

EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LOS PUENTES DE ACERO DE LA RED VIAL DE COLOMBIA

Edgar Muñoz¹ y Edgar Valbuena²

Resumen: Este artículo pretende estudiar en detalle el estado y los daños típicos de los puentes en acero y en estructura mixta (acero y concreto) de la Red Vial Nacional de Colombia. El estudio está basado en la evaluación del inventario y las inspecciones realizadas por el Instituto Nacional de Vías (Invias) desde el año de 1996, a través del Sistema de Administración de Puentes de Colombia (Sipucol). El artículo se divide en dos (2) partes: en la primera se presenta una descripción de las diferentes tipologías de los puentes en acero basados en el módulo de inventario del Sipucol y en la segunda el estado y los daños típicos de los componentes principales. De los doscientos cuarenta y cuatro (244) puentes en acero que hacen parte de la Red Vial Nacional, se encontraron deficiencias estructurales, corrosión generalizada y parcial, infiltración, detallado no adecuado de las uniones, identificación de problemas de fatiga en uniones y regular calidad de las uniones soldadas. Este documento constituye una base para una futura y más completa investigación, con el objeto de avanzar en el tema de la inspección detallada y conservación de puentes de acero, estructuras vitales en la infraestructura vial.

Palabras Claves: Tipología de puentes, puentes de acero, daños típicos en puentes, inspección visual, corrosión y fatiga

EVALUATION OF THE CONDITION OF STEEL BRIDGES OF THE COLOMBIAN NATIONAL ROADWAY NETWORK

Abstract. This paper studies in detail the structural condition and typical damages in steel and composite (concrete plus steel) bridges of the National Roadway Network of Colombia. The study is based on the inventory and the inspections made since 1996, by the Colombian Government's Roads Institute (Invias) throughout the Colombian Bridge Management System (Sipucol). This paper is divided in two parts: the first one presents a brief description of the different types of steel bridges and composite structures based on the Sipucol inventory module and the second one presents the condition and typical damages of the main components. Of the 244 steel and composite structures bridges of the National Roadway Network, they present structural deficiencies, widespread and partial corrosion, infiltration, in appropriate union details, indication of fatigue problems in the unions and poor quality of welded unions. It is considered that this paper conserve of the basis for a further and more comprehensive investigation in order to advance the detailed inspection and conservation of steel bridges, structures that have a vital importance for the transportation infrastructure.

Keywords: Bridges of classification, steel bridges, typical damages in bridges, visual inspection, corrosion and fatigue

INTRODUCCIÓN

Son diversos los colapsos de puentes vehiculares y peatonales en Colombia; problema que debe ser objeto de reflexión y análisis por parte de la ingeniería nacional para evaluar las causas fundamentales y las correspondientes soluciones. Para esto se requiere avances en la investigación y el desarrollo tecnológico, especialmente en los temas de

¹ Profesor e investigador, M.S.c. Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana, Carrera 7 No. 40 – 62, Bogotá, Colombia. edgar.muñoz@javeriana.edu.co

² Joven investigador, I.C. Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana, Carrera 7 No. 40 – 62, Bogotá, Colombia. edgar.valbuena@javeriana.edu.co

inspección, auscultación profunda, instrumentación y capacidad de carga de puentes. Los efectos negativos desde el punto de vista económico, social y político que produce la caída de un puente son enormes y deben preocupar tanto a las entidades públicas y privadas (concesiones) responsables de la administración, como a los ingenieros que lo evalúan, diseñan y construyen. En el artículo preparado por Muñoz (2001), se encontró que el 14% de los puentes de la red vial nacional de Colombia fallaron por deficiencias estructurales, de acuerdo con la evaluación de una muestra estadística de sesenta y tres (63) casos de colapsos y que la mayoría correspondían a puentes en acero.

El artículo antes mencionado se basó en la información de diversos estudios contratados por el Instituto Nacional de Vías a la Universidad Nacional de Colombia (sede Bogotá y Medellín), para evaluar las causas de las fallas de algunos puentes metálicos (véase la Figura 1) y de concreto de la red Vial Nacional (Samana-1993, Los Angeles-1994, Heredia-1995, Pescadero-1996, Purnio-1996, Maizaro-1997, Recio-1998), detectando las siguientes deficiencias estructurales generales en los de acero:

- En los puentes de arco, los elementos principales no cumplen con relaciones ancho-espesor (pandeo local) y presentan esfuerzos actuantes mayores a los permitidos. Además presentan elementos de arco diseñados solamente a compresión y no revisados para efectos combinados de flexión biaxial más compresión.
- Para la evaluación de algunos de los puentes en arco, se realizaron modelos estructurales incompletos, que no contemplan todas las características mínimas para un adecuado análisis y diseño.
- Además se ha hecho en algunos una selección errónea de la longitud efectiva (K) para la evaluación del pandeo general de la parte inicial de los elementos de un arco.
- A los puentes de armadura de paso a través, no se les ha hecho una evaluación adecuada de la estabilidad lateral.
- Se observó deficiencia de análisis, diseño y fabricación de las uniones.
- Los estudios de actualización y rehabilitación de puentes de armaduras solamente incluyeron el refuerzo de los elementos principales (cordón superior, inferior, armaduras, etc), sin tener en cuenta la actualización estructural de las uniones (pernadas, soldadas, atornilladas, etc).
- En algunos casos no se ha considerado el estudio del fenómeno de la fatiga para el diseño y revisión, tanto de los elementos como de las uniones.
- Por la falta de mantenimiento preventivo y rutinario, se presentan fenómenos de corrosión que afectan la capacidad de la estructura metálica.
- Se hallaron soldaduras sin un adecuado diseño y con deficiencias desde la fabricación por falta de controles de calidad.



(a) Puente Los Angeles.



(b) Puente Pescadero.

Figura 1: Algunos puentes colapsados en acero.

Basado en lo anterior, es indispensable estudiar en detalle el estado y los daños típicos de los puentes en acero de la Red Vial Nacional; trabajo que se expone en el presente artículo, basados en la evaluación del inventario y las inspecciones realizadas por el Invias desde el año 1996 a través de Sipucol. Este sistema de administración está conformado por los módulos de Inventario (Invias y DCD, 1996), inspección principal (Invias y DCD, 1996a), inspección especial (Invias y DCD, 1996b), inspección rutinaria y capacidad de carga. El módulo de inspección principal consiste en una inspección visual para la evaluación de cada uno de los componentes del puente, donde se identifica el estado de la estructura, los tipos de daños y las reparaciones necesarias. La inspección especial se basa en auscultaciones profundas de la estructura que incluyen ensayos especializados de patología realizados en el campo y en laboratorio.

Este artículo consta de dos partes: en la primera se hace una descripción de las diferentes tipologías (basado en el módulo de inventario del Sipucol) y en la segunda se describen los daños típicos frecuentes (basado en el módulo de inspección principal de Sipucol) de los puentes en acero que hacen parte de la Red Vial Nacional. Ésto se considera como un trabajo inicial, que sirve de base para la investigación relacionada con la inspección y la conservación de este tipo de estructuras en acero.

INVENTARIO Y TIPOLOGÍA DE LOS PUENTES DE ACERO

La Red Vial Nacional de Colombia cuenta actualmente con aproximadamente 2100 puentes, de los cuales el 3% corresponden a superestructuras en acero y el 8% a superestructuras tipo mixtas (acero y concreto). En la Figura 2 se observa la distribución de estos puentes de acuerdo con el material, donde se aprecia que la mayor parte son en concreto reforzado (63%) y preesforzado (24%).

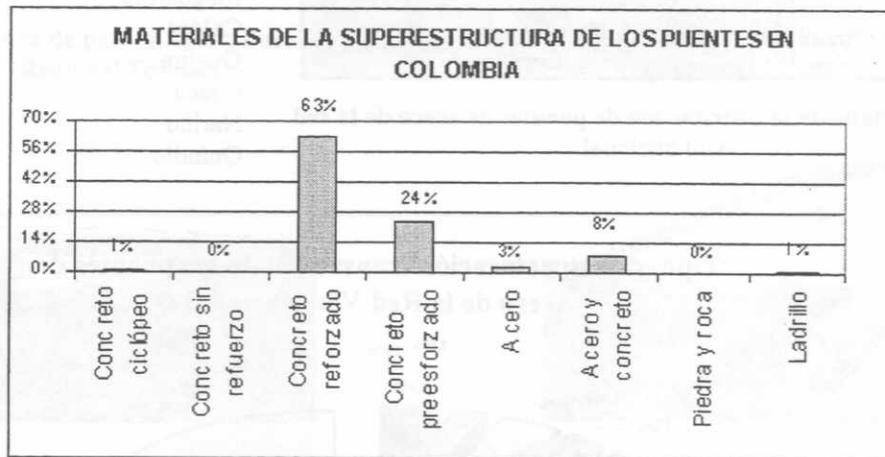


Figura 2: Distribución de los materiales principales de la superestructura (Muñoz, Valbuena, y Hernández, 2004)

A partir del año 1996 el INVIAS ha administrado un total de 222 puentes en acero y desde el 2001 un total de 245. En la Figura 3 se observa la distribución de los puentes en estructura metálica en Colombia, donde la mayoría están ubicados en las Regionales del Meta (9%) y Norte de Santander (8.6%). Véase en la Tabla 1 la distribución en detalle. Esta información es parte del sistema de información geográfica, el cual está implementando en Invias.

El módulo de inventario de Sipucol contiene tres aspectos fundamentales con los cuales se puede clasificar las superestructuras de los puentes: material, estructuración transversal y longitudinal. En la Figura 4 se aprecia la distribución de los puentes de acero clasificados de acuerdo con la estructuración transversal, donde los de armadura de paso inferior (16%), a través (18%) y de viga y losa de sección mixta (18%) son los que más hacen parte de la Red Vial Nacional. Con el objeto de ilustrar los diferentes tipos de estructuración transversal, se presentan fotos de cada tipo de estos puentes (véanse las Fotos de la 1 a la 12), localizados en las vías principales.

Con relación a la estructuración longitudinal se encontró que la mayoría de los puentes (61%) son simplemente apoyados con sección constante, y que el 8% son colgantes y el 3% atirantados (Véase la Tabla 2). En las Fotos 13 y 14 se presentan ejemplos de puentes de la Red Vial Nacional de un pórtico de sección variable (véase Foto 13) y otro atirantado (véase la Foto 14). En la Tabla 2 también se indica el tipo y número de juntas de expansión de los puentes de acero, donde hay especialmente juntas de placas de acero (10%), placas verticales con ángulos de acero (30%) y juntas dentadas (16%).



Figura 3: Mapa de la distribución de puentes de acero de la red vial nacional.

Tabla 1: Distribución de los puentes de acero de la red vial nacional.

Departamento	Puentes de Acero	%
Meta	22	9,0%
Norte de Santander	21	8,6%
Casanare	17	6,9%
Putumayo	17	6,9%
Risaralda	17	6,9%
Valle	17	6,9%
Boyacá	13	5,3%
Santander	13	5,3%
Antioquia	12	4,9%
Huila	12	4,9%
Caquetá	10	4,1%
Chocó	10	4,1%
Cesar	9	3,7%
Bolívar	8	3,3%
Córdoba	7	2,9%
Cundinamarca	7	2,9%
Tolima	7	2,9%
Magdalena	6	2,4%
Caldas	5	2,0%
Guajira	5	2,0%
Cauca	4	1,6%
Nariño	3	1,2%
Quindío	3	1,2%

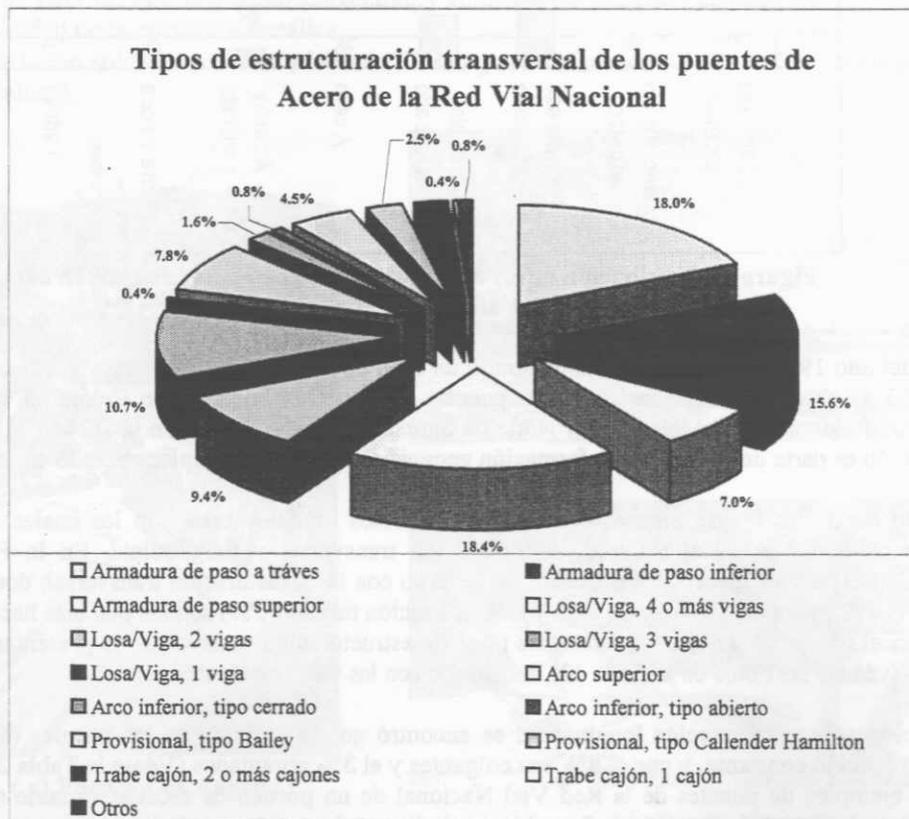


Figura 4: Tipo de estructuración transversal de los puentes de acero de la Red Vial Nacional.