



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LanammeUCR

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Proyecto: LM-PI-UE-001-2011

INSPECCIÓN DEL PUENTE SOBRE QUEBRADA PALO RUTA NACIONAL NO. 140

INFORME FINAL

Preparado por:

Unidad de Evaluación de la Red Vial Nacional



San José, Costa Rica
21 de febrero, 2011





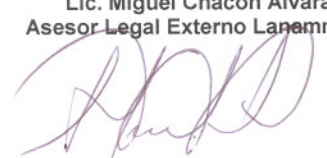
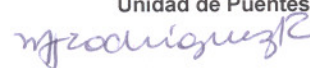

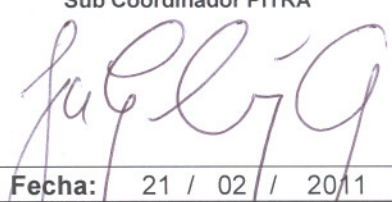
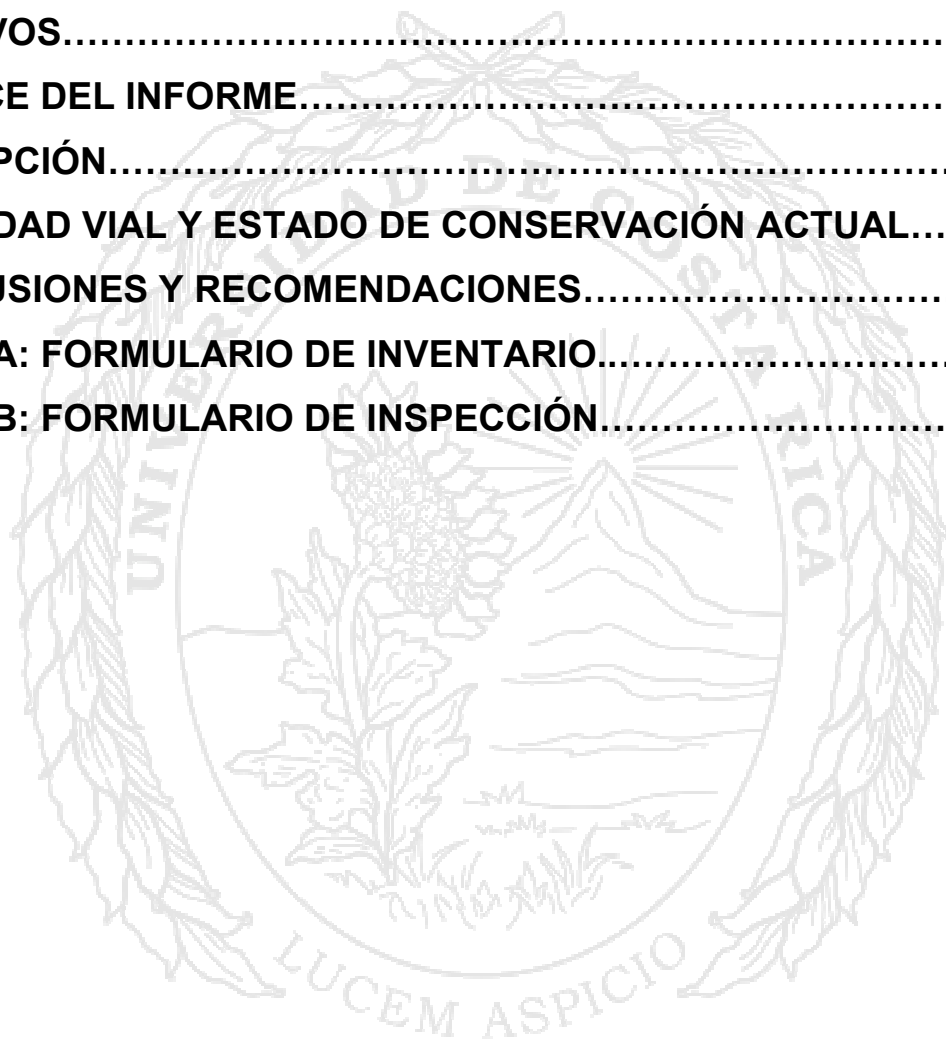
1. Informe: LM-PI-UE-001-2011		2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: INSPECCIÓN DEL PUENTE SOBRE QUEBRADA PALO RUTA NACIONAL No. 140		4. Fecha del Informe 21 de febrero, 2011
5. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
6. Notas complementarias No aplica		
7. Resumen <i>En este informe se presentan los resultados de la inspección visual del puente sobre la Quebrada Palo en la Ruta Nacional No.140. Esta inspección forma parte del proceso de evaluación de los puentes de la red vial que realiza la Unidad de Evaluación de la Red Vial Nacional del LanammeUCR según se establece en la Ley 8114.</i>		
8. Palabras clave Puentes, red vial nacional, Ruta Nacional 140, Inspección	9. Nivel de seguridad: Ninguno	10. Núm. de páginas 35
11. Preparado por: Ing. Diego A. Cordero Carballo Unidad de Evaluación de la Red Vial Nacional  Fecha: 21 / Feb / 2011	12. Revisado por: Ing. Roy Barrantes Jiménez. Coordinador Unidad de Evaluación de la Red Vial Nacional  Fecha: 21 / 02 / 2011	
12. Revisado por: Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal Externo LanammeUCR  Fecha: 21 / 02 / 2011	13. Revisado por: Ing. María José Rodríguez Roblero, M.Sc. Ing. Rolando Castillo Barahona, Ph.D. Unidad de Puentes   Fecha: 21 / 02 / 2011	15. Aprobado por: Ing. Fabian Elizondo Arrieta, M.B.A. Sub Coordinador PITRA  Fecha: 21 / 02 / 2011



TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	4
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
INTRODUCCIÓN.....	6
OBJETIVOS.....	6
ALCANCE DEL INFORME.....	6
DESCRIPCIÓN.....	7
SEGURIDAD VIAL Y ESTADO DE CONSERVACIÓN ACTUAL.....	10
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	22
ANEXO A: FORMULARIO DE INVENTARIO.....	25
ANEXO B: FORMULARIO DE INSPECCIÓN.....	30

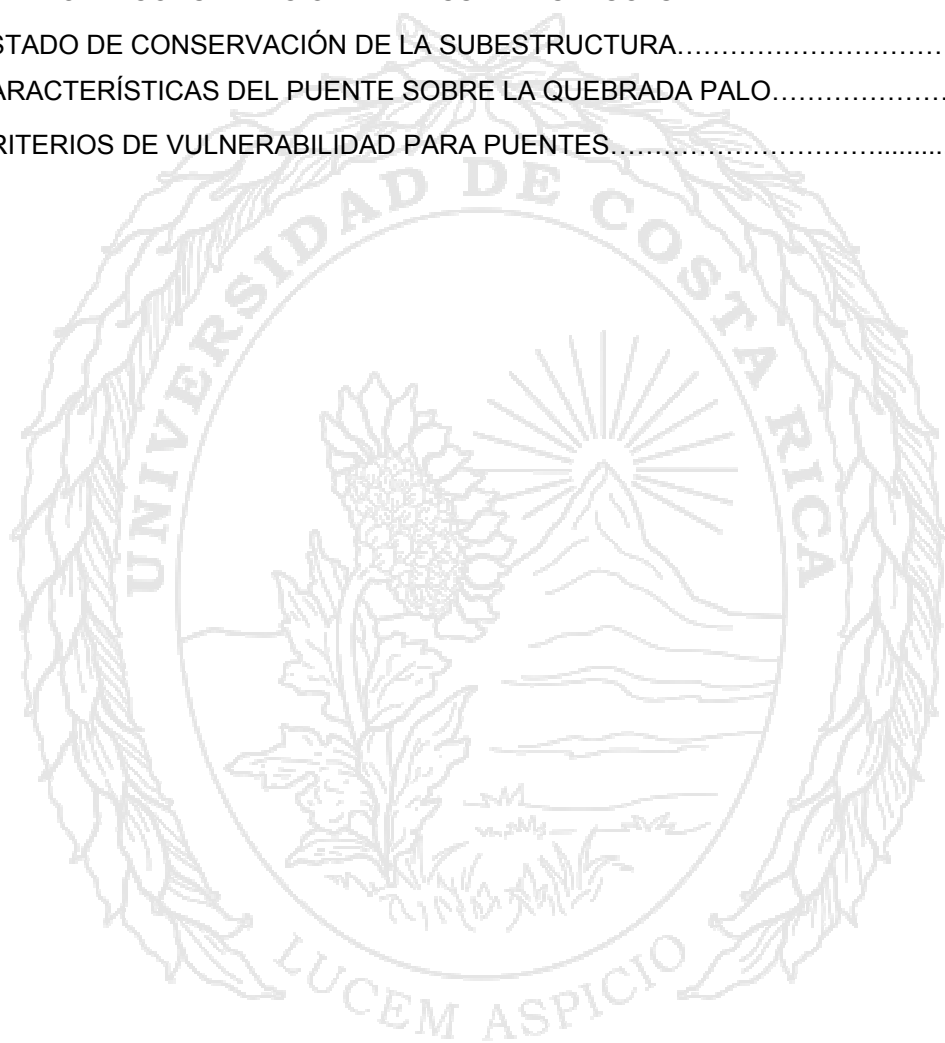


ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PUENTE SOBRE LA QUEBRADA PALO.....	7
FIGURA 2.VISTA A LO LARGO DE LA LÍNEA CENTRO DEL PUENTE SOBRE QUEBRADA PALO.....	9
FIGURA 3.VISTA LATERAL DEL PUENTE SOBRE QUEBRADA PALO.....	9
FIGURA 4. DAÑO OBSERVADO EN LA BARANDA DE CONCRETO EN ACCESO AL PUENTE (SENTIDO LA MARINA-CIUDAD QUESADA).....	15
FIGURA 5. AUSENCIA DE UN SISTEMA ADECUADO DE DRENAJE EN LOS ACCESOS.....	15
FIGURA 6. DESCARGA DEL AGUA DIRECTAMENTE SOBRE LOS ALETONES.....	16
FIGURA 7. OBSTRUCCIÓN DE LOS BORDILLOS DEL PUENTE POR LA ACUMULACIÓN DE SEDIMENTOS.....	16
FIGURA 8. VISTA DE VIGA EXTERIOR (AGUAS ABAJO) EN LA CUAL SE OBSERVA EL DESPRENDIMIENTO DEL CONCRETO Y EL ACERO DE REFUERZO EXPUESTO CON EVIDENCIA DE OXIDACIÓN.....	17
FIGURA 9. DETALLE DE VIGA EXTERIOR (AGUAS ABAJO) EN LA CUAL SE OBSERVA DESPRENDIMIENTO DE CONCRETO Y EL ACERO DE REFUERZO EXPUESTO Y OXIDADO....	17
FIGURA 10. VIGA APOYADA SOBRE ELEMENTOS DE ACERO Y ACUMULACIÓN DE SEDIMENTOS EN LA ZONA DE LOS APOYOS.....	18
FIGURA 11. VISTA DE VIGA EXTERIOR (AGUAS ABAJO) APOYADA SOBRE UN ELEMENTO DE ACERO.....	18
FIGURA 12. VISTA DEL ALETÓN IZQUIERDO DEL BASTIÓN EN EL ACCESO LA MARINA. LOS DUCTOS DE DRENAJE SE ENCUENTRAN OBSTRUIDOS CON SEDIMENTOS Y VEGETACIÓN.....	19
FIGURA 13. VISTA DE LA BASE DEL BASTIÓN UBICADO EN EL ACCESO LA MARINA. SE OBSERVA INDICIOS DE SOCAVACIÓN DEL BASTIÓN.....	19

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL PUENTE SOBRE LA QUEBRADA PALO.....	8
TABLA 2. ESTADO DE LA SEGURIDAD VIAL.....	10
TABLA 3. ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO, ACCESORIOS, ACCESOS Y OTROS.....	11
TABLA 4. ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA.....	13
TABLA 5. ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA SUBESTRUCTURA.....	14
TABLA 6. CARACTERÍSTICAS DEL PUENTE SOBRE LA QUEBRADA PALO.....	21
TABLA 7. CRITERIOS DE VULNERABILIDAD PARA PUENTES.....	21





1. INTRODUCCIÓN

Se preparó este informe de inspección y evaluación del puente sobre la Quebrada Palo en la Ruta Nacional No. 140 como parte del proceso de evaluación de los puentes de la red vial que realiza la Unidad de Evaluación de la Red Vial Nacional del LanammeUCR, según se establece en la Ley 8114. La inspección se efectuó los días 19 de mayo, 19 de agosto y 25 de agosto de 2010.

2. OBJETIVOS

Los objetivos de la inspección visual fueron los siguientes:

- A. Proveer información básica del puente y proporcionar algunas dimensiones generales.
- B. Efectuar una inspección visual de sus componentes para evaluar el estado de deterioro de la estructura.
- C. Evaluar los aspectos de seguridad vial para reducir la probabilidad de accidentes.
- D. Proporcionar recomendaciones para mantenimiento y/o reparación.
- E. Completar los formularios de inventario y de inspección del puente utilizando como referencia el Manual de Inspección de Puentes del MOPT.

3. ALCANCE DEL INFORME

Este informe de inspección de puentes se limita a presentar recomendaciones para realizar mejoras, mantenimiento y reparación con base en observaciones visuales.

Se entiende por inspección visual la observación de todos los componentes del puente a los cuales se tiene acceso por parte de un inspector o ingeniero calificado con el fin de evaluar su estado de deterioro en un instante dado. Para realizar dicha labor se utilizó como referencia el Manual de Inspección de Puentes del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT).

El informe no comprende la revisión de planos de diseño o de los planos de cómo quedó construido el puente, por lo que la evaluación se basa únicamente en la inspección de componentes a los cuales se tuvo acceso visual.

En el caso que se quisiera verificar la capacidad estructural, hidráulica o funcional del puente o la capacidad soportante del suelo, se recomienda realizar una inspección detallada y realizar ensayos especializados.

4. DESCRIPCION

El puente sobre la Quebrada Palo permite el tránsito en ambos sentidos sobre la Ruta Nacional No. 140. Se encuentra dentro del distrito Quesada, cantón de San Carlos de la provincia de Alajuela. Sus coordenadas CRTM de ubicación son 1143382 de latitud y 455197 de longitud. La Figura 1 muestra la ubicación geográfica del puente.

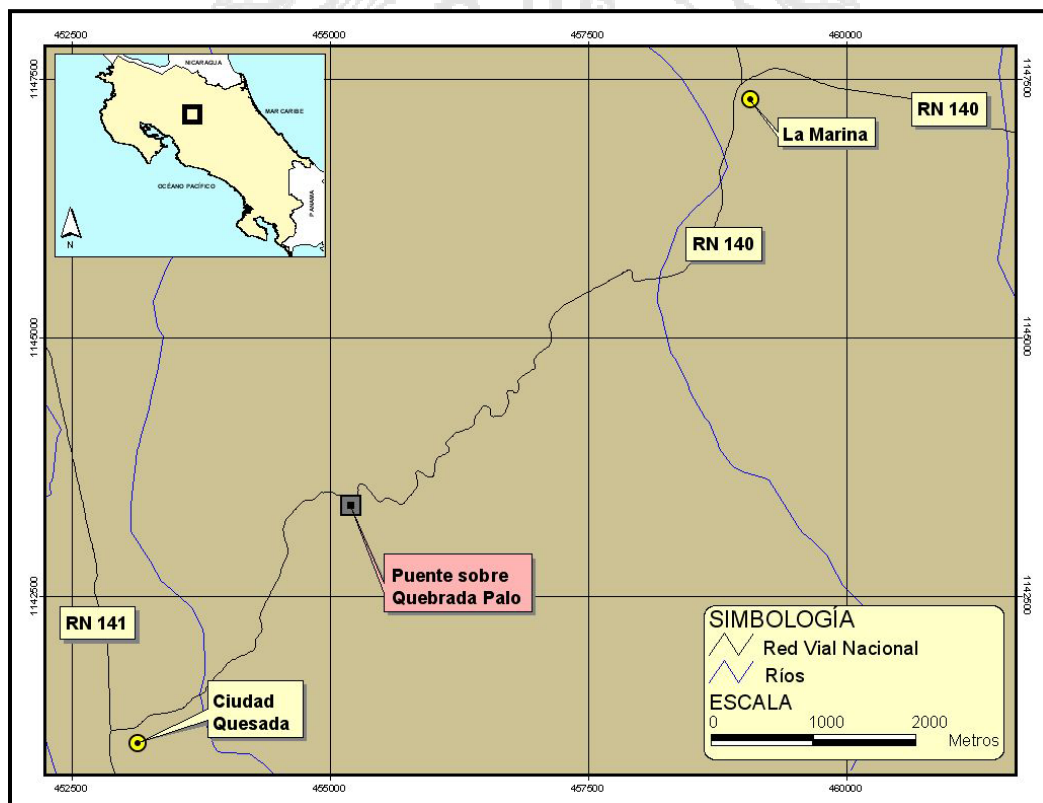


Figura 1. Ubicación geográfica del puente sobre la Quebrada Palo.
(Preparado por LanammeUCR, 2010).

En la Tabla 1 se resumen las características básicas del puente sobre la Quebrada Palo y en las figuras 2 y 3 se presentan una vista a lo largo de la línea centro y una vista lateral del

mismo. En el Apéndice A se adjunta el formulario de inventario en donde se incluyen las características básicas de la estructura.

Tabla 1. Características básicas del puente sobre la Quebrada Palo.

Geometría	Tipo de estructura	Puente
	Longitud total (m)	10
	Ancho total (m)	6,6
	Ancho de calzada (m)	6,6
	Número de tramos	1
	Alineación del puente	Recta
	Número de carriles	1
Superficie de rodamiento y accesorios	Superficie de rodamiento	Carpeta asfáltica
	Espesor del pavimento	Desconocido
	Ancho de aceras (m)	No hay aceras
	Tipo de baranda	Concreto
	Ubicación de las juntas de expansión	Presumiblemente sobre bastiones
	Tipo de juntas	No se pudieron observar (cubiertas por carpeta asfáltica)
Superestructura	Número de superestructuras	1
	Tipo de superestructura	Vigas y losas de concreto coladas en sitio
	Número de vigas principales	5
	Tipo de vigas principales	Vigas rectangulares
Apoyos	Tipo apoyo en bastiones	Las vigas se apoyan directamente sobre los bastiones.
	Tipo de apoyo en pilas	No aplica
Subestructura	Número de elementos	2 bastiones
	Tipo de bastiones	Gravedad
	Tipo de pilas	No aplica
	Tipo de cimentación	No es posible determinarlo en sitio
Diseño y construcción	Especificación de diseño original	Desconocida
	Carga viva de diseño original	H-15
	Fecha de diseño	Desconocida
	Fecha de construcción	1949-1953



Figura 2. Vista a lo largo de la línea centro del puente sobre la Quebrada Palo.
Estado del puente al 17 de noviembre de 2010.



Figura 3. Vista lateral del puente sobre la Quebrada Palo.
Estado del puente al 17 de noviembre de 2010.

5. SEGURIDAD VIAL Y ESTADO DE CONSERVACION ACTUAL

La evaluación del puente se dividió en 4 áreas: (a) Seguridad Vial, (b) Superficie de rodamiento, accesorios, accesos y otros (c) Superestructura y (d) Subestructura. De esta manera se describe la condición del puente de una manera simple y ordenada y al mismo tiempo se ofrecen recomendaciones para mejoras, mantenimiento y reparación. Estas observaciones y recomendaciones se resumen en las Tablas 2 a 5 las cuales se presentan a continuación.

En el Apéndice B se incluye el formulario de inspección rutinaria del puente en donde se evalúa el grado de daño de sus elementos. La información incluida en este formulario se puede utilizar para actualizar el programa informático SAEP administrado por el MOPT.

Tabla 2. Estado de la Seguridad Vial

SEGURIDAD VIAL		
Elementos	Observaciones	Recomendaciones
2.1. Barandas	-La baranda derecha, en sentido La Marina-Ciudad Quesada, está incompleta en el acceso al puente (falta alrededor de 15% de la baranda) El acero de refuerzo está expuesto. (Ver Figura 4) -Las barandas no están debidamente pintadas.	-Reparar las barandas para devolverles su funcionalidad como estructura de seguridad vial. -Pintar las barandas con pintura que cumpla con los estándares de retroreflectividad. Establecer un programa de mantenimiento en el que se incluya la revisión del estado de la pintura, asegurando las condiciones de visibilidad necesarias.
2.2. Guardavías	Los accesos al puente no cuentan con guardavías.	Diseñar y colocar guardavías en los accesos del puente. Se recomienda que los guardavías cuenten con captaluces y que cumplan con aspectos de seguridad vial en su construcción, tales como la longitud de anclaje adecuada y la construcción apropiada de los terminales y los traslapes según el tipo de guardavía empleado, .
2.3. Aceras y sus accesos	No hay aceras.	Construir aceras que cumplan con las dimensiones y los requerimientos para sus accesos estipulados en la Ley 7600.
2.4. Identificación	El puente no está debidamente identificado.	Colocar un rótulo de identificación que indique la quebrada que cruza y el número de ruta.

Tabla 2 (cont.). Estado de la Seguridad Vial

SEGURIDAD VIAL		
Elementos	Observaciones	Recomendaciones
2.5. Señalización	El puente no está identificado (nombre del puente o quebrada que cruza). Cuenta sin embargo con una placa en la cual consta el período de su construcción (1949 – 1953) y la carga de diseño utilizada (AASHTO H – 15).	Colocar rótulos que identifiquen al puente (quebrada sobre la que cruza y el número de ruta) en ambos sentidos. Los rótulos deben cumplir con los estándares solicitados de retroreflectividad para este tipo de señalización.
2.6. Iluminación	El puente no cuenta con iluminación.	Proveer de iluminación al puente, teniendo cuidado que la ubicación de los postes no los conviertan en obstáculos que puedan comprometer la seguridad vial de los usuarios de la vía. Se recomienda referirse a la Guía de Diseño de Iluminación de Carreteras de la AASHTO o similar.

Tabla 3. Estado de conservación de la superficie de rodamiento, accesorios, accesos y otros

SUPERFICIE DE RODAMIENTO, ACCESORIOS, ACCESOS Y OTROS		
Elementos	Observaciones	Recomendaciones
3.1. Superficie de rodamiento	Se observan deformaciones leves por flujo plástico del asfalto.	Proveer una superficie de ruedo que cumpla con las condiciones mínimas de seguridad vial, utilizando un diseño de mezcla asfáltica que sea más resistente a los deterioros producidos por el clima y el paso de vehículos. En caso que se sustituya la superficie de rodamiento, se debe escarificar y colocar la nueva mezcla evitando aumentar la carga muerta impuesta a la estructura del puente.
3.2. Drenajes de los accesos	-No existen cunetas adecuadas que recolecten y guíen las aguas de escorrentía superficial lejos de los aletones del puente. (Ver Figura 5) -Los caños descargan el agua en los aletones o a las bases de los mismos, lo que puede provocar la erosión de su cimentación.(Ver Figura 6)	-Construir un sistema de recolección del agua de escorrentía superficial que descargue el agua recolectada directamente al río, evitando que el agua percole en el material de relleno detrás del bastión o que erosione su cimiento.

Tabla 3 (cont). Estado de conservación de la superficie de rodamiento, accesorios, accesos y otros

SUPERFICIE DE RODAMIENTO, ACCESORIOS, ACCESOS Y OTROS		
Elementos	Elementos	Elementos
3.3. Accesos	-Los accesos no muestran señal de asentamiento o movimiento por parte del bastión.	Se recomienda construir un sistema de drenaje para evitar la erosión de los accesos y taludes próximos a la estructura del puente.
3.4. Bordillos y ductos de drenaje del puente	Los ductos de drenaje del puente se encuentran obstruidos. Hay acumulación de sedimentos y basura a lo largo de los bordillos del puente. (Ver Figura 7)	Limpiar los bordillos del puente. Establecer un programa de limpieza periódica. Se recomienda colocar tubos de drenaje para evitar que el agua se descargue directamente sobre las vigas.
3.5. Juntas de expansión	No se pudo determinar el tipo de junta de expansión que tiene el puente porque están cubiertas por la carpeta asfáltica y por ende obstruidas impidiendo la expansión de la losa. Esto resultará en grietas en la capa de mezcla asfáltica ubicadas sobre las juntas. Se observó filtración de agua a través de las juntas de expansión.	Se recomienda eliminar la capa de mezcla asfáltica sobre las juntas y sellarlas con un material deformable que permita el movimiento de las juntas. Adicionalmente se recomienda implementar un programa de mantenimiento periódico en el que se incluya la limpieza del sedimento que puede acumularse en las juntas.
3.6. Vibración del puente	No se percibió una vibración importante del puente durante el tránsito vehicular.	Ninguna.
3.7. Cauce del río	Se observa erosión en las márgenes y la depositación de bloques de roca relativamente grandes, lo cual es muestra de la fuerza de arrastre de la quebrada.	Se recomienda evaluar la necesidad de utilizar algún sistema de protección de las márgenes para prevenir la erosión. Además se recomienda efectuar un estudio hidrológico para determinar si la capacidad hidráulica en la zona del puente es adecuada.

Tabla 4. Estado de conservación de la superestructura

SUPERESTRUCTURA		
Componentes	Observaciones	Recomendaciones
4.1. Losa	No se observa daño en la losa.	Monitorear en la próxima inspección.
4.2. Vigas longitudinales	-En las vigas principales se observan grietas en sentido longitudinal, a lo largo de donde se ubica el refuerzo de la viga. Es bastante probable que el refuerzo presente oxidación y posiblemente corrosión debido a que se encuentra en contacto con la humedad. -Se observó descascaramiento del concreto en la viga externa, aguas abajo, a la mitad de su luz. El acero de refuerzo se encuentra expuesto y se observa oxidado. (Ver Figuras 8 y 9).	-Reparar la sección de la viga que presenta descascaramiento para evitar que la oxidación se propague al resto del acero de refuerzo.
4.3. Vigas diafragma	No aplica.	Ninguna.

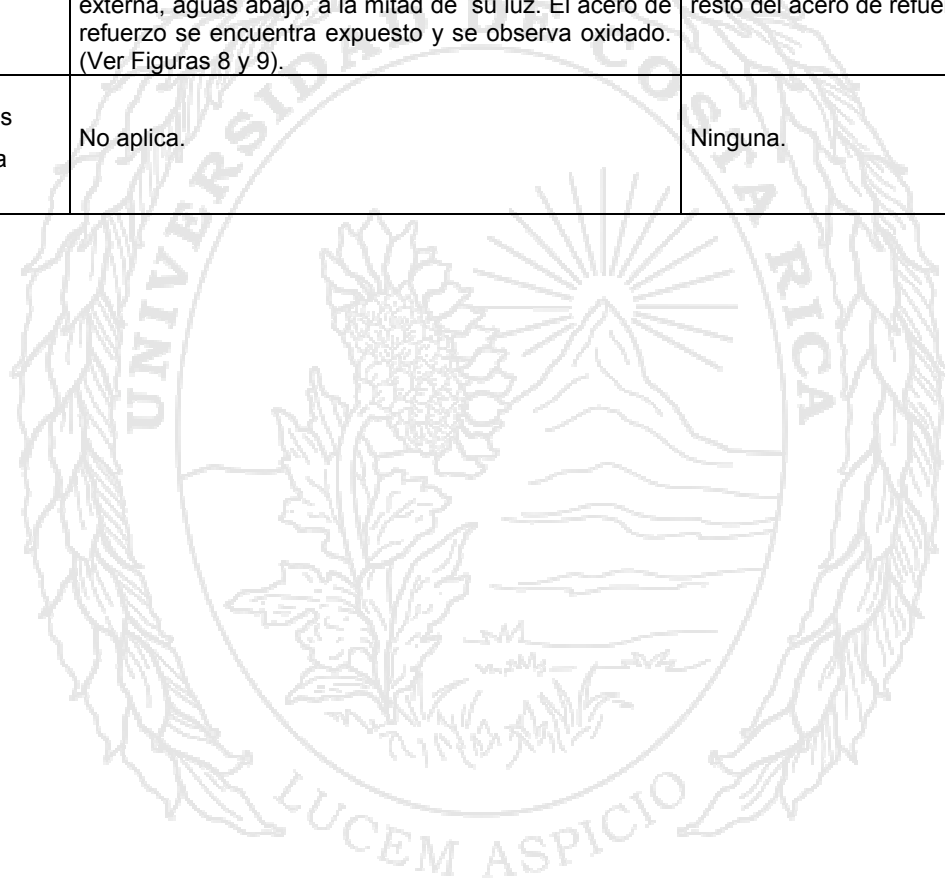


Tabla 5. Estado de conservación de la subestructura

SUBESTRUCTURA		
Componentes	Observaciones	Recomendaciones
5.1. Viga cabezal	Sobre la viga cabezal del bastión Noreste se aprecia lo que aparenta ser residuos de concreto. A partir de la inspección realizada no se tiene certeza si el origen de este concreto corresponde a las labores de recalce de las vigas colocadas sobre este bastión.	Se recomienda evaluar la necesidad de realizar una inspección más detallada para verificar si corresponde tomar alguna medida en particular sobre lo que aparenta ser residuos de concreto sobre el bastión Noreste.
5.2. Bastiones y aletones	<p>-Según fue indicado por la Ing. Ileana Aguilar, del organismo de inspección de la zona de conservación 6-1 San Carlos, uno de los bastiones había fallado cuando éste rotó sobre la cimentación. La rotación produjo que el bastión se agrietara provocando la caída de las vigas principales, lo que generó un desnivel entre la superestructura del puente y sus accesos. Para nivelar la superestructura y el acceso del puente se realizó un trabajo de recalce del bastión y para ello se colocaron elementos de acero para nivelar las vigas (Ver Figuras 10 y 11).</p> <p>-Se observó gran cantidad de vegetación creciendo cerca de los bastiones, y aletones, lo que demuestra la falta de mantenimiento del puente.</p> <p>-Se observó escurrimiento de agua de escorrentía sobre los aletones debido a la falta de un sistema de drenaje que encauce el agua. (Ver Figura 6).</p>	<p>-Reconstruir el bastión dañado (bastión Noreste) para proporcionar una solución definitiva de apoyo de las vigas. En la reconstrucción del bastión se recomienda se atienda de manera integral los problemas de socavación en la base de los bastiones, la reconstrucción del cuerpo del bastión, aletones y la viga cabezal y se proporcione a las vigas restricción al movimiento lateral, para disminuir el riesgo a que se desmonten en caso de sismo.</p> <p>-Limpiar la vegetación y materia orgánica acumulada alrededor de los bastiones y aletones.</p> <p>-Proporcionar un sistema de drenaje adecuado.</p>
5.3. Apoyos	En el bastión dañado (bastión Noreste) se realizó un recalce de las vigas colocando elementos de acero como solución temporal la cual se efectuó solamente para nivelarlas y permitir el paso. Los elementos de acero utilizados para el recalce no presentan ningún sistema de sujeción entre los elementos y las vigas, lo que implica que las vigas se podrían desmontar lateralmente durante un sismo.	<p>-Retirar los elementos de acero utilizados como apoyos temporales e incluir la colocación de los apoyos en la reconstrucción del bastión Noreste.</p> <p>-Limpiar todo sedimento acumulado alrededor de los apoyos y sobre la viga cabezal.</p> <p>-Sellar las juntas de expansión para evitar la filtración de agua en la zona de los apoyos.</p>
5.4. Cimentaciones	<p>-Hay evidencia de socavación de la cimentación de ambos bastiones en la sección aguas arriba del puente.</p> <p>-Se observa que se ha colocado una protección de concreto para proteger las cimentaciones. (Ver Figura 13)</p>	Restituir el material erosionado bajo la cimentación de los bastiones y construir un sistema de protección de los cimientos para evitar la socavación.



Figura 4. Daño observado en la baranda de concreto.



Figura 5. Ausencia de un sistema adecuado de drenaje en los accesos.



Figura 6. Descarga del agua directamente sobre los aletones.



Figura 7. Obstrucción de los bordillos del puente por la acumulación de sedimentos.



Figura 8. Vista de viga exterior (aguas abajo) en la cual se observa el desprendimiento del concreto y el acero de refuerzo expuesto con evidencia de oxidación.



Figura 9. Detalle de viga exterior (aguas abajo) en la cual se observa desprendimiento de concreto y el acero de refuerzo expuesto y oxidado.



Figura 10. Viga apoyada sobre elementos de acero y acumulación de sedimentos en la zona de los apoyos.



Figura 11. Vista de viga exterior (aguas abajo) apoyada sobre un elemento de acero.



Figura 12. Vista del aletón izquierdo del bastión Noreste. Los ductos de drenaje se encuentran obstruidos con sedimentos y vegetación.



Figura 13. Vista de la base del bastión Noreste. Se observa indicios de socavación del bastión.



6. Evaluación de la vulnerabilidad del puente según metodología de RMS

Para la evaluación de la vulnerabilidad de este puente ante amenazas sísmicas se utilizó el método de Risk Management Solutions Inc. (RMS), publicado en 1997, el cual considera el comportamiento diferenciado de algunos tipos estructurales de puentes. Los resultados del uso de esta metodología sirven para complementar las observaciones visuales de las inspecciones realizadas en campo, ya que dan una indicación de los daños potenciales que podría sufrir el puente según sus características estructurales y las aceleraciones pico del terreno que podrían presentarse para diferentes periodos de retorno.

Para predecir los daños que provocaría un sismo sobre un puente, se utilizan curvas de fragilidad, las cuales indican la probabilidad de que un determinado estado de daños sea excedido para una aceleración pico del terreno, en función de las características estructurales del puente.

La metodología de análisis se detalla en el documento “Evaluación ante amenaza sísmica de puentes de la Red Vial Nacional Documento de trabajo” (LM-PI-PV-ERV-39-10), publicado por la Unidad de Evaluación de la Red Vial Nacional del LanammeUCR en el mes de junio de 2010.

El puente sobre la Quebrada Palo fue evaluado tomando en consideración sus características estructurales y utilizando mapas de aceleraciones para determinar la amenaza sísmica para periodos de retorno de 100 y 500 años, este último valor como revisión según la última versión del Código Sísmico de Costa Rica (2002). Bajo estas consideraciones se esperarían aceleraciones pico del terreno de 0,28g para un periodo de retorno de 100 años y de 0,425g para un periodo de retorno de 500 años.

En la Tabla 6 se muestran las características utilizadas para evaluar el puente.

Tabla 6. Características del puente sobre la Quebrada Palo.

Característica	Puente sobre quebrada Palo
Periodo de construcción	1949-1953
Material	Concreto reforzado
Tipo de estructura	Vigas de concreto reforzado de sección rectangular
Tipo	Puente simplemente apoyado
Diseño	Convencional
Riesgo	Alto

La Tabla 7 resume los criterios de vulnerabilidad para puentes según el daño asignado para las aceleraciones esperadas para periodos de retorno de 100 y 500 años.

Tabla 7. Criterios de vulnerabilidad para puentes. (Vargas, 2005; Castro, 2005).

	Daño asignado (T = 100 años)	Daño asignado (T = 500 años)	Vulnerabilidad
Tipo de daño según RMS	Generalizado	Generalizado	Muy alta
	Moderado	Generalizado	Alta
	Moderado	Moderado	Media
	Moderado	Menor	Baja
	Menor	Menor	Muy baja

De las características anteriores, y siguiendo la metodología de RMS, el puente clasifica como una estructura HBR12. Con base en la clasificación del puente y las aceleraciones del terreno esperadas para periodos de retorno de 100 y 500 años, se concluye que el puente tiene una vulnerabilidad muy alta ante amenaza sísmica. El nivel de vulnerabilidad muy alta, según la metodología RMS, implica que el puente es susceptible a: la degradación de los bastiones (son estructuralmente inseguros, sin necesariamente llegar a colapsar), a la pérdida parcial de apoyo de las vigas principales sobre la viga cabezal (meseta de apoyo) del bastión y a que se produzcan asentamientos en los accesos al puente.

No obstante, dada la condición actual del puente donde uno de los bastiones sufrió inclinación y las vigas principales tuvieron que ser apoyadas sobre elementos de acero colocados detrás de la pared del bastión, se hace evidente que el daño que podría presentar la estructura en caso de sismo podría ser mayor a la asignada por la metodología de RMS, pudiendo alcanzar

inclusive un nivel de daño categorizado como total, en el cual se podría dar el colapso del bastión, pérdida del apoyo de las vigas principales y por ende colapso de la superestructura.

De ahí la importancia de realizar las reparaciones necesarias al puente para asegurar su buen funcionamiento y comportamiento estructural ante cargas de servicio y minimizar el nivel de riesgo asociado ante eventos extremos.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este informe presenta información sobre el estado de conservación del puente y provee recomendaciones generales para resolver los daños detectados. Se incluyen los formularios de inventario e inspección del puente, los cuales cuentan con la información necesaria para actualizar el programa informático de gestión de puentes SAEP administrado por el MOPT.

El informe no incluye información suficiente para preparar un cartel de licitación con el fin de contratar los trabajos de reparación que aquí se recomiendan. Mas bien, es responsabilidad del CONAVI, con la asesoría del MOPT o de un profesional calificado en materia de puentes de definir y priorizar los trabajos a realizar, sean estos de diseño, rehabilitación y/o construcción, antes de preparar el cartel de licitación respectivo. Entiéndase por rehabilitación la reparación de los problemas detectados o la sustitución de todo o parte del puente.

El estado de deterioro del puente es considerado crítico por el daño observado en el bastión Noreste, por el refuerzo expuesto observado en algunas vigas, y por las grietas longitudinales observadas en las vigas principales. Estas grietas longitudinales coinciden con la ubicación del refuerzo longitudinal lo cual es un indicativo de que el refuerzo está en contacto con la humedad y se ha expandido producto de la corrosión. Debido a la edad del puente y a los daños observados, se puede concluir que este ha alcanzado su vida útil.

Las Tablas 2 a 5 resumen la condición de deterioro del puente y proveen recomendaciones generales para mitigar los problemas que la falta de mantenimiento ha generado en el puente y así lograr extender su vida útil.

En base a lo observado, se recomienda:

- Reconstruir el bastión dañado o la totalidad del puente. Antes de ello, se recomienda realizar un estudio hidráulico para determinar si se le debe dar mayor capacidad hidráulica y si el puente es vulnerable a la socavación.
- Se recomienda atender de manera integral los problemas de socavación en la base de los bastiones, la reconstrucción del cuerpo del bastión, aletones y la viga cabezal en caso que no se decida reconstruir el puente. Además se recomienda que se le proporcione a las vigas restricción al movimiento lateral, para disminuir el riesgo a que se desmonten en caso de sismo. Reparar o construir nuevas barandas.
- Pintar las barandas con pintura que cumpla con los estándares de retroreflectividad. Establecer un programa de mantenimiento en el que se incluya la revisión del estado de la pintura, asegurando las condiciones de visibilidad necesarias.
- Diseñar y colocar guardavías en los accesos del puente. Se recomienda que los guardavías cuenten con captaluces y que cumplan con aspectos de seguridad vial en su construcción, tales como la longitud de anclaje adecuada y la construcción apropiada de los terminales y los traslapes, según el tipo de guardavía empleado.
- Examinar si el tránsito peatonal por el puente es significativo, y que por tanto amerite la construcción de un paso peatonal mediante una estructura independiente a la del puente que cumpla con las disposiciones de la Ley 7600.
- Colocar un rótulo que identifique al puente (quebrada que cruza y número de ruta) en ambos sentidos. Los rótulos deben cumplir con los estándares solicitados de retroreflectividad para este tipo de señalización.
- Proveer la señalización horizontal adecuada. Establecer un programa de mantenimiento en el que se incluya la revisión del estado de la pintura de la señalización, tanto vertical como horizontal, asegurando las condiciones de visibilidad necesarias.
- Colocar rótulos en los accesos del puente, donde se indique la velocidad máxima permitida de circulación.
- Proveer señales que indiquen la existencia de un puente angosto.
- Instalar captaluces sobre la superficie de rodamiento del puente y sus accesos.
- Proveer de iluminación al puente, teniendo cuidado que la ubicación de los postes no los conviertan en obstáculos que puedan comprometer la seguridad vial de los usuarios de

la vía. Se recomienda referirse a la Guía de Diseño de Iluminación de Carreteras de la AASHTO o similar.

- Proveer una superficie de ruedo que cumpla con las condiciones mínimas de seguridad vial, utilizando un diseño de mezcla asfáltica que sea más resistente a los deterioros producidos por el clima y el paso de vehículos. En caso que se sustituya la superficie de rodamiento, se debe escarificar y colocar la nueva mezcla evitando aumentar la carga muerta impuesta a la estructura del puente.
- Establecer un sistema de mantenimiento preventivo rutinario en el que se incluya la limpieza de cunetas y drenajes. Colocar tubos de PVC a la salida de los drenajes, de tal manera que el agua del drenaje no entre en contacto con los elementos de la superestructura del puente.
- Eliminar la capa de mezcla asfáltica sobre las juntas y sellarlas con material deformable.. Adicionalmente implementar un sistema de mantenimiento periódico para eliminar el sedimento que puede acumularse en las juntas.
- Construir los sistemas de recolección de agua de escorrentía superficial que descarguen el agua recolectada de forma adecuada al río, evitando que el agua percole en el material de relleno detrás del bastión o que erosione su cimiento.
- Reparar las grietas observadas en el concreto de las vigas principales en caso que no se decida reconstruir el puente.
- Reparar la sección de las vigas principales que presentan descascaramiento del concreto para evitar que el acero de refuerzo sufra de corrosión y la oxidación se propague al resto del acero de refuerzo en caso que no se decida reconstruir el puente.
- Limpiar todo sedimento acumulado alrededor de los apoyos y sobre la viga cabezal.
- Limpiar la vegetación y materia orgánica acumulada alrededor de los bastiones y aletones.
- Proporcionar un sistema de drenaje adecuado para los accesos el cual proteja los bastiones y aletones.
- Restituir el material erosionado bajo la cimentación de los bastiones y construir un sistema de protección a los cimientos para evitar la socavación en caso que no se decida reconstruir el puente.



ANEXO A

Formulario de inventario



INVENTARIO BASICO DE PUENTES
PROGRAMA DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE
UNIDAD DE PUENTES

1. IDENTIFICACION Y UBICACION	
NOMBRE DEL PUENTE:	Quebrada Palo
RUTA No:	140
CLASIFICACION DE RUTA:	Secundaria
KILOMETRO:	3,745
ADMINISTRADO POR:	CONAVI
PROVINCIA:	Alajuela
CANTON:	San Carlos
DISTRITO:	Quesada
LA TITUD :	1143382 (CRTM)
LONGITUD:	455197 (CRTM)
DIRECCION DE VIA:	La Marina
CRUZA SOBRE:	Quebrada Palo
FECHA DE DISEÑO:	No disponible
FECHA DE CONSTRUCCION:	1949-1953
FECHA DE REFORZAMIENTO:	No aplica

2. ELEMENTOS BASICOS	
Tipo de estructura =	Puente
Longitud total (m) =	10
Número de superestructuras (unid.) =	1
Número de tramos (unid.) =	1
Número de subestructuras (unid.) =	2
Longitud de desvío (km) =	Desconocida
Pendiente longitudinal (%) =	No se midió
Restricciones existentes	Agua
Por Carga (Ton) =	No tiene
Por Altura (m) =	No tiene
Por Ancho (m) =	No tiene
4. CLARO LIBRE	
Altura libre vertical superior (m) =	No aplica
Altura libre vertical inferior (m) =	No se midió
Ancho de losa de aproximación (m) =	6,6

3. DIMENSIONES (m)	
Ancho total =	6,6
Ancho de calzada =	6,6
W1 =	0,35
W2 =	0
W3 =	6,6
W4 =	0
W5 =	0
W6 =	0
W7 =	0,35

5. ANTECEDENTES DE INSPECCION	
Fecha día/mes/año	Inspector
25 de agosto	Ing. Diego Cordero
Tipo de Inspección	
Visual (rutinaria)	

6. ANTECEDENTES DE REHABILITACION	
Fecha día/mes/año	Elemento reparado
Desconocida	Bastión acceso Marina
Resumen de contramedidas	
Para nivelar la superestructura y el acceso del puente se realizó un trabajo de recalce del bastión y se colocaron elementos de acero.	

A. INFORMACION GENERAL	
 <p style="text-align: center;">UBICACION (Mapa del Sitio)</p>	 <p style="text-align: center;">VISTA PANORAMICA</p>

7. SUPERESTRUCTURA		No DE TRAMOS	ALINEACION DE PLANTA	MATERIAL	SUPER-ESTRUCTURA	TIPOS	LONGITUD (m)	TRAMO MAXIMO (m)	No DE VIGAS	ALTURA (m)
1		1	Recta	Concreto reforzado	Viga simple	Vigas rectangulares	10	10	5	No se midió
B. SUPERESTRUCTURA										
No DE SUPER ESTRUCTURA	TIPOS DE JUNTA DE EXPANSION				CARACTERISTICAS DE PINTURA					
1	UBICACION INICIAL	UBICACION FINAL			LOSA			FECHA DE ULTIMA PINTURA		
	No se pudo observar porque están cubiertas con asfalto	No se pudo observar porque están cubiertas con asfalto			MATERIALES			EMPRESA ENCARGADA		
					Concreto reforzado			No aplica		
					ESPESESOR (m)			No aplica		
					No se midió			No aplica		

ID		MATERIAL	TIPO	ALTURA	FORMA	DIMENSIONES		TIPO	DIMENSIONES		TIPO DE PILOTES	TIPO		ANCHO DE ASIENTO
						ANCHO	LARGO		ANCHO	LARGO		INICIAL	FINAL	
B1	Concrete	Gravedad	No se midió	-	No se midió	No se midió	No se midió	Placa	No se midió	No se midió	No aplica	Las vigas están simplemente apoyadas	-	No se midió
B2	Concrete	Gravedad	No se midió	-	No se midió	No se midió	No se midió	Placa	No se midió	No se midió	No aplica	Las vigas están apoyadas sobre elementos de acero	-	No se midió

			
INSPECCION DE PUENTES PROGRAMA DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE UNIDAD DE PUENTES			
NOMBRE DEL PUENTE:	Quebrada Palo	PROVINCIA:	Alajuela
RUJA No:	140	CANTON:	San Carlos
CLASIFICACION DE RUTA:	Secundaria	DISTRITO:	Quesada
KILOMETRO:	3.745	LATITUD :	1143382 (CRTM)
ADMINISTRADO POR:	CONAVI	LONGITUD:	455197 (CRTM)
DIRECCION DE VIA:		La Marina	
GRUZA SOBRE:		Quebrada Palo	
FECHA DE DISEÑO:		No disponible	
FECHA DE CONSTRUCCIÓN:		1949-1953	
FECHA REFORZAMIENTO:		No disponible	
D. FIGURAS DE INVENTARIO			
Figura No. 1 	Placa Figura No. 2 	Línea de Centro Figura No. 3 	Vista general Figura No. 6 
Figura No. 4 		Vista lateral Figura No. 5 	Cauce del río Figura No. 6 
Notas: Fotografía tomada en sentido Ciudad Quesada-La Marina.		Notas: Fotografía tomada en sentido La Marina-Ciudad Quesada	
Notas: Fotografía tomada en sentido Ciudad Quesada-La Marina.		Notas: Fotografía tomada en sentido Ciudad Quesada-La Marina.	

The seal of the University of Costa Rica is a large, faint watermark in the background. It is an oval emblem with a laurel wreath border. Inside the wreath, there is a sun with rays, a landscape with hills and water, and a plant with a large flower. The text "UNIVERSIDAD DE COSTA RICA" is arched across the top, and "LUCEM ASPICIO" is arched across the bottom.

ANEXO B

Formulario de inspección rutinaria

INSPECCION DE PUENTES (EVALUACION DEL DAÑO)
PROGRAMA DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE
UNIDAD DE PUENTES

A. IDENTIFICACION Y UBICACION

NOMBRE DEL PUENTE:	Quebrada Palo	PROVINCIA:	Alajuela	DIRECCION DE VIA:	La Marina
RUTA No:	140	CANTON:	San Carlos	CRUZA SOBRE:	Quebrada Palo
CLASIFICACION DE RUTA:	Secundaria	DISTRITO:	Quesada	FECHA DE DISEÑO:	No Disponible
KILOMETRO:	3.745	LATITUD :	1143382 (CRTM)	FECHA DE CONSTRUCCION:	1949-1953
ADMINISTRADO POR:	CONAVI	LONGITUD :	455197 (CRTM)		

B. DATOS DE INSPECCION

Inspeccionado por:	Ing. Diego A. Cordero	Fecha:	25-Agosto-2010	Condiciones del Clima	Nublado
Inspeccion Previa por:	Ing. Diego A. Cordero	Fecha:	19-Agosto-2010	Informe No.	IMPPIUE-PN01-2011
Fecha de próxima inspección:	No disponible				

C. INFORMACION GENERAL

Tipo de estructura	Puente
Longitud total (m)	10
Numero de claros	1
Ancho total (m)	6.6
Ancho de calzada (m)	6.6
No. de vías	1

D. INSPECCION VISUAL

ITEM	ELEMENTO	EVALUACION DEL GRADO DE DAÑO				
		Ondulación	Surcos	Agrietamiento	Baches	Sobrecapas de asfalto
1	Superficie de rodamiento	1	1	1	1	1
2	Juntas de expansión	Sonidos extraños	Filtración de agua	Faltante o Deformación	Movimiento vertical	Obstruida
3	Baranda - Metálica	Deformación	Oxidación	Corrosión	Faltante	5
4	Baranda - Concreto	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	
		Agrietamiento	Refuerzo expuesto	Faltante		
		5	5	5		

D.1. SUPERFICIE BARANDAS Y ACCESORIOS

ITEM	ELEMENTO	EVALUACION DEL GRADO DE DAÑO				
		Grietas en una dirección	Grietas dos direcciones	Descascaramiento	Refuerzo expuesto	Nidos de piedra
5	Losa	2	1	1	1	1
		Agujeros				
6	Vigas Principal	Grietas en una dirección	Grietas dos direcciones	Descascaramiento	Refuerzo expuesto	Nidos de piedra
7	Viga Diafragma	Grietas en una dirección	Grietas dos direcciones	Descascaramiento	Refuerzo expuesto	Nidos de piedra
		No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica

D.2. SUPERESTRUCTURA - ELEMENTOS DE CONCRETO

ITEM	ELEMENTO	EVALUACION DEL GRADO DE DAÑO				
		Rotura de pernos	Deformación extraña	Inclinación	Desplazamiento	Eflorescencia
11	Apoyos	1	5	1	1	
12	Bastión (Viga cabeza y Aletones)	Grietas en una dirección	Grietas dos direcciones	Descascaramiento	Refuerzo expuesto	Eflorescencia
		1	1	1	1	1
		Protección del talud				
13	Bastión (Cuerpo Principal)	Grietas en una dirección	Grietas dos direcciones	Descascaramiento	Refuerzo expuesto	Eflorescencia
		1	1	1	1	1
		Pérdida de talud	Inclinación	Socavación		
14	Pila (Viga cabeza)	Grietas en una dirección	Grietas dos direcciones	Descascaramiento	Refuerzo expuesto	Eflorescencia
		No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
15	Pila (Cuerpo Principal)	Grietas en una dirección	Grietas dos direcciones	Descascaramiento	Refuerzo expuesto	Eflorescencia
		No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
		Inclinación	Socavación			
		No aplica	No aplica			

D.4. SUBESTRUCTURA







COMENTARIOS	
ITEM No	
2	Las juntas de expansión se encuentran obstruidas con un sobrecapa asfáltica.
4	La baranda derecha en el acceso La Marina está incompleta, falta alrededor del 15%. El acero de refuerzo está expuesto y se observa oxidado. (Ver Figura 3).
6	Se observa descascaramiento considerable del concreto en algunas de las vigas y el acero de refuerzo está expuesto y oxidado. (Ver Figuras 9 y 10).
11	En el bastión Noreste se realizó un recalce de las vigas colocando elementos de acero como solución temporal para nivelar las vigas y permitir el paso. Los elementos de acero utilizados para el recalce no presentan ningún sistema de sujeción entre ellos ni entre los elementos y las vigas. (Ver Figuras 7 y 8)
12	En el bastión Noreste las vigas perdieron el soporte sobre el bastión. Como solución a este problema se colocaron elementos de acero detrás del bastión para catzar las vigas de la superestructura. Según conversaciones con la ingeniera responsable del organismo de inspección de la zona (conversación del 19 de mayo de 2010) el problema se debió a la inclinación del bastión ocasionado por la pérdida de soporte por socavación. En la actualidad, se observa una protección de la base del bastión. Se observaron indicios de socavación de las cimentaciones. (Ver Figura 12).
--	Los ductos de drenaje, tanto de los alerones como de los bastiones, se encuentran obstruidos con sedimentos y vegetación. (Ver Figura 11).
--	Durante las visitas de inspección se pudo conversar con vecinos del puente, quienes indicaron que durante lluvias fuertes el río crece significativamente. El flujo arrastra bloques de gran tamaño y el nivel de las aguas es cercano al nivel inferior de las vigas de la superestructura.

DS. COMENTARIOS



Universidad de Costa Rica

INSPECCION DE PUENTES
PROGRAMA DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE
UNIDAD DE PUENTES

NOMBRE DEL PUENTE:		Quebrada Palo	PROVINCIA:	Alajuela	DIRECCION DE VIA:	La Marina
RUTA No.:	140	CANTON:	San Carlos	CRUZA SOBRE:	Quebrada Palo	
CLASIFICACION DE RUTA:	Secundaria	DISTRITO:	Quesada	FECHA DE DISEÑO:	No disponible	
KILOMETRO:	3.745	LATITUD :	1143382 (CRTM)	FECHA DE CONSTRUCCION	1949-1953	
ADMINISTRADO POR:	CONAVI	LONGITUD	455197 (CRTM)			
E. FOTOS DE DAÑO OBSERVADO						
Foto No. 1		Foto No. 2		Foto No. 3		Fecha: 25-Ago-2010
	Notas: Acumulación de agua en la superficie de rodamiento.		Notas: Obstrucción de los bordillos del puente por la acumulación de sedimentos.		Notas: Daño observado en la baranda de concreto.	
Foto No. 4		Foto No. 5		Foto No. 6		Fecha: 25-Ago-2010
	Notas: Descarga del agua directamente sobre los aletones.		Notas: Ausencia de un sistema adecuado de drenaje en los accesos.		Notas: Vista inferior de la superestructura. Nótese el grado de oxidación y corrosión de la estructura paralela al puenteadada para el paso de servicios básicos.	

INSPECCION DE PUENTES
PROGRAMA DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE
UNIDAD DE PUENTES

NOMBRE DEL PUENTE:	Quebrada Palo 140	PROVINCIA:	Alajuela	DIRECCION DE VIA:	La Marina
RUTA No:	140	CANTON:	San Carlos	CRUZA SOBRE:	Quebrada Palo
CLASIFICACION DE RUTA:	Secundaria	DISTRITO:	Quesada	FECHA DE DISEÑO:	No disponible
KILOMETRO:	3.745	LATITUD :	1143382 (CRTM)	FECHA DE CONSTRUCCION:	1949-1953
ADMINISTRADO POR:	CONAVI	LONGITUD	455197 (CRTM)		

E. FOTOS DE DAÑO OBSERVADO

Foto No. 7	Fecha: 25-Ago-2010	Foto No. 8	Fecha: 25-Ago-2010	Foto No. 9	Fecha: 25-Ago-2010
					
Notas: Viga apoyada sobre elementos de acero y acumulación de sedimentos en la zona de los apoyos.	Notas: Viga exterior (aguas abajo) apoyada sobre un elemento de acero.	Notas: Vista de viga exterior (aguas abajo) en la cual se observa el desprendimiento del concreto y el acero de refuerzo expuesto con evidencia de oxidación.	Notas: Detalle de viga exterior (aguas abajo) en la cual se observa desprendimiento de concreto y el acero de refuerzo expuesto y oxidado.	Notas: Vista del aletón izquierdo del bastión Noreste. Los ductos de drenaje se encuentran obstruidos con sedimentos y vegetación.	Notas: Vista de la base del bastión y aletón Noreste (aguas arriba). Se observa indicios de socavación del bastión.
Foto No. 10	Fecha: 17-Nov-2010	Foto No. 11	Fecha: 25-Ago-2010	Foto No. 12	Fecha: 25-Ago-2010

E. FOTOS DE DAÑO OBSERVADO