

*Manifestaciones patológicas en la construcción*

**Aporte técnico al gerenciamiento de Puentes, en Ruta Provincial n° 39. Entre Ríos.  
Argentina**

*Technical contribution to the management of bridges, Provincial Road No 39 . Entre Rios. Argentina*

Schierloh, M. Inés(1); Sota, Jorge(1); Helene, Paulo(2)

(1) *Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concepción del Uruguay. Tel/Fax:  
(03442)425-541. Ing. Pereira 676, Concepción del Uruguay, E3264BTD. G.I.R.E.*

(2) *Universidad de São Paulo, USP. PhD Engenharia  
schierlm@frcu.utn.edu.ar*

**Resumen**

Actualmente tanto a nivel nacional como internacional existen distintos sistemas para el gerenciamiento de puentes. En general, dichos sistemas, están ordenados en bases de datos, organizadas de manera tal de sistematizar la información relevante de los puentes de una red, teniendo en cuenta las principales características funcionales y de seguridad de los mismos.

Además de datos catastrales, estos sistemas necesitan inspecciones técnicas competentes y diagnósticos correctos para lograr una eficiencia adecuada.

El objetivo central de este trabajo fue recabar los datos de inventario y relevamiento técnico, que pasaran a formar parte de la base de dato de los puentes, en este caso particular los de la Red Vial Provincial (RVP), los cuales son fundamentales para organizar y sistematizar la información y así obtener un orden de prioridades en relación a las inversiones de mantenimiento y reparación en un momento dado.

Se realizó el inventario de los puentes de la provincia y, según lo solicitado por la Dirección Provincial de Vialidad Zonal IX, se comenzó con el relevamiento de cinco de ellos ubicados todos sobre la ruta provincia nro. 39.

*Palabras-Clave: Gerenciamiento de puentes, Evaluación técnica de puentes.*

**Abstract**

Currently on national and international level have different systems for the management of bridges. In general, these systems are arranged in databases, organized so as to systematize the relevant information of the bridges in a network, taking into account the main functional characteristics and the security of the same.

Also cadastral data, these systems need competent technical inspections and the correct diagnostic for proper efficiency.

The main objective of this work was to collect inventory data and technical survey , which will become part of the database of the bridges , in this particular case the Provincial Road Network ( RVP ) , which are essential for organizing and systematize information and get an order of priorities for investment maintenance and repair in a given time.

Was made the inventory of bridges in the province and, as requested by the Provincial Department of Roads Zonal IX, it began with a survey of five of them located all over the province route nr. 39 .

*Keywords: Bridge Management, Technical evaluation of bridges.*

## 1 Introducción

Las causas del deterioro de los puentes son variadas y normalmente se las encuentra en los ambientes hostiles, acciones de los cursos de agua, defectos constructivos y de los materiales, etc.

El problema principal, sin embargo radica en que algunos defectos y anomalías que son advertidos a simple vista, pero hay otros que se manifiestan de manera oculta, como es el caso de la corrosión.

Este mal que afecta a las estructuras en general y a los puentes en particular, se puede comparar con una enfermedad letal en los seres humanos, “el cáncer”. Avanza y va afectando las barras de acero por dentro, pero salvo raras excepciones, es difícil verlo y cuantificarlo.

Estos síntomas o “enfermedades”, determinan la posibilidad de que los mismos puedan colapsar en forma previsible o de manera brusca e imprevista.

Debido a ello, los organismos viales, tanto nacionales como provinciales, están poniendo en marcha medidas o “protocolos”, a fin de inspeccionar periódicamente los puentes, lo que conlleve a un diagnóstico de las “enfermedades” que les interesan e implementar una serie de mantenimientos preventivos que prolonguen su vida útil y eviten su colapso repentino.

Este aporte a dicho protocolo, se basa en diversas experiencias internacionales [1-5] y en las propias; consta de los siguientes elementos:

## 2 Historial

Uno de los problemas más frecuentes que se presentan en los organismos viales del país, al comenzar la inspección de un puente, es la falta de datos y antecedentes, o su dispersión interna administrativa en el mismo organismo. Lo recomendable sería concentrar y tener un archivo único de cada puente construido en la jurisdicción.

El “historial”, debe contar con los siguientes elementos:

- Legajos técnicos del puente (pliegos generales, particulares y técnicos) con los cuales se lo construyó.

Donde se reúne todo el proceso de inspección por parte del organismo vial y la empresa constructora (Actas de inicio y recepción de la obra, órdenes de servicio y de pedido, fotografías y videos de su construcción, etc).

- Las planillas e informes técnicos de las inspecciones rutinarias, principales o especiales, realizadas en el puente posterior a su habilitación, acompañado de fotografías, videos, resultados de laboratorio, etc.

- Los proyectos de mantenimiento y reparación, y los trabajos realizados en los mismos.

Todo este material, constituirá el “historial” del puente, desde la fase de proyecto hasta el presente.

El “Historial” deberá materializarse a través de dos caminos:

1-Un software que contenga todos los datos antes mencionados y agilice al “Inspector de Puentes”, el acceso a todos ellos y la posibilidad de actualizarlo periódicamente con nuevas inspecciones y/o tareas de reparaciones de los mismos.

2-Físicamente, estos datos deberían estar agrupados y clasificados en los “archivos” de la repartición vial que corresponda del país en versión “papel y tinta”.

### 3 Inspecciones

Las Inspecciones a realizar en un puente son tres a saber:

1-Inspecciones Rutinarias: Esta Inspección debe realizarse, una vez por año.

2-Inspecciones Principales: Esta Inspección se realizará, una vez cada cinco años como máximo, pudiendo adelantarse la misma, según lo indique el “Índice de daños Global” de la estructura.

3-Inspecciones Especiales: Esta Inspección debe realizarse, cuando los índices de daños Particulares o globales así lo indiquen

### 4 Índice de daño

La Inspección Rutinaria, debe determinar un “índice de daños particular”, para cada elemento del puente y un “Índice de daños global”, que estipulará la necesidad o no de adelantar la Inspección Principal establecida cronológicamente, la cual debería realizarse cada cinco años como máximo.

#### Índice de daños Particular:

El “índice de daños particular”, se determina para cada elemento constitutivo del puente, tanto de la superestructura como de la infraestructura.

Este Índice puede ser definido por la Tabla 1 y se basa en el pliego de la Comunidad de Madrid (España) [1].

Al finalizar cada Inspección, se debe realizar un proyecto de reparación y mantenimiento, si así lo ameritan los Índices de daño de la estructura.

Tabla 1 – Índice de daño particular de una Inspección Rutinaria o Principal [1]

INDICE	SITUACION
1	Defectos “a priori”, sin consecuencia importante
2	Defectos que indican que la estructura pudiera correr el riesgo de tener una evolución patológica
3	Defectos que indican el comienzo de una evolución patológica
4	Defectos que indican que se está produciendo una evolución patológica
5	Defectos que se pueden traducir en una modificación del comportamiento de la estructura o parte de ella
6	Defectos que se traducen en la proximidad del estado límite de servicio de toda la estructura o parte de ella, necesitando una restricción en el uso, o su puesta fuera de servicio

La Tabla 2, detalla la valoración del Índice de daño particular, en función de las patologías totales o parciales que presenta cada elemento estructural del puente y fue realizado basándonos en los trabajos realizados [6,7].

Tabla 2 – Detalle del Índice de daño particular de una Inspección Rutinaria o Principal

INDICE	BASE	ESTRIBOS Y PILAS	VIGAS PRINCIPALES	TABLERO	BARANDAS
1	Sin inconvenientes	Sin inconvenientes	Sin inconvenientes	Sin inconvenientes	Sin inconvenientes
2	Probabilidad de socavación	fisuras menores, oquedades, armadura expuesta	Fisuras menores, oquedades, armadura expuesta	fisuras menores, oquedades, lixiviación, armadura expuesta	Probabilidad de problemas en la seguridad al usuario (impactos menores y/o probabilidad de inicio evoluciones patológicas de los materiales de las barandas)
3	Pequeña socavación y/o giros, desplomes o asentos	Grietas, descascaramiento, carbonatación, indicios de comienzo de corrosión y/o pequeños giros o desplomes	Fisuras medianas, descascaramiento, carbonatación moderada, indicios de comienzo de corrosión	Fisuras medianas, descascaramiento, carbonatación moderada, Lixiviación, indicios de comienzo de corrosión	Indicios de problemas en la seguridad al usuario por impactos y/o comienzo de problemas de patologías en los materiales de las barandas
4	Hay socavación y/o giros, desplomes o asentos medianos	Pueden presentarse rajaduras en el concreto o fatigas en el acero, corrosión evidente y/o giros o desplomes medianos.	Fisuras importantes carbonatación avanzada, fatigas en el acero, corrosión evidente, pérdida de sección en acero	Hay posibilidad de fracturas locales, pueden presentarse rajaduras en el concreto o fatigas en el acero, corrosión evidente con pérdida de sección	Problemas de seguridad al usuario por impactos importantes y/o por problemas de Patologías de los materiales de las barandas levemente afectadas
5	Hay asentamientos y/o giros, desplomes o socavaciones importantes	Avanzado estado de la corrosión en las armaduras principales, y/o la socavación compromete el apoyo que debe dar con giros o desplomes importantes.	Fisuras de corte y flexión muy importantes en el concreto, avanzado estado de la corrosión en las armaduras principales con pérdida de sección importante	Grietas de fatiga en el concreto, avanzado estado de la corrosión en las armaduras principales con pérdida de sección importante	Grandes problemas de seguridad al usuario (estructura afectada por impactos importantes, patologías de los materiales de las barandas muy afectadas)
6	Hay grandes asentamientos y/o giros y socavaciones que afectan la estabilidad de la estructura	Problemas patológicos gravísimos en los materiales constitutivos y/o desplazamientos horizontales o verticales que afectan la estabilidad de la estructura asentamientos y giros importantes de las bases, pilas y estribos	Grietas de corte y flexión con gran deterioro o pérdida de sección en el hormigón y el acero, que comprometen la estabilidad de la estructura	Gran deterioro con pérdida de sección en el hormigón y el acero, que comprometen la estabilidad de la estructura	No hay seguridad al usuario (Todo o parte de las mismas han sido eliminadas por impactos y/o por problemas patológicos de los materiales de de las barandas))

### Índice de daños Global:

El “índice de daño global”, basado en las propuestas de autores europeos [2,8], y modificadas según las propias experiencias, se ha propuesto determinarlo de la siguiente manera:

1. Descomponer la calificación general en un conjunto de calificaciones parciales, correspondientes a elementos estructurales o de equipamiento claramente diferenciados.
2. Atribuir un peso a cada uno de los grupos anteriores, en función de la importancia (nula, reducida, media o alta) que tenga esa valoración. Esa atribución es también, en última instancia, subjetiva, pero resulta discriminante y positiva, según nuestra experiencia. Los pesos propuestos son los que se muestran en la Tabla 3. Como puede apreciarse, el peso va creciendo de manera potencial a medida que crece la importancia de los elementos y la posible velocidad de propagación de las patologías probables de cada elemento de la estructura.

Tabla 3 – Pesos imputables a la calificación de los elementos inspeccionados en función de su importancia.

IMPORTANCIA	PESO	ELEMENTOS
Nula	1	Apoyo de vigas
Reducida	1	Barandas
Media	5	Cimentaciones, Pilas y estribos
Alta	15	Vigas principales y tablero

Efectuar una calificación ponderada final de la estructura, de forma que el índice global de gravedad viene dado por la Ec (1).

$$\text{Índice global} = \frac{\sum w_i \times I_{\text{parcial}}}{\sum w_i} \quad (1)$$

Donde  $w_i$  es el peso que depende de la importancia del elemento Tabla 3 e  $I_{\text{parcial}}$  es el índice parcial correspondiente a cada conjunto de elementos considerado.

El índice de daño global, nos determina el tiempo que debe transcurrir hasta realizar la próxima Inspección Principal o detallada.

Este tiempo, según se pudo observar, es inversamente proporcional al “índice de daño global” de la estructura.

Para Índices de daño entre 5 o 6, la Inspección Principal debe ser inmediata. Esto se debe a la proximidad del estado límite del puente, su posible colapso y la necesidad de realizar un estudio profundo y pormenorizado que conlleve a un proyecto urgente de reparación y mantenimiento del puente.

Para Índices de daño entre 3 o 4, la inspección principal debe realizarse al cabo de 3 años. Esto se debe a que los problemas que presenta el puente, indican que ha comenzado una evolución patológica y es necesario controlar esa evolución con un estudio más profundo en un lapso de tiempo acotado, a fin de verificar los efectos de la reparación y mantenimiento programados del puente.

Para índices de 1 o 2, la Inspección Principal debe realizarse a los 5 años. Dado que los problemas que presenta el puente, son menores o de una relevancia poco importante como para realizar un estudio más profundo.

Como corolario, se puede decir que el tiempo para realizar una próxima Inspección Detallada, lo determina el menor tiempo que establezca cada Inspección Rutinaria que se realice.

## 5 Patologías del hormigón armado

Las patologías del hormigón armado, se estudian en todos los elementos constitutivos de la superestructura y de la infraestructura (exceptuando las bases, salvo que parte de las mismas estén expuestas).

El hormigón armado, está constituido por dos materiales, el hormigón y el acero.

El hormigón, compuesto a su vez por cemento, agregados, agua y/o aditivos, tiene dos funciones principales:

1-Resistencia mecánica

2-Protección de las armaduras de acero

La resistencia mecánica, puede ser afectada por patologías como carbonatación, reacción álcali agregados, etc.

La protección del acero (despasivación), puede verse afectada por patologías como carbonatación, fisuras, lixiviación, oquedades, etc.

### Evaluación del hormigón

Los posibles ensayos a realizar sobre el hormigón son:

- a) Detección de la delaminación del recubrimiento del hormigón
- b) Resistividad
- c) Ultrasonido
- d) Esclerometría
- e) Profundidad de carbonatación
- f) Concentración de cloruros
- g) Resistencia a la compresión
- h) Porosidad
- i) Fisuración
- j) Reacción álcali-agregados

### Evaluación de las armaduras de acero

Se realizan los siguientes ensayos:

- a) Localización de la armadura y espesor de recubrimiento
- b) Pérdida de diámetro

c) Medición de potenciales

d) Medición de la velocidad de corrosión.

## 6 Otras patologías a estudiar en los elementos del puente

### Cimentación

Es el elemento más difícil de inspeccionar, porque generalmente está enterrado o bajo agua.

Además de las patologías del hormigón y el acero (de difícil instrumentación en este elemento, excepto que este expuesto), se deberán estudiar y analizar:

- Asientos de la cimentación
- Giros
- Desplomes
- Riesgo de socavación

Los asientos, giros o posibles desplomes, se verifican con elementos de topografía y las mediciones deben ser comparativas de las realizadas en años anteriores, para verificar su evolución.

La socavación, es generada por el pasaje fluido del agua de ríos o arroyos, tanto en el tránsito diario y permanente del mismo, como en las encoradas que son de gran peligrosidad.

Para verificar el riesgo de socavación general o local, se deberá realizar incluso inspecciones subacuáticas.

Dado que la socavación, es una de las causas más importante en la "mortandad" de puentes, es importante prestarles toda la atención posible.

### Pilas y Estribos

Se deben estudiar:

- Giros
- Desplomes
- Protección de los terraplenes de los estribos

Los asientos giros o posibles desplomes, se verifican con elementos de topografía y las mediciones deben ser comparativas de las realizadas en años anteriores, para verificar su evolución.

La protección de los terraplenes de los estribos es muy importante, ya que su afectación puede provocar socavaciones de los ríos o arroyos, afectando a veces, la estructura portante de la carretera, en las cabeceras de los puentes.

### Vigas principales

En el caso de las vigas principales, se deben estudiar:

- Los apoyos

Los aparatos de apoyo, surgieron de la necesidad de transferir, controlada y eficazmente, la carga de la superestructura a los elementos que la soportan.

Los apoyos, se encuentran en lugares de difícil acceso al inspector, por lo que debe de estar muy atento a fin de diagnosticar posibles daños que conlleven a descensos y su incidencia estructural.

Los apoyos metálicos pueden volverse inoperativos debido a la corrosión, acumulación de escombros, perdidas de seguros, roturas de soldaduras, etc.

Los apoyos elastoméricos, se dañan por excesivo abollamiento, rompimiento, desgarramiento, corte, etc.

### **Tableros**

Se deben estudiar:

- Estado de los drenajes laterales
- Estado de las juntas

Drenajes tapados, provocan agua estancada en la superficie del puente, lo que puede provocar planeo en los vehículos, infiltración en la carpeta de concreto asfáltico si la hubiera, etc.

La función primaria de las juntas, es acomodar la expansión y contracción de la superestructura del puente y permitir un pasaje vehicular suave, sin golpeteos.

Los daños, son provocados por impacto vehicular, temperaturas extremas o acumulación de tierras o escombros.

Por ello, los responsables de mantenimiento y conservación de juntas, saben al igual que los usuarios, que las juntas son elementos de rápido deterioro y de incomodidad en la rodadura. De allí, la importancia de su inspección periódica y de su mantenimiento.

### **Barandas**

Las barandas, pueden ser de materiales diversos como Hormigón Armado, acero, mampostería, etc.

Su importancia radica, en la necesidad de brindar seguridad al usuario.

Por ello, además de estudiar las patologías de los materiales que la componen, se deben estudiar problemas de:

- Impacto

Los impactos, pueden provocar abolladuras en las barandas, roturas en los anclajes, o en el peor de los casos el faltante de tramos enteros de baranda, provocando que la seguridad a los usuarios deje de existir.

### **7 Índice de daños**

La inspección principal o detallada, también debe culminar con un “índice de daños”, tanto global, como particular (por elementos constitutivos del puente).

La diferencia radica, en que los Índices de daño de una Inspección Principal, son más precisos que los determinados en la Inspección Rutinaria, ya que los estudios realizados son mucho más profundos y por ende, mejor cuantificados.

El índice de daños global, activa o no que la próxima inspección principal se realice dentro de cinco años o antes de ese lapso de tiempo.

## 8 Inspecciones Especiales

Las inspecciones especiales, se deben realizar cuando sucedan los siguientes eventos:

1-Cuando el “Índice de daños particular” de algún elemento, dé valores mayores a cinco, se deberá realizar una Inspección Especial en esos elementos del puente.

2-Cuando el “Índice de daños Global” sea mayor a 5, se deberá realizar una Inspección Especial en toda la estructura del puente, ya que ese Índice solo se logra si la mayoría de los elementos están seriamente afectados.

3-Cuando un evento extraordinario (accidente vehicular, socavación, etc) o cuando la evidencia de un daño puntual lo indique, se deberá realizar una Inspección Especial al efecto.

Esta Inspección, puede ser realizada sobre un elemento del puente en particular, sobre varios, o sobre la estructura en su conjunto, dependiendo de la gravedad del daño.

Puede ser realizada siguiendo el protocolo de la inspección rutinaria, principal o profundizar aún más con pruebas y ensayos más exhaustivos y expertos en el problema en cuestión.

## 9 Proyecto de Reparación y Refuerzo

De los análisis y conclusiones de las tareas de inspección Rutinarias, Principales o Especiales, puede surgir la necesidad de realizar tareas de mantenimiento, reparación o refuerzo del puente.

Para ello, se deberá realizar un proyecto de reparación y refuerzo.

El proyecto, lo debe efectuar personal especializado teniendo en cuenta varios factores como ser:

- Necesidad o no de mantener el flujo de tránsito mientras se realizan las tareas necesarias.
- Necesidad o no de respetar el patrimonio arquitectónico del puente
- Conveniencia económica de repararlo o demolerlo y construir uno nuevo.

Luego de un proceso de reparación y refuerzo, posiblemente el índice de gravedad tanto global como particular cambie. Por lo tanto deberán recalcularse estos índices determinados en la última inspección realizada y redefinir o no los plazos para realizar la próxima Inspección detallada.

## 10 Algunas Observaciones



Fig 1- Losa de puente afectada por reacción álcali-agregado (izq.). Vista de la lixiviación, en la cara inferior del tablero del puente (der.).



Fig 2- Armadura expuestas y con procesos corrosivos en viga sobre estribos (izq.). Y en parte inferior de losa de tablero (der.).

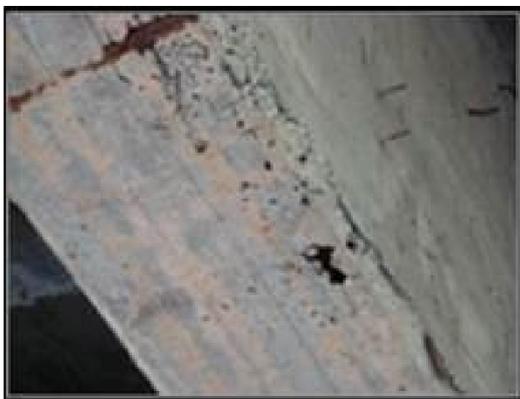


Fig 3- Vista de oquedades superficiales por deficiencia en el detalle o posicionamiento de la armadura y barras de acero dejadas como separadores (izq.). Oquedad en la cara inferior de una viga principal donde se ve el hierro expuesto al medio ambiente (der.)



Fig 4- Vista inferior de tablero y vigas con armadura visiblemente afectados por procesos corrosivos.





Fig 5- Vista de la falta de mantenimiento y mala práctica de construcción en los desagües.



Fig 6- Vista inferior de columna en pila (sup.) y de tabique de pila (inf.), en las cuales se observa una importante remoción de pasta de cemento dejando a la vista no solo los áridos sino parte de los estribos.



Fig 7- Detalle del estado de las juntas entre losa de aproximación y tablero.



Fig 8- Vista de afectaciones en las barandas metálicas (izq.), del estado de la junta superior e inferior en tablero y de los dispositivos de apoyos (centro y der.).



Fig 9- Vista de estribo descalzado (izq.) y de la viga sobre el estribo (der.).



*Santiago de Chile 4 -6 de Junio de 2014*

## Referencias

- [1] Ministerio de Fomento, España. Guía para la realización de Inspecciones Principales de Obras de Paso en la Red de Carreteras del Estado. Madrid 2012.
- [2] Javier Leon Gonzalez, Reflexiones en torno a la inspección de puentes, FHECOR, Madrid 2006.
- [3] Dirección Provincial de Vialidad, Bs. As. Manual para Inspecciones Rutinarias de Puentes y Alcantarillas en Servicio. Bs. As. 2007.
- [4] Ministerio del Transporte del Perú. Guía para Inspección de Puentes. Lima 2006.
- [5] Ministerio de Obras Públicas y Transporte, Costa Rica. Manual de Inspección de Puentes. 2007.
- [6] Schierloh María Inés, Souchetti Roberto F. y Machado Patricio. Evaluación de las condiciones del hormigón armado en puentes carreteros de la red vial provincial en Entre Ríos. VIII Congreso Internacional sobre Patología y Recuperación de Estructuras. CINPAR 2012.
- [7] Schierloh M. I., Souchetti R., Machado P., Sota J., Zabalett A. Relevamiento de patologías en patrimonio construido puentes de la red vial de entre ríos. II WORKSHOP DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA EN EL AREA DE MATERIALES. Mar del Plata 2011.
- [8] BRIME. BRIdge Management in Europe. European Comisión DG VII. 4th Framework programme.