elementos sueltos.	Al existir elementos sueltos estos evidentemente no son capaces de absorber un impacto vehicular de forma adecuada.	Demarcar las barandas con pintura reflectiva y reparar los elementos que están sueltos. A la vez, debe mejorarse el señalamiento existente, pues la demarcación actual (señal de Alto) está en malas condiciones.
 Juntas obstruidas	Las juntas de expansión del puente muestran obstrucciones con concreto.	Las juntas de expansión son necesarias para absorber los movimientos del puente, al estar obstruidas generan sobreesfuerzos en la losa y vigas.	Retirar el material que se encuentra obstruyendo la junta y colocar un elastómero para sellar la entrada de sedimento sin restringir los movimientos del puente.
 Oxidación de vigas y apoyos	Se identificaron focos de corrosión en los apoyos del puente.	La presencia de la corrosión en estas zonas atenta contra el buen funcionamiento de estos elementos ante los movimientos del puente ante sismo y temperatura.	Remover todo el óxido posible a través de métodos manuales o mecánicos y aplicar un sistema de protección con pintura.

 Socavación inicial en bastión	Se identificó socavación en las cimentaciones del puente.	La socavación puede generar asentamientos diferenciales en los bastiones que finalmente desarrollan grietas y deformaciones en el puente.	Realizar obras de relleno del material perdido por debajo de las cimentaciones y crear obras que impidan la nueva formación de socavación.
 Vigas con sección variable	El puente cuenta con vigas de sección variable colocadas de forma alternada.	La utilización de vigas de peralte variable es una condición no adecuada pues los esfuerzos no se distribuyen de forma homogénea. La aparición de grietas y vibraciones en el puente serían esperables.	Por las condiciones de uso del puente esto no representa un peligro inminente, sin embargo, se debe estar atento a la aparición de grietas y deformaciones en la losa que obligarían a sustituir estas vigas.

Puente: Piedra Río Bermúdez

Condición: Buena (Mantenimiento)

Daño encontrado	Observaciones	Riesgo o vulnerabilidad	Recomendaciones
 Señalización deteriorada	La señalización en el puente muestra deterioros que la hacen menos visibles.	La ubicación del puente en una curva y en una zona de descenso favorece el encuentro de vehículos en el mismo.	Reponer las señales faltantes y sustituir las señales en mala condición.
 Pérdida de material del relleno por zonas de filtración	Existen dos aberturas en cada costado del puente que permiten la evacuación de agua del relleno, sin embargo permiten también la salida de finos.	De no adecuarse estos drenajes la pérdida de material del relleno podría generar huecos en los accesos del puente.	Se podría implementar algún tipo de geotextil que permita el paso de agua y retenga los finos del relleno. El mismo debe colocarse por dentro del arco, lo cual es una tarea manual.

Puente: La Plaza Quebrada Lobos

Condición: Deficiente

Daño encontrado	Observaciones	Riesgo o vulnerabilidad	Recomendaciones
 Obstrucción de drenajes	Los drenajes del puente son obstruidos por hojas y sedimento.	La obstrucción de los drenajes puede generar charcos sobre el puente que generan una situación indeseable desde el punto de vista de la seguridad vial.	Limpiar periódicamente estos drenajes, así como extender la longitud de los mismos para que no afecten las vigas principales.
 Sobrecapas de asfalto	Se identifican sobrecapas de asfalto en el puente.	Las sobrecapas de asfalto constituyen un peso muerto adicional al puente que genera mayores cargas a las vigas y losa.	No se recomienda colocar más capas de asfalto, introducir más peso al puente solo acelerará los daños en la losa y vigas.
 Juntas de expansión obstruidas	Las juntas de expansión del puente muestran obstrucciones con mezcla asfáltica.	Las juntas de expansión son necesarias para absorber los movimientos del puente, al estar obstruidas generan sobreesfuerzos en la losa y vigas.	Retirar el material que se encuentra obstruyendo la junta y colocar un elastómero para sellar la entrada de sedimento sin restringir los movimientos del puente.

 Corrosión en vigas	Las vigas presentan corrosión, especialmente en las alas.	La corrosión en poco tiempo iniciaría el proceso de delaminación del acero y la pérdida de sección que debilitaría las vigas y su capacidad de soporte.	Las vigas aún pueden ser sometidas a un tratamiento que retire la corrosión y posteriormente se debe aplicar un sistema de protección anticorrosión.
 Descascaramiento losa y acero corroído	Existen zonas de la losa que tienen descascaramiento, aceros expuestos que ya se han delaminado y no aportan resistencia.	Este es un punto crítico de este puente, estos daños se traducirían en agujeros en la losa y deformaciones excesivas en el puente.	Se podrían realizar reparaciones puntuales para evitar un mayor avance del problema. Sin embargo, el problema pareciera estar extendiéndose en toda el área de la losa. Bajo estas condiciones sería necesario reemplazar la losa en un corto-mediano plazo.
 Placas de apoyo mal orientadas	Las placas de apoyo fueron colocadas de forma tal que la abertura quedó en la dirección opuesta.	En caso de un sismo es posible que el elemento de conexión a la subestructura (varilla) se doble considerablemente y dañe el concreto de la zona de apoyo.	En caso de sismo, debe revisarse la condición de estos apoyos.

Puente: El Tirol Sur Río Segundo

Condición: Regular

Daño encontrado	Observaciones	Riesgo o vulnerabilidad	Recomendaciones
 Superficie de ruedo irregular	La superficie de ruedo del puente tiene baches e irregularidades.	El tránsito de vehículos sobre esta superficie genera esfuerzos por impactos adicionales que pueden generar mayores daños al puente.	Se podría retirar las capas de asfalto irregulares (perfilado) para evitar estos impactos.
 Aleton dañado	Uno de los aletones esta fallado, se puede ver parte del material de relleno deslizándose.	De perderse por completo este elemento es posible que se pierda poco a poco el material de relleno y se pierda el acceso al puente.	Reconstruir este aletón y revisar la condición de los demás aletones que son de la misma fabricación.
 Corrosión en vigas principales	Las vigas principales muestran corrosión en gran parte de su área superficial.	Las condiciones de las vigas y el ambiente húmedo de la zona hacen que el proceso de degradación de las vigas sea acelerado. La delaminación y pérdida de sección podrían darse en un corto plazo.	Se debe realizar una limpieza y retiro de la oxidación presente y evaluar la condición de cada elemento para determinar si debe ser sustituido o si solo necesita un sistema de protección contra la corrosión.

 Barandas inadecuadas	Las barandas del puente se consideran débiles para absorber un impacto vehicular sin fallar.	El puente tiene una altura considerable que puede ocasionar daños graves a cualquier vehículo que caiga al cauce.	Reemplazar las barandas existentes con elementos que soporten un impacto vehicular sin ceder ante el mismo.
 Socavación de aletón	Se identificó socavación en uno de los aletones del puente.	La socavación puede provocar la falla del muro de retención y facilitaría la pérdida de material del relleno de aproximación.	Realizar obras para rellenar el material perdido y evitar un mayor avance.

Puente: Avenida Ardilla Quebrada Turales

Condición: Deficiente

Daño encontrado	Observaciones	Riesgo o vulnerabilidad	Recomendaciones
 Barandas cubiertas de vegetación	Las barandas del puente están recubiertas de vegetación.	La vegetación hace poco visibles las barandas, por lo que sería fácil colisionar contra ellas.	Remover toda la vegetación, realizar un descuaje de los árboles cercanos y demarcar la baranda.
 Ausencia de barandas	Existe una alcantarilla que sale por uno de los bastiones.	Este elemento en medio del bastión debilita el mismo, existen agrietamientos y piedras sueltas en el bastión. Es esperable la aparición de una fractura en el bastión en este punto.	No se tiene claridad si la alcantarilla está en uso. De no estar en uso se podría rellenar esta zona. en caso de estar en uso debe repararse la salida del tubo y construir un cabezal que impida mayor pérdida de material del bastión.
 Socavación de bastiones	Se identificó socavación en las cimentaciones del puente.	La socavación puede generar asentamientos diferenciales en los bastiones que finalmente desarrollan grietas y deformaciones en el puente.	Realizar obras de relleno del material perdido por debajo de las cimentaciones y crear obras que impidan la nueva formación de socavación.

Puente: Casa Negra Río Segundo

Condición: Crítica

Daño encontrado	Observaciones	Riesgo o vulnerabilidad	Recomendaciones
 Socavación de bastión y pila	Un bastión y la pila de puente han sufrido socavación de forma considerable.	El bastión está a punto de colapsar, pues ha perdido una gran parte de la cimentación de apoyo. La pila en poco tiempo experimentará el mismo efecto.	Reconstruir el puente y mantener la prohibición de paso. Incluso esta condición es riesgosa para los peatones pues la falla puede ser repentina.
 Fractura de bastiones	El bastión socavado está fracturado en varios puntos.	La fractura se extenderá hasta el tope del bastión y este se partirá en al menos dos secciones.	Reconstruir el puente y mantener la prohibición de paso. Incluso esta condición es riesgosa para los peatones pues la falla puede ser repentina.
 Malas condiciones para operación	No hay barandas y las losas tienen una importante deformación.	El puente puede presentar una falla repentina que pone en riesgo a los usuarios.	Es importante considerar que la reconstrucción de este puente implicaría la construcción de una estructura de al menos 16 metros de longitud.

Puente: Tirol Norte Río Segundo

Condición: Regular

Daño encontrado	Observaciones	Riesgo o vulnerabilidad	Recomendaciones
 01-14-2015 12:35 Barandas inadecuadas	Las barandas del puente se consideran débiles para absorber un impacto vehicular sin fallar, además son poco visibles.	El puente tiene una altura considerable que puede ocasionar daños graves a cualquier vehículo que caiga al cauce.	Reemplazar las barandas existentes con elementos que soporten un impacto vehicular sin ceder ante el mismo.
 01-14-2015 12:35 Agrietamientos menores en bastiones	Se identificaron agrietamientos menores en los elementos de la subestructura.	Estos agrietamientos son los primeros signos de una fractura en el elemento. Al tratarse de un elemento de subestructura una posible falla podría resultar en daños graves al puente.	Monitorear la evolución de estas grietas menores, en caso de un sismo es importante verificar que estos elementos no se hayan fracturado por las cargas laterales.
 01-14-2015 12:35 Pérdida de material de relleno detrás de bastiones	Se ha perdido material del relleno de aproximación por debajo de los elementos prefabricados de los bastiones.	Si se pierde más material por estas aberturas se pueden dar problemas en los accesos del puente.	Se recomienda construir alguna obra de retención en estos puntos para evitar la salida de más material del relleno.

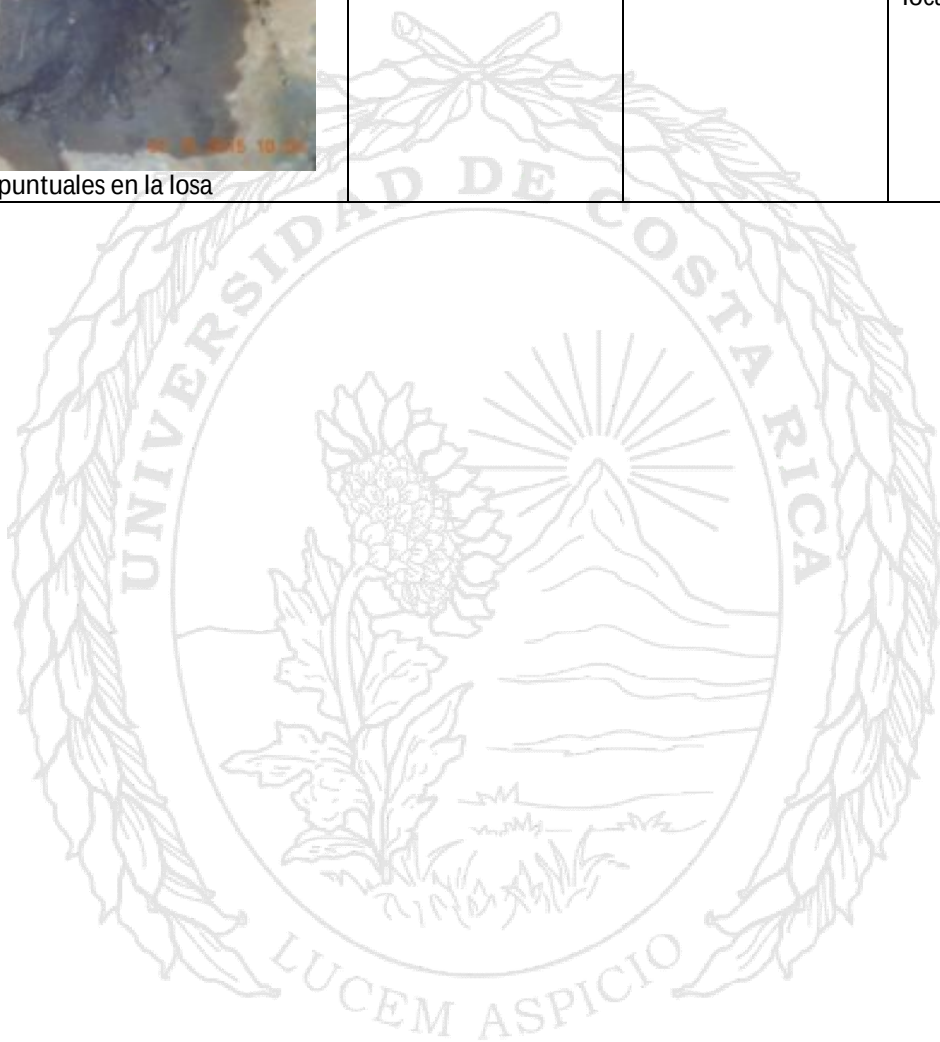
Puente: Calle La Cubana Río Bermúdez

Condición: Regular

Daño encontrado	Observaciones	Riesgo o vulnerabilidad	Recomendaciones
 Socavación de bastiones	Existe socavación en el puente que ha generado pérdida de material cerca de los apoyos.	La socavación puede generar asentamientos diferenciales en los bastiones que finalmente desarrollan grietas y deformaciones en el puente.	Realizar obras de relleno del material perdido por debajo de las cimentaciones y crear obras que impidan la nueva formación de socavación.
 Alcantarilla en cuerpo del bastión	Existe una alcantarilla que sale por uno de los bastiones.	Este elemento en medio del bastión debilita el mismo. Es esperable la aparición de agrietamientos en el bastión. Además esta alcantarilla favorece el proceso de socavación.	Construir un cabezal y un delantal a la salida del tubo para evitar mayor socavación por estas aguas.
 Oxidación de vigas metálicas	Se identificaron zonas de oxidación en las vigas principales.	La oxidación es la etapa previa a la corrosión, la cual genera delaminación del acero y reducción de sección que finalmente reducen la resistencia del acero.	Realizar reparaciones puntuales de estos puntos removiendo la oxidación presente y aplicar un nuevo sistema de protección contra la corrosión.

	Se identificó un daño en la losa en un punto de drenaje (posiblemente).	La aparición de acero de refuerzo y humedad genera daños a lo interno de la losa.	Si se trata de un drenaje rehabilitarlo. Si se trata de un agujero en la losa en formación reparar localmente.
---	--	--	---

Daños puntuales en la losa



Puente: Calle La Cubana Río Turales

Condición: Regular

Daño encontrado	Observaciones	Riesgo o vulnerabilidad	Recomendaciones
 No hay Barandas	No hay barandas en el puente.	El riesgo de caída de un vehículo al cauce es importante, pues la caída al cauce es considerable.	Colocar barandas vehiculares acordes al tipo de vehículo que utiliza la vía y las velocidades de operación. Este sistema de contención debería extenderse a los accesos del puente.
 Pérdida de mortero entre las rocas del arco	En el arco se identifican zonas donde se han perdido mortero de unión.	Este tipo de puentes se degradan considerablemente cuando se comienzan a perder rocas y mortero de unión, una vez dada la pérdida el proceso puede ser acelerado.	Realizar un trabajo manual de sustitución del mortero donde se logre sujetar nuevamente las rocas y evitar la infiltración de agua dentro del arco.
 Pérdida de material de relleno detrás de bastiones	En apariencia está ocurriendo socavación por debajo de las cimentaciones del arco.	Si se estuviese dando socavación representaría un grave problema para el puente, pues este tipo de configuraciones es muy susceptible a dañarse ante estos fenómenos.	Verificar que se está dando el proceso de socavación. Realizar obras de relleno del material perdido y de protección del puente.

Puente: Calle Hernández Río Turales

Condición: Regular

Daño encontrado	Observaciones	Riesgo o vulnerabilidad	Recomendaciones
 Juntas obstruidas	Las juntas de expansión del puente muestran obstrucciones con mezcla asfáltica.	Las juntas de expansión son necesarias para absorber los movimientos del puente, al estar obstruidas generan sobreesfuerzos en la losa y vigas.	Retirar el material que se encuentra obstruyendo la junta y colocar un elastómero para sellar la entrada de sedimento sin restringir los movimientos del puente.
 Nidos de piedra y acero expuesto	Existen nidos de piedra que permiten ver el acero de refuerzo interno de la losa en su parte inferior.	El ingreso de agua dentro de la losa acelera el deterioro del acero y generaría daños en la losa del puente en el mediano plazo.	Realizar reparaciones puntuales de estas zonas utilizando morteros que se adhieran firmemente al concreto existente y eviten el ingreso de humedad.
 Agrietamientos en vigas	Se identifican grietas menores en las vigas de concreto del puente, coincidentes con un patrón de flexión.	Este tipo de grietas son esperables, debe monitorearse su avance para identificar si las mismas se comienzan a dar a menos de 50cm de distancia una de otra.	Estas inspecciones deben realizarse al menos cada dos años, estas grietas deben monitorearse para ver si se incrementa su frecuencia.

Puente: Calle Charquillo Río Tibás

Condición: Deficiente

Daño encontrado	Observaciones	Riesgo o vulnerabilidad	Recomendaciones
 El puente no tiene barandas	No hay barandas en el puente.	El riesgo de caída de un vehículo al cauce es importante, pues la caída al cauce es considerable y la alineación de la vía favorece un accidente de este tipo.	Colocar barandas vehiculares acordes al tipo de vehículo que utiliza la vía y las velocidades de operación. Este sistema de contención debería extenderse a los accesos del puente.
 Bastión fracturado	Uno de los bastiones muestra una fractura.	Es posible que un asentamiento diferencial causara este problema, de continuar el asentamiento se darían deformaciones en las vigas del puente.	Monitorear si se dan deformaciones en las vigas. En caso de ser así, debe realizarse una obra de mejoramiento del cimiento bajo el bastión para evitar un mayor asentamiento.
 Piso de madera fallado	Hay partes del piso de madera del puente que han fallado.	Esta falta de piso atenta contra los usuarios. En un ambiente tan húmedo como el que se encuentra este puente la madera tiene una duración limitada.	Sustituir el piso de madera por una solución más duradera considerando la capacidad de soporte del puente.

 Corrosión en vigas	Se identificaron focos de corrosión en las vigas principales, sobre todo en las zonas cercanas a los apoyos.	La corrosión genera delaminación del acero y reducción de sección que finalmente reducen la resistencia del acero.	Realizar reparaciones puntuales de estos puntos removiendo la oxidación presente y aplicar un nuevo sistema de protección contra la corrosión.
 Inicios de socavación	Se identifica el inicio de la socavación en uno de los bastiones.	La socavación puede generar asentamientos diferenciales en los bastiones que finalmente desarrollan grietas y deformaciones en el puente.	Realizar obras que de protección a los cimientos del puente.

Puente: Calle Los Guapos Río Bermúdez

Condición: Regular

Daño encontrado	Observaciones	Riesgo o vulnerabilidad	Recomendaciones
 Inicios de socavación	Se identifica el inicio de la socavación en uno de los bastiones.	La socavación puede generar asentamientos diferenciales en los bastiones que finalmente desarrollan grietas y deformaciones en el puente.	Realizar obras que de protección a los cimientos del puente.
 Oxidación de vigas	Se identificaron zonas de oxidación en las vigas principales.	La oxidación es la etapa previa a la corrosión, la cual genera delaminación del acero y reducción de sección que finalmente reducen la resistencia del acero.	Realizar reparaciones puntuales de estos puntos removiendo la oxidación presente y aplicar un nuevo sistema de protección contra la corrosión.
	Esta inspección no se pudo completar debido a la presencia de indigentes viviendo por debajo del puente, lo cual es una situación de riesgo para los inspectores. Se recomienda a la municipalidad desalojar a estas personas para poder proceder con el resto de la inspección.		

Puente: Breña Mora Río Tibás

Condición: Regular

Daño encontrado	Observaciones	Riesgo o vulnerabilidad	Recomendaciones
 Inicios de oxidación	Se identifica el inicio de la oxidación en algunas zonas del puente.	La oxidación es la etapa previa a la corrosión, la cual genera delaminación del acero y reducción de sección que finalmente reducen la resistencia del acero.	En un corto plazo podría aplicarse nuevamente el sistema de protección anticorrosivo.
 Barandas inadecuadas	Las barandas del puente se consideran débiles para absorber un impacto vehicular sin fallar, además son poco visibles.	El puente tiene una altura considerable que puede ocasionar daños graves a cualquier vehículo que caiga al cauce.	Reemplazar las barandas existentes con elementos que soporten un impacto vehicular sin ceder ante el mismo. Eliminar la vegetación que está creciendo en la baranda actual.
 Leve desgaste de losa	La losa muestra un leve desgaste por efectos de tránsito.	De continuar el desgaste se corre el riesgo de que el acero de refuerzo quede expuesto.	No se recomienda aplicar una sobrecapa con mezcla asfáltica o concreto.

Puente: Colgante Anonos

Condición: Crítica

Daño encontrado	Observaciones	Riesgo o vulnerabilidad	Recomendaciones
 Condición general del puente	El puente muestra un estado crítico de conservación general, madera en mal estado, corrosión en múltiples elementos metálicos y madera en mal estado.	El puente no está en condiciones de soportar tránsito vehicular de ningún tipo. En cualquier momento un elemento metálico o una pieza de madera pueden fallar.	Mantener el puente cerrado al tránsito vehicular. Debe considerarse la conveniencia de mantenerlo incluso abierto al paso peatonal. Reconstruir el puente.
 Corrosión extrema en elementos de soporte	Múltiples elementos metálicos del puente presentan corrosión extrema.	Este tipo de mecanismos pueden fallar de forma repentina en vista de su alta corrosión, no pueden ser rehabilitados.	
 Inadecuado método de sujeción del cable principal	Las uniones de tipo candado pierden fricción con el tiempo y pueden dejar deslizar el cable.	Estos elementos se aflojan con el tiempo e incluso son muy vulnerables al vandalismo. Si se pierde un elemento de estos el cable podría soltarse ocasionando la falla del puente	

6. Conclusiones y recomendaciones

- Se han clasificado 2 puentes en una condición buena que ameritan un Mantenimiento General; 10 puentes en una condición Regular que requieren intervenciones puntuales para mejorar su condición; 7 puentes en condición Deficiente que implican inversiones mayores sobre elementos estructurales y 2 puente en condición Crítica actualmente clausurados.
- Los daños encontrados se refieren principalmente a deterioro de las vigas principales por oxidación y corrosión, problemas de socavación y ausencia de barandas. Todas estas deficiencias pueden ser remediadas en la mayoría de los casos, con lo cual se considera que las inversiones a realizar deberían ir orientadas en este tipo de daños observados.
- La mayoría de los puentes carecen de medidas de seguridad vial básicas (señalización, rotulación, demarcación de barandas por ejemplo), razón por la cual se considera oportuno hacer una inversión que mejore estas condiciones priorizando aquellos puentes con mayores volúmenes de tránsito.
- Se considera necesario establecer un programa de mantenimiento rutinario de puentes que incluya actividades periódicas como: chapea, limpieza, aplicación de pintura y remoción de sedimentos. Pues de esta manera se pueden evitar daños mayores a los puentes a un bajo costo de inversión.
- Para los casos donde se ha identificado una condición deficiente y se requiera sustituir elementos estructurales o la totalidad de un puente se recomienda buscar asesoría profesional y realizar los estudios de sitio necesarios para contar con información detallada y confiable antes de realizar inversiones mayores.
- Es importante recalcar que este proceso no debe quedarse únicamente en esta etapa, los puentes deben ser inspeccionados al menos cada dos años. Esta labor la puede realizar el personal de la Unidad Técnica de la Municipalidad el cual ha sido capacitado para realizar estas tareas.