



## Protección de elementos de acero de puentes en Costa Rica

**Ing. Rolando Castillo, PhD**

Coordinador  
Unidad de Puentes, PITRA

### Introducción

Costa Rica vive una emergencia nacional en materia de puentes debido al grave deterioro que exhiben estas estructuras producto de un mantenimiento prácticamente inexistente. Es claro que nuestro gobierno ha realizado un gran esfuerzo por solventar este problema, lo cual queda demostrado con la publicación en Febrero del 2007 del informe titulado "Estudio sobre el Desarrollo de Capacidad en la Planificación, Mantenimiento y Administración de Puentes" el cual es el producto del convenio de cooperación técnica entre la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) y el Ministerio de Obras Públicas y Transportes

(MOPT). A pesar de la existencia de dicho documento la Administración ha avanzado poco en la implementación del sistema establecido, según consta en otro informe recientemente preparado por la Contraloría General de La República [2].

De acuerdo con datos de la Dirección de Puentes del MOPT [3], Costa Rica cuenta con aproximadamente 1341 puentes a lo largo de carreteras nacionales y se estima, ya que no hay un inventario formal, que existen más de 5250 puentes a lo largo de carreteras cantonales. Estas estadísticas dejan claro que el país debe realizar una gran inversión en mantenimiento y rehabilitación de puentes existentes y en construcción de puentes nuevos.

En Costa Rica la gran mayoría de sus puentes están construidos con elementos de concreto, sin embargo existe una gran cantidad de puentes construidos con elementos de acero. Los puentes

construidos con vigas principales de acero requieren de un mantenimiento más frecuente que uno de concreto, ya que los sistemas de pintura utilizados contra la corrosión tienen una vida útil relativamente corta si se le compara con la vida útil propia del puente. Esto significa que el costo de mantenimiento de un puente de acero es mayor que uno de concreto.

Actualmente el MOPT recomienda a las municipalidades la construcción de puentes con vigas principales de acero. Esto queda demostrado en el hecho de que el MOPT tiene a disposición de estas organizaciones planos estándares de puentes a base de vigas principales de acero, según consta de los planos que el MOPT tiene a disposición en su página web: <http://www.mopt.go.cr/Obras-Publicas/Puentes-Planos.html>. Es claro que el objetivo de estos planos es satisfacer las necesidades de construcción de puentes nuevos o la sustitución de puentes existentes, por lo que es necesario

Comité editorial del boletín



**2011**

Ing. Luis Guillermo Loría Salazar  
Coordinador General PITRA, LanammeUCR

Sra. Ana María Arroyo Acosta  
Unidad de Capacitación y Transferencia Tecnológica, PITRA

Mauricio Bolaños Barrantes  
Diseñador Gráfico. Unidad de Capacitación y Transferencia Tecnológica, PITRA



**Figura 1**

Vigas de acero a las cuales no se les aplicó un sistema de pintura. Puente Piedras Negras, Cantón de Montes de Oro, Puntarenas.

reconocer este gran esfuerzo. Sin embargo, no se debe olvidar que la construcción de puentes con vigas principales de acero representan una gran responsabilidad ya que, como se mencionó anteriormente, requieren un mantenimiento frecuente, y por lo tanto, el costo de mantenimiento es mayor al de un puente similar construido con vigas de concreto.

Actualmente, el LANAMME brinda soporte técnico a las Municipalidades en inspección y evaluación de puentes. Para sorpresa nuestra hemos encontrado con que a ninguno de los elementos de acero de puentes recientemente construidos con planos proporcionados por el MOPT, se les ha aplicado un sistema de protección contra la corrosión. A manera de ejemplo la Figura No.1 muestra un puente municipal recientemente construido donde se observa la falta de protección de sus elementos de acero. Este puente no es un caso aislado, más bien es un problema generalizado donde las municipalidades y la Administración tienen responsabilidad compartida. Existe falta por parte de las municipalidades porque no llevan a cabo una supervisión apropiada y hay falta de la Administración porque los planos del MOPT no vienen acompañados con un documento de especificaciones o con un plano con notas generales donde se informe sobre la preparación de las

superficies de acero y el sistema de pintura a utilizar.

Para enfatizar sobre la importancia de los sistemas de pintura para protección contra la corrosión de elementos de acero, este artículo tiene como objetivo presentar información general sobre la corrosión, las técnicas y grado de limpieza de la superficie de acero previo a la aplicación de un sistema de pintura, información sobre lo que consiste un sistema de pintura y finalmente cuáles son los sistemas de pintura recomendados por el MOPT y en el Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2010.

## ¿Qué es la corrosión?

Se denomina corrosión al proceso de destrucción de los metales y sus aleaciones provocado por la acción química o electroquímica. Por corrosión química se entiende la destrucción del metal u otro material por la acción de gases o líquidos no electrolíticos (gasolina, aceites, etc.). Por corrosión electroquímica se conoce a los procesos que se desarrollan por acción de electrólitos sobre el metal. Los procesos electrolíticos corresponden a una reacción de oxidación-reducción, en la que el metal sufre un proceso de oxidación y se destruye (se disuelve). Al mismo tiempo el hidrógeno presente en la solución acuosa se reduce y se desprende oxígeno elemental de la disolución el cual corroe adicionalmente el metal. Las aguas naturales que contienen sales, el aire húmedo, las soluciones ácidas, de álcalis o salinas son los electrólitos más comunes con los que entran en contacto los metales en la práctica. La Figura No.2 muestra la corrosión grave de una viga principal de acero de un puente cantonal de nuestro país. Es importante notar que la corrosión genera una pérdida de sección del elemento de acero y por ende una pérdida de su capacidad a tensión, compresión y/o flexión.

**Figura 2**

Corrosión grave de una viga de acero. Puente San Francisco, Cantón de Montes de Oro, Puntarenas.



## Tabla 1

Grados de preparación de la superficie según la norma americana SSPC y la ISO 8501.

### Técnicas para limpieza de las superficies de acero

El primer paso para asegurarse que el sistema de protección realice su función de proteger el acero contra la corrosión es preparar adecuadamente la superficie para la aplicación de la primera capa de protección. Para ello es necesario asegurarse de que la superficie se encuentra libre de óxido y otros contaminantes que puedan perjudicar el funcionamiento del sistema de pintura.

Entre las técnicas de limpieza de superficies de acero están: la limpieza manual o eléctrica con cepillo de acero, la limpieza con lijadoras eléctricas, la limpieza mediante la remoción química del óxido y otros contaminantes con ácido clorhídrico (decapado) y la limpieza de la superficie mediante el impacto de un chorro a presión de arena seca (dry sandblasting) o arena húmeda (wet sandblasting).

### Grados de limpieza de las superficies de acero

El grado de limpieza superficial requerido para una superficie dependerá del sistema de pintura a utilizar y del grado de daño existente. No obstante, la estandarización de los tipos de acabado superficial es conveniente para poder definir objetivamente que tipo de acabado se debe dar a la superficie.

Las dos normativas más importantes donde se definen los grados de preparación de superficies de acero son: Steel Structures Painting Council (SSPC) de los Estados Unidos y la norma sueca SIS 055900 SWEDISH. Esta última es bastante reconocida y por tanto se convirtió en una reglamentación internacional por medio de la norma ISO-8501-1:1988. En la Tabla No.1 se muestra la descripción de los grados de limpieza más utilizados según la norma SSPC y su equivalente según la norma ISO 8501. Favor notar que el MOPT utiliza la norma americana.

Grado de preparación según la SSPC	Descripción	Grado equivalente con la norma ISO-8501
SP-1	<b>Limpieza con solventes.</b> Eliminación de aceite, grasa, suciedad, tierra, sales, compuestos de dibujo y corte y otros contaminantes de las superficies de acero mediante el uso de solventes o métodos similares que implican una acción disolvente o de limpieza.	No existe
SP-2	<b>Limpieza con herramientas manuales.</b> Eliminación de todas las incrustaciones de óxido, cascarillas de laminación, herrumbre suelta y pintura suelta.	St2
SP-3	<b>Limpieza con herramientas eléctricas.</b> Eliminación de todas las incrustaciones de óxido, cascarillas de laminación, pintura suelta, óxido suelto.	St3
SP-5	<b>Limpieza con chorro a presión de material abrasivo hasta alcanzar "metal blanco".</b> Eliminación de todas las cascarillas de laminación, herrumbre, óxido, pintura o materias extrañas mediante el uso de abrasivos. Metal Blanco se define como una superficie con un color blanco grisáceo, ligeramente rugosa para formar un patrón de anclaje adecuado para el revestimiento.	Sa3
SP-6	<b>Limpieza comercial con chorro a presión de material abrasivo.</b> Eliminación de las escamas de laminación, herrumbre, óxido, pintura o materias extrañas mediante el uso de abrasivos a excepción de ligeras sombras, rayas o decoloración causada por la manchas de óxido, cascarilla o residuos ligeros de la pintura o recubrimiento que pueden permanecer si la superficie está picada.	Sa2
SP-7	<b>Limpieza superficial con chorro a presión de material abrasivo.</b> Eliminación de las cascarillas sueltas de laminación, óxido suelto y la pintura suelta (en la medida que en adelante se especifica) por el impacto de abrasivos. No es la intención de que la superficie deba estar libre de todas las cascarillas de laminación, óxido y pintura. La cascarilla restante, óxido y pintura debe ser firme y la superficie debe ser desgastada lo suficiente para proporcionar una buena adhesión y vinculación de la pintura.	Sa1
SP-10	<b>Limpieza con chorro a presión hasta alcanzar casi "metal blanco".</b> Eliminación de casi todas las escamas de laminación, óxido, incrustaciones de óxido, pintura o materias extrañas mediante el uso de abrasivos. Al menos el 95 por ciento de cada pulgada cuadrada de superficie debe estar libre de todo residuo visible y el resto se limita a la decoloración antes mencionada.	Sa2-1/2

### ¿Qué es un sistema de pintura?

Los sistemas de pintura consisten en la aplicación de varias capas de protección con materiales y espesores determinados sobre una superficie de metal. Cada capa cumple una función que brinda protección contra la corrosión. Esto permite dar una protección integral a la superficie de metal, logrando prevenir la corrosión mediante varios mecanismos complementarios.

La correcta implementación de un sistema de pintura puede extender la vida útil y reducir los costos de mantenimiento de un puente de acero. Sin embargo, no cualquier sistema de pintura debe ser usado, su selección depende principalmente de las características del entorno que rodea al elemento de acero.

Los sistemas de pintura comúnmente consisten de tres capas como se explica en la Tabla No.2.

### Preparación de superficies de acero y sistemas de pinturas recomendados por el MOPT / CONAVI

La dirección de puentes del MOPT se rige bajo la normativa americana en lo que respecta a preparación de superficies y sistemas de pintura para protección de elementos de acero. Ellos recomiendan las siguientes técnicas y grado de limpieza para superficies de acero en puentes existentes [5]:

Capas de Pintura	Descripción
Capa Base	Es conocida como <i>primer</i> , esta capa puede funcionar como inhibidora de la corrosión o bien brindar protección de sacrificio. La inhibición de la corrosión se realiza por medio de los pigmentos de la pintura que brindan protección por medios químicos o mecánicos. La protección por sacrificio se realiza cuando el elemento de la capa base se comporta como un ánodo en presencia del metal a proteger, lo cual es conocido como protección catódica. Se utiliza generalmente un material a base de zinc para esta función.
Capa intermedia	Esta capa se utiliza normalmente como material inhibidor de la corrosión, con lo cual se brinda una protección adicional a la capa base. Se utiliza en conjunto con capas base que brinden protección catódica, con lo cual se deja la oxidación del ánodo de sacrificio como la última opción de protección en caso de que los otros mecanismos fallen.
Capa final	Brinda el acabado final de la superficie y sirve como una protección de barrera hacia las otras capas, y por ende hacia la superficie de metal.

1. Limpieza con solventes (Acabado SP-1) del aceite, grasa, polvo, tierra, óxido, y capas sueltas de pintura existente sobre todas las superficies de acero.

2. Lavado con agua y vapor para limpiar solventes o materiales residuales.

3. Limpieza a presión con chorro (Acabado SP-6) mediante el uso de materiales abrasivos como arena seca, granalla, cascajo mineral o de acero y perdigones de acero.

4. Se permite la limpieza con herramientas manuales (Acabado SP-2) tales como cepillo con cerdas de alambre, de fibra, lija, fibra metálica, cinceles etc., para áreas de difícil acceso o de dimensiones muy estrechas. Se debe verificar que al usar herramientas no se han depositado restos de aceite o grasa en la superficie y de ser así éstos deberán ser removidos mediante el método SP-1.

El MOPT recomienda dos sistemas de pintura para clima intermedio: (a) un sistema para elementos nuevos o elementos existentes que exhiben deterioro de la pintura y corrosión y (b) un sistema de mantenimiento para elementos existentes que no exhiben problemas. Estos sistemas se describen en la Tabla No.

3. Se recomienda que las capas sucesivas de pintura sean de diferente color para contrastar con las superficies pintadas y sugieren que la 3° capa sea de color plateada o aluminio. Adicionalmente, se especifica que todas las pinturas deben cumplir con la especificación SSPC del Consejo para Pinturas de Estructuras de Acero (Steel Structures Painting Council) y las especificaciones militares americanas DOD.

Capas de Pintura	Sistema de pintura para elementos nuevos y elementos existentes que exhiben deterioro de pintura y corrosión	Sistema de pintura en caso que los elementos existentes no exhiben deterioro de pintura y/o corrosión
1º Capa	Zinc orgánico con espesor mínimo de 75 micrones ( 3 mils)	Pintura de aceite-alkídica con espesor mínimo de 50 micrones ( 2 mils)
2º Mano	Pintura epóxica con espesor mínimo de 50 micrones ( 2 mils), o imprimante vinílico lavable con espesor de 8-13 micrones (0.3-0.5 mils).	Pintura de aceite-alkídica con espesor mínimo de 50 micrones ( 2 mils)
3º Mano	Pintura epóxica, vinílica o de uretano con espesor mínimo de 50 micrones (2 mils).	Pintura de aceite-alkídica con espesor mínimo de 50 micrones ( 2 mils)

## Tabla 2

Descripción general de un sistema de pintura de tres capas.

## Tabla 3

Sistemas de pintura recomendado por el MOPT/CONAVI para clima intermedio [5].

## Sistemas de pintura recomendados en el CR-2010

El Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2010[4] establece los sistemas de pintura que se deben utilizar en estructuras de hierro y acero estructural. Se especifica que para superficies nuevas o superficies a las que se les ha removido toda la pintura existente se

debe utilizar un sistema de pintura de los indicados en la Figura 3. Por otra parte, para estructuras con pintura existente en buen estado se debe utilizar uno de los sistemas de pintura especificados en la Figura 4. Adicionalmente se debe asegurar que el sistema a utilizar sea compatible con la pintura existente para lo cual se recomienda hacer ensayos de compatibilidad.

Capa	Sistema de pintura <sup>(1)</sup>				
	1	2	3	4	5
	Ambientes agresivos (Sal)	Ambientes agresivos (Sal)	Ambientes agresivos (Sal)	Ambientes menos agresivos (Sin sal)	Ambientes menos agresivos (Sin sal)
<b>Base</b>	Zinc inorgánico tipo I 75-100 µm seco	Zinc inorgánico 75-100 µm seco	Uretano curado húmedo 50-75 µm seco	Látex acrílico 50-75 µm seco	Alcalino VOC bajo 50-75 µm aeco
<b>Intermedia</b>	Epóxico 75-100 µm seco	Epóxico 75-100 µm seco	Uretano curado húmedo 50-75 µm seco	Látex acrílico 50-75 µm seco	Alcalino VOC bajo 50-75 µm aeco
<b>Superior</b>	Uretano alifático 50-75 µm seco	Uretano alifático 50-75 µm seco	Uretano curado húmedo 50-75 µm seco	Látex acrílico 50-75 µm seco	Alcalino VOC bajo 50-75 µm aeco
<b>Espesor total</b>	200-275 µm seco	200-275 µm seco	150-225 µm seco	150-225 µm seco	150-225 µm seco

(1) Los sistemas 1, 2 o 3 son para protección a la corrosión de hierro o acero en ambientes propensos a la corrosión como ambientes marinos, industriales o de alta humedad. Sistemas 4 o 5 son para los ambientes libres de altas concentraciones de sales o contaminantes causantes de ambientes de alta corrosión.

### Figura 3

Sistemas de pintura recomendados para superficies nuevas o con toda la pintura existente removida según el CR-2010

Capa	Sistema de pintura <sup>(1)</sup>		
	6	7	8
	Ambientes agresivos (Sal)	Ambientes menos agresivos (Sin sal)	Ambientes menos agresivos (Sin sal)
<b>Base</b>	Uretano curado-húmedo 50-75 µm seco	Alcalino VOC bajo 50-75 µm seco	Sellador epóxico de baja viscosidad 25-50µm seco
<b>Intermedia</b>	Uretano curado-húmedo 50-75 µm seco	Alcalino VOC bajo 50-75 µm seco	Epóxico 75-100 µm seco
<b>Superior</b>	Uretano curado-húmedo ó uretano alifático 50-75 µm seco	Silicón-alkalino VOC bajo 50-75 µm seco	Uretano alifático 50-75 µm seco
<b>Espesor total</b>	150-225 µm seco	150-225 µm seco	50-225 µm seco

(1) El sistema 6 es para protección del hierro y acero en ambientes corrosivos agresivos como los siguientes marino, industrial, de alta humedad y estructuras expuestas a sales. Los sistemas 7 y 8 son para el uso en aquellos entornos libres de altas concentraciones de sales o de contaminantes que originan los ambientes de corrosión agresivos.

(2) Superficies con pintura existente en buen estado. Se deben lavar todas las superficies que van a ser pintadas con agua a presión para remover la suciedad, herrumbre suelta y contaminantes tales como cloruros. Se debe mantener la presión del agua de lavado en por lo menos 3,5 MPa. Se debe recoger toda el agua de lavado y los desechos removidos de acuerdo con las regulaciones apropiadas.

### Figura 4

Sistemas de pintura a utilizar para superficies con pintura existente en buen estado según el CR-2010

## Conclusiones

Los trabajos de inspección y evaluación de puentes que realiza el LanammeUCR a lo largo de rutas nacionales y cantonales han puesto en evidencia que tanto la Administración como las municipalidades no le están dando la debida importancia al mantenimiento de los elementos de acero de puentes.

En el caso de puentes nacionales se ha observado que el sistema de protección aplicado a elementos de acero ha excedido su vida útil, ya que se observa daño en la pintura y corrosión del acero. Esto implica que el costo de mantenimiento va a resultar mucho mayor al requerido si se hubiera realizado en su debido momento el respectivo mantenimiento preventivo.

En el caso de puentes municipales, es común encontrar puentes de acero donde

los elementos aparentan nunca haber recibido algún tipo de protección contra la corrosión. Es alarmante encontrar puentes de reciente construcción (un año) donde se continúa con la misma práctica. Esta práctica es inaceptable y por lo tanto no debe continuar.

Los ingenieros del MOPT/CONAVI y de las municipalidades tienen que hacer conciencia y darle la importancia que merece el trabajo de protección contra la corrosión de elementos de acero. Si el MOPT recomienda la construcción de puentes nuevos con vigas principales de acero, es de suma importancia que provea toda la información requerida para que las Municipalidades, por medio de una supervisión estricta, construyan puentes durables y de un alto estándar. Con ello se lograría reducir el costo del mantenimiento requerido durante la vida útil del puente.

## Agradecimiento

Se agradece la colaboración del Ing. Jose Francisco Garro y del estudiante de ingeniería Fauricio Valverde en la recopilación de información incluida en este artículo.

## Bibliografía:

1. Grupo de Estudio JICA et al (2007), Estudio de Desarrollo de Capacidad en la Planificación de la Rehabilitación, Mantenimiento y Administración de Puentes basado en 29 Puentes de la Red Vial Nacional en Costa Rica, MOPT
2. Contraloría General de la República (2010), Informe sobre los resultados del estudio relacionado con la gestión de administración de puentes del MOPT, División de Fiscalización Operativa y Evaluativa, Informe No. DFOE-OP-IF-12-2010, Gobierno de Costa Rica.
3. María Ramírez (2010), Curso de Puentes, Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Gobierno de Costa Rica
4. LANAMME (2010), Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2010, Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad de Costa Rica
5. CONAVI (2010), "Instalación De Rejilla Metálica Para Sustituir la Losa del Puente sobre El Rio Virilla en la Autopista General Cañas, Ruta Nacional No. 1", Contratación Directa No. 2010cd-000128-Odi00, Gobierno de Costa Rica

## Programa de Ingeniería de Infraestructura del Transporte (PITRA)

### Coordinador General:

Ing. Luis Guillermo Loría Salazar, MSc, Candidato a PhD,

### Unidades:

Unidad de Auditoría Técnica

Coordinadora: Ing. Jenny Chaverri, MScE.

Unidad de Investigación

Coordinador: Ing. Fabián Elizondo

Unidad de Evaluación de la Red Vial

Coordinador: Ing. Roy Barrantes

Unidad de Gestión Municipal

Coordinador: Ing. Marcos Rodríguez, MSc.

Unidad de Capacitación y Transferencia Tecnológica

Coordinador: Ing. Marcos Rodríguez, MSc.

Unidad de Desarrollo de Especificaciones Técnicas

Coordinador: Ing. Jorge Arturo Castro

Unidad de Puentes

Coordinador: Ing. Rolando Castillo, PhD.

Ing. Guillermo Santana, PhD.