

## ESTUDIO DE LAS CAUSAS DEL COLAPSO DE ALGUNOS PUENTES EN COLOMBIA

Edgar Eduardo Muñoz Díaz\*

**Resumen:** el presente artículo es una evaluación de las causas del colapso de los puentes en Colombia, basada en el estudio de sesenta y tres (63) casos reales de fallas registradas desde el año de 1986. Mediante el análisis de cada uno de los casos se identificaron las causas principales que han generado el colapso total o parcial de las estructuras de los puentes, haciendo una descripción y evaluación de cada una. Por último, se presentan algunas estadísticas que permiten entender mejor el problema y se proponen algunas recomendaciones para la solución del mismo.

**Abstract:** This article evaluates different bridge collapses; it is based on sixty three (63) real cases that have taken place in Colombia since 1986. First, this article makes an analysis of each case and identifies their main collapse causes. It also presents a general description and an evaluation of each one of these cases. Finally, it shows some statistics, that allow a better approach for the problem, as well as recommendations that are aimed to prevent future problems and also suggests actions in case problems occur.

### 1. INTRODUCCIÓN

Son diversos los casos de colapsos y fallas de puentes vehiculares y peatonales en Colombia; este problema debe ser objeto de reflexión y análisis por parte de la ingeniería nacional para determinar las causas y posibles soluciones. 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 responsables de la administración, como a los ingenieros que los diseñan y construyen.

Como una primera aproximación para la evaluación del problema, se elaboró un inventario de las estructuras que han colapsado en Colombia desde el año 1986 (la mayor parte de este inventario fue suministrada por el Grupo de Puentes del Instituto Nacional de Vías - Invías).

---

\* Ingeniero civil, magíster en ingeniería civil. Profesor asistente, Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana.

con sus respectivos antecedentes y causas. La Tabla 1 presenta los sesenta y tres (63) casos de estructuras caídas desde dicho año.

Los antecedentes y las causas de los colapsos de algunos de los puentes están consignados en estudios elaborados por universidades y empresas consultoras; sin embargo, de algunos no se tiene una investigación que precise mediante un análisis detallado las razones de la falla. Para estos últimos se hizo una evaluación aproximada de las causas de la falla con base en los antecedentes, en comentarios de los funcionarios que los administraron y en información divulgada públicamente.

Los puentes pueden caerse por diversas causas; de la muestra estadística de puentes colapsados que se registran en la Tabla 1 se identificaron siete causas principales que se presentan en la Tabla 2. De los sesenta y tres puentes estudiados, el 31% falló por atentados terroristas. La Figura 1 presenta la distribución de frecuencia de las causas de colapso de puentes por atentados terroristas y sin ellos. El 36% de los casos estudiados corresponde a puentes de acero que fallaron generalmente por deficiencias estructurales, mientras el 64% restante corresponde a puentes de concreto que colapsaron en su mayoría por socavación y atentados terroristas.

Tabla 1. Colombia. Inventario de puentes colapsados. 1986-2001

No.	Fecha del colapso	Nombre del puente	Causa del colapso	No.	Fecha del colapso	Nombre del puente	Causa del colapso
1	1986	Cobaría	Socavación	32	1997	La Granja	Atentados terroristas
2	04/05/1993	El Limón	Fallo catastrófico	33	1997	La Conguta	Atentados terroristas
3	03/10/1993	Samaná	Deficiencias estructurales	34	1997		Atentados terroristas
4	16/06/1905	El Secreto	Socavación	35	1997	Villartega	Atentados terroristas
5	26/05/1994	Guillermo León Valencia	Socavación	36	02/10/1997	Maizaro	Deficiencias construcción
6	27/05/1994	Barranca de Upía	Socavación	37	97	Matanzas	Fallo catastrófico
7	06/06/1994	Los Ángeles	Deficiencias estructurales	38	15/04/1998	Recio	Deficiencias estructurales
8	Jul. 94	Río Casanare	Socavación	39	04/10/1998	Apure	Sobrecarga e impacto
9	Jul. 94	Río Carare	Socavación	40	02/12/1998	Viao	Atentados terroristas
10	29/11/1994	Río Pató	Socavación	41	01/11/1999	La Gómez	Socavación
11	11/11/1994	San Luis	Socavación	42	12/04/1999	Tasido	Atentados terroristas
12	1995	Avirama	Fallo catastrófico	43	16/09/1999	Argelino Durán Quintero	Sobrecarga e impacto

Cont. Tabla 1.

No.	Fecha del colapso	Nombre del puente	Causa del colapso	No.	Fecha del colapso	Nombre del puente	Causa del colapso
13	1995	Itaibe	Fallo catastrófico	44	1999	Peatonal	Deficiencias estructurales
14	1995	Juntas	Fallo catastrófico	45	1999	Peatonal	Deficiencias construcción
15	1995	Naranjal	Fallo catastrófico	46	Abr. 00	El Caminito	Atentados terroristas
16	1995	Nolasco	Fallo catastrófico	47	Abr. 00	Costa Rica	Atentados terroristas
17	1995	Moras	Fallo catastrófico	48	21/03/2000	Cubugón	Atentados terroristas
18	1995	Cohentando	Fallo catastrófico	49	10/04/2000	La Honda	Atentados terroristas
19	1995	Ricaurte	Fallo catastrófico	50	20/05/2000	Pontón Cuchuca	Atentados terroristas
20	1995	Simbola	Fallo catastrófico	51	09/07/2000	Pontón	Atentados terroristas
21	1995	Capri	Fallo catastrófico	52	12/06/2000	Colorado	Atentados terroristas
22	1995	La Troja	Fallo catastrófico	53	15/09/2000	Pontón Tolima	Atentados terroristas
23	1995	El Guajiro	Socavación	54	10/02/2001	Río Negro	Atentados terroristas
24	1995	Itaibe	Fallo catastrófico	55	Ago. 2000	Pénjamo	Atentados terroristas
25	1995	Nolasco	Fallo catastrófico	56	2000	Tobia-Grande Puerto Salgar	Deficiencias construcción
26	20/06/1995	Heredia	Deficiencias estructurales	57	01/07/2000	Guaduas-Cabezas	Socavación
27	07/01/1996	Pescadero	Deficiencias estructurales	58	09-2000	Tobasía	Socavación
28	18/01/1996	Purnio	Falta de mantenimiento	59	Nov. 2000	Molino Viejo	Atentados terroristas
29	Ago. 96	Río Sevilla	Sobrecarga e impacto	60	2000	Únete	Socavación
30	Abr. 96	Sabandija	Socavación	61	Feb. 01	El Mango	Atentados terroristas
31	19/11/1996	Jorge Gaitán Durán	Socavación	62	Feb. 01	Paso a desnivel	Atentados terroristas
				63	Feb. 01	El Caminito	Atentados terroristas

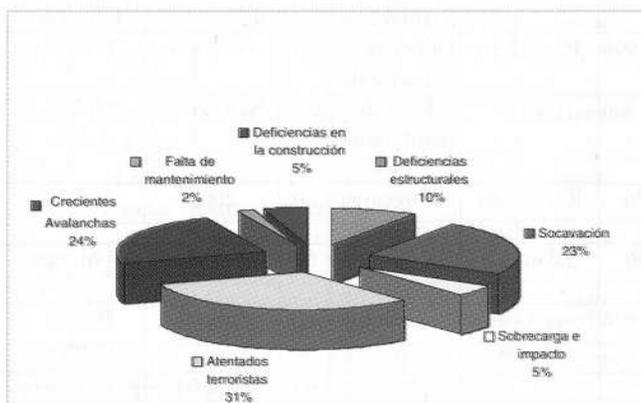
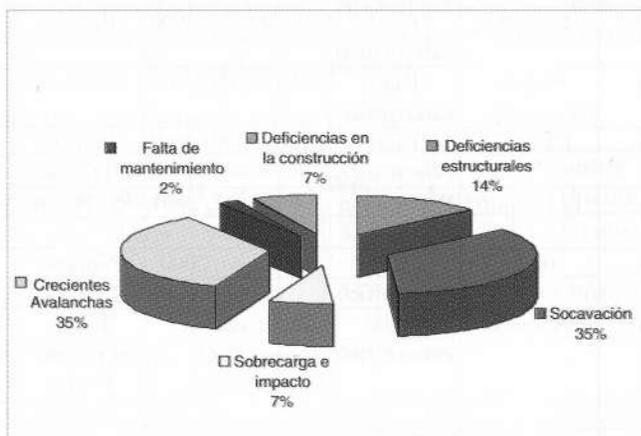
Fuente: [Universidad Nacional, 1997], [Universidad Nacional, 1998], [Universidad Nacional, 2000], [Sociedad Colombiana de Ingenieros, 1994] e información suministrada por el Invias.

Tabla 2. Causas principales de colapso de puentes en Colombia

Causa principal	Número de puentes	%
Deficiencia estructural y de diseño	6	10%
Socavación	15	24%
Sobrecarga e impacto	3	5%
Atentados terroristas	20	32%
Avalancha, creciente, etc.	15	24%
Falta de mantenimiento	1	2%
Deficiencias en la construcción e interventoría	3	5%
Total	63	

Fuente: Tabla 1.

Figura 1. Estadísticas de las causas de falla de puentes en Colombia



(a) Sin puentes colapsados por atentados terroristas

(b) Con puentes colapsados por atentados terroristas

## 2. CAUSAS DEL COLAPSO DE LOS PUENTES

### 2.1. DEFICIENCIAS ESTRUCTURALES Y DE DISEÑO

Al analizar los casos de colapsos se encuentra un porcentaje importante de fallas por deficiencias en el diseño estructural, sobre todo en puentes de estructura metálica (14% sin incluir los puentes colapsados por atentados terroristas). De los estudios elaborados por la Universidad Nacional de Colombia - sede Bogotá, contratados por el Inviás y otras entidades para determinar las causas de las fallas de algunos puentes metálicos y de concreto (Samaná, 1993; Los Ángeles, 1994; Heredia, 1995; Pescadero, 1996; Purnio, 1996; Maizaro, 1997; Recio, 1998), se pueden identificar las siguientes deficiencias estructurales típicas:

- En puentes de arco en acero, los elementos principales de arco no cumplen con relaciones ancho-espesor (pandeo local) y presentan esfuerzos actuantes mayores a los permitidos.
- Presentan elementos de arco diseñados solamente a compresión y no revisados para efectos combinados de flexión biaxial más compresión.
- Modelos estructurales incompletos, que no contemplan todas las características mínimas para un adecuado análisis y diseño. En el caso de puentes con arcos es importante un modelo tridimensional que tenga en cuenta la flexión fuera del plano, que puede ser del mismo orden de la flexión en el plano; muchos puentes de arco construidos en Colombia fueron diseñados con modelos planos.
- Selección errónea de la longitud efectiva ( $K$ ) para la evaluación del pandeo general de la parte inicial de los elementos de un arco.
- Puentes de armadura en acero sin una evaluación adecuada de la estabilidad lateral.
- Deficiencia de análisis y diseño de las uniones en puentes metálicos. Igualmente, el diseño de los refuerzos de los elementos de puentes metálicos existentes no tiene en cuenta las uniones.
- Diseños estructurales de puentes en acero sin tener en cuenta consideraciones de fatiga para los elementos y las uniones.
- Por falta de mantenimiento preventivo se presentan fenómenos de corrosión que afectan la capacidad de la estructura.
- Soldaduras sin un adecuado diseño y con deficiencias desde la fabricación por falta de controles de calidad.

En el país existe un atraso en el desarrollo tecnológico, acompañado de una deficiencia en la formación de los ingenieros, diseñadores, calculistas y constructores, que tienden a no revisar detalles (uniones, fatiga, etc.) y a no aplicar adecuadamente las normas vigentes [Castaño y Correal, 1997]. Estas deficiencias son responsabilidad de las facul-

tades de ingeniería y más de aquellas que ofrecen posgrados en estructuras donde debe existir investigación e innovación en el tema.

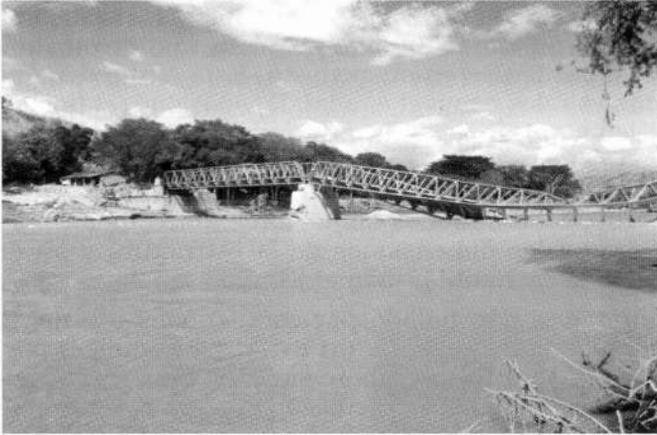
Una deficiencia importante que debe preocupar a las entidades públicas responsables de la administración, es la forma como los ingenieros revisan actualmente la capacidad de carga de los puentes, que utilizan las mismas especificaciones y cargas de diseño de los códigos para la revisión, por la carencia de una metodología de evaluación de los puentes existentes. En Europa se usan técnicas de fiabilidad estructural, que permiten determinar la probabilidad de falla de la estructura mediante el análisis probabilístico de la demanda y la capacidad (Sobrino, 1997). El Estado, con ayuda de las facultades de ingeniería, tiene la responsabilidad de financiar y patrocinar investigaciones orientadas a desarrollar estas metodologías de evaluación, con el objeto de exigir análisis más detallados y de mayor confiabilidad.

Otro inconveniente en el proceso de revisión de un puente es la falta de información sobre la estructura, ya que las entidades públicas no han conservado los documentos necesarios para un adecuado estudio. Esto hace que se tenga que recurrir a ensayos destructivos y no destructivos a fin de recabar parte de la información necesaria para la evaluación estructural, pero que generalmente no logra ser la que se tendría con las memorias de cálculo, los planos de diseño, los informes de la interventoría, los registros de tensionamiento, los planos definitivos de construcción, etc. La Figura 2 muestra un ejemplo de puente colapsado por deficiencias estructurales y de diseño.

Figura 2. Ejemplo de puente colapsado por deficiencias estructurales



Puente Los Ángeles



Puente Los Ángeles (Huila)

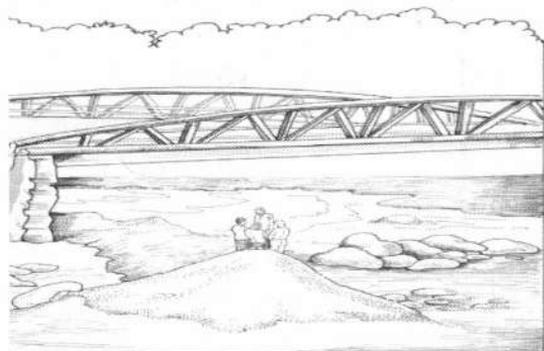
## 2.2. SOCAVACIÓN

El 35% de los puentes estudiados (sin contabilizar los colapsados por atentados terroristas) fallaron por socavación de la cimentación de sus estribos o pilas, lo cual sucede sobre todo en puentes construidos hace más de veinte años, donde el criterio fundamental de diseño de la cimentación obedecía más a la capacidad portante y no a los fenómenos de socavación probables. La Figura 3 muestra casos de puentes colapsados por socavación.

Figura 3. Ejemplos de puentes colapsados por socavación



a) Puente Sabandija (Tolima)



b) Falla de estribo del Puente Únete

Los cauces producen socavación general que consiste en el descenso del fondo de un río cuando se presenta una creciente, debido al transporte de partículas en suspensión. Este efecto depende de diferentes variables tales como el caudal, la velocidad, el tipo y las condiciones del lecho, el ancho y la profundidad del cauce, entre otras. Además, se presenta una socavación local que consiste en el descenso del fondo del cauce al pie de una estructura que es rodeada por la corriente, y depende de todos los factores antes mencionados incluyendo la forma y las dimensiones de la estructura y su orientación con respecto a la corriente principal [García, 1992].

Los puentes que han fallado por este fenómeno generalmente no tuvieron en su etapa de diseño un estudio hidráulico, por lo que el diseño de su cimentación se elaboró sin contemplar las profundidades de socavación probables de acuerdo con las características del cauce y de la cuenca. En Colombia muchos puentes fueron construidos sin ningún estudio hidrológico, hidráulico y de socavación; por tanto, su sitio de ponteadero fue seleccionado más por el criterio del diseño geométrico de la vía que por una evaluación técnica sobre las características y condiciones del cauce. Cuando existen problemas por socavación en el cauce, se recomienda realizar un estudio que determine las causas y las soluciones de los problemas de erosión y sedimentación que afectan al puente. La Tabla 3 muestra los aspectos mínimos de dicho estudio recomendado por el Inviás.

Tabla 3. Aspectos mínimos de estudios para evaluar socavación

Estudio	Contenido
Hidrológico	Análisis de la cuenca hidrográfica, análisis de las precipitaciones y crecientes, determinación del caudal de diseño
Hidráulico	Determinación de la velocidad media de la corriente y el caudal, determinación de las líneas de corriente, determinación de los sedimentos, efecto de reducción en la sección hidráulica, alineamiento de las pilas dentro del cauce, obras de protección de cauces
Geológicos o geomorfológicos	Toma de información secundaria y de campo, evaluación de la estabilidad de cauces, aplicación de la fotografía aérea al estudio morfológico de los ríos.
Topográficos	Recopilación de toda la información existente, reconocimiento de campo, levantamiento topográfico
Estudios geotécnicos	Reconocimiento de campo, exploración esquemática del sitio de ponteadero, realización de sondeos, perforaciones y apiques, ensayos de laboratorio, elección del tipo de cimentación.

Fuente: [Inviás, inspección especial, 1996].

Entre los daños por socavación que pueden afectar la infraestructura de los puentes hasta producir el desplome se pueden enumerar los siguientes casos:

- Socavación general, por contracción local y en las curvas.
- Asentamiento de pilas y estribos.

Por otro lado, se han presentado casos de colapsos por impactos fuertes sobre puentes de estructura metálica y sobre elementos importantes desde el punto de vista estructural y de estabilidad, como por ejemplo el cordón superior de un puente de armadura de paso a través. Algunos puentes de paso superior son impactados por los vehículos, ya que los camiones tienen una altura mayor al gálibo superior máximo de la estructura. La Figura 5 presenta el ejemplo de un puente colapsado por sobrecarga e impacto.

Figura 5. Ejemplo de puente colapsado por sobrecarga e impacto



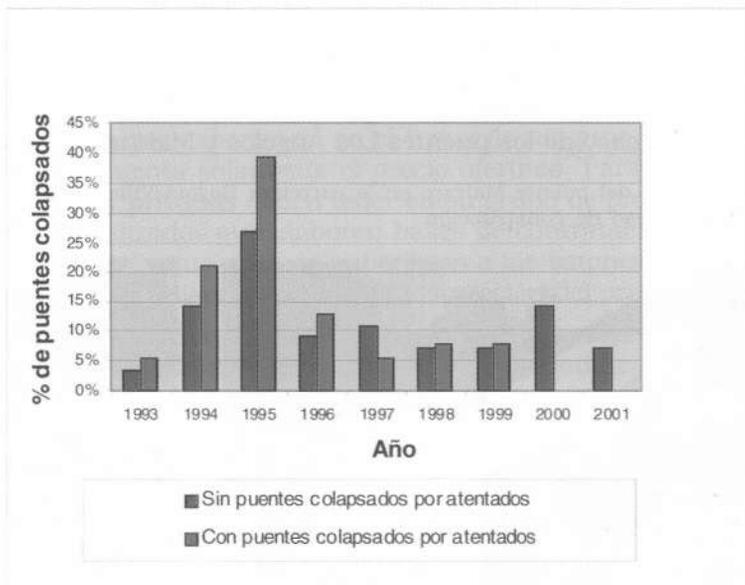
a) Argelino Durán Quintero  
(después del colapso)



b) Argelino Durán Quintero  
(antes del colapso)

En la Figura 6 se presenta el número de puentes colapsados desde 1993; se observa que el mayor número de fallas se presentó en el año de 1995, momento que coincide con el aumento de las cargas de camiones a causa de la apertura económica del país, lo que demuestra la incidencia de estas sobrecargas sobre la estabilidad y durabilidad de los puentes.

Figura 6. Colombia. Variación de la falla de puentes desde el año 1993



## 2.4. CRECIENTES EXTRAORDINARIAS O AVALANCHAS

Algunas estructuras de puentes han fallado por avalanchas y crecientes extraordinarias; el caso más importante de este tipo de falla en Colombia es la avalancha del río Páez, que causó el colapso de trece puentes localizados en los departamentos del Cauca y Huila. En cada época invernal en el país se presentan fallas totales y parciales de los puentes y en algunos casos de sus terraplenes de acceso.

## 2.5. FALTA DE MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN

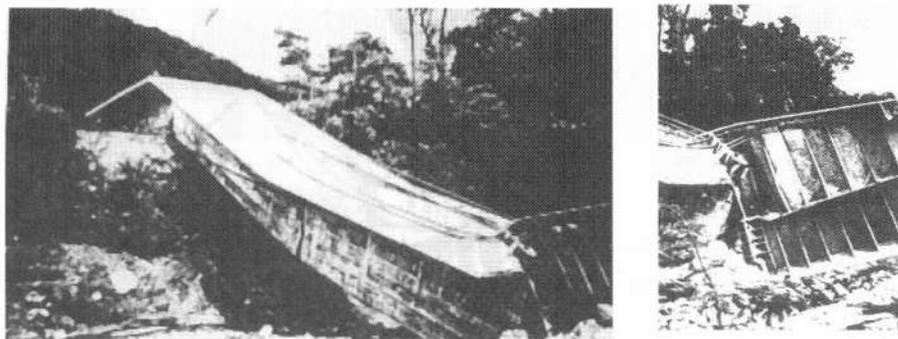
Un buen programa de mantenimiento que incluya inspecciones rutinarias certifica el estado general del puente permanentemente y permite identificar en algunos casos problemas estructurales potenciales que en un futuro pueden producir el colapso de la estructura. Es el caso de los puentes metálicos donde es indispensable realizar labores de limpieza y pintura de los elementos de acero y uniones en forma rutinaria, con el objeto de controlar fenómenos de corrosión que pueden disminuir peligrosamente su capacidad estructural.

Las entidades responsables deben adoptar sistemas eficientes de gestión o de administración de puentes que estén en constante actualización y, en forma sistemática, deben priorizar las labores de inspección, mantenimiento rutinario y rehabilitación de puentes. El Inviás ha fortalecido la gestión de los puentes mediante el Sistema de Administración de Puentes de Colombia (SiPuCol), conformado por los módulos de inventario, inspección principal, inspección especial, mantenimiento rutinario y capacidad de carga, entre los más importantes.

## 2.6. FALLAS EN LA CONSTRUCCIÓN Y EN LA INTERVENTORÍA

Algunos de los puentes estudiados han fallado durante el proceso de construcción debido principalmente a que no se realiza un diseño y una planeación adecuados del sistema que se va a utilizar en la construcción; éste es el caso de los puentes Los Ángeles y Maizaro (Figura 7).

Figura 7. Colapso del puente Maizaro en la carretera Bogotá-Villavicencio durante el proceso de construcción



Se debe dar especial atención a la calidad del proceso de construcción en todas sus etapas y los interventores deben cumplir cabalmente sus funciones de supervisar y asesorar la correcta ejecución de la obra. En lo posible, la entidad contratante debería tener una interventoría técnica tanto en la etapa de diseño como en la construcción, como lo recomienda el Código colombiano de diseño sísmico de puentes. Existen deficiencias en la interventoría para la construcción y el diseño de los puentes, ya que los profesionales asignados a esta labor no tienen la experiencia suficiente para controlar y detectar errores y fallas en los procesos de construcción, que en muchos casos terminan en colapso.

### 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Sin tener en cuenta los colapsos por atentados terroristas, la mayor causa de falla de puentes en Colombia (35%) es por efectos de socavación de la cimentación de las pilas o estribos, por lo que se requiere de las entidades administradoras de la infraestructura vial efectuar una evaluación general del efecto de la socavación de las estructuras más importantes localizadas en los ríos con mayores caudales y posibilidades de socavación. Además, estas entidades deben exigir a las empresas consultoras encargadas del diseño, realizar estudios hidrológicos, hidráulicos y de socavación detallados y técnicamente sustentados, que tengan como mínimo los aspectos recomendados por el Invías.

Las empresas públicas son responsables de la continuidad y el mejoramiento de los programas de mantenimiento de puentes. En Colombia estos programas de mantenimiento o políticas de gestión de puentes no tienen la continuidad ni el apoyo económico permanente para que sean eficientes en la solución definitiva del problema. En algunos casos tiene que fallar un puente para que se destinen recursos para el mantenimiento y la rehabilitación.

Las entidades que se encargan de contratar las empresas para el diseño, la interventoría y la construcción de los puentes, deben buscar mecanismos de selección óptimos, de tal forma que los seleccionados sean los de mayor experiencia en el tema; de ninguna manera asignar teniendo en cuenta solamente el precio ofertado. Para ello las entidades públicas y privadas deben tener en su grupo de profesionales ingenieros especializados que elaboren bases de contratación exigentes en la parte técnica y que además supervisen a las empresas responsables desde la etapa de diseños hasta la construcción del proyecto.

En Colombia la mayor parte de la carga pesada se transporta por vía terrestre. Ante este panorama se debe reglamentar un sistema eficiente de control de pesos de los vehículos de carga para evitar sobrecargas que pueden generar el colapso de los puentes.

La ingeniería nacional tiene un atraso tecnológico en materia de puentes, por lo que las facultades de ingeniería y los institutos relacionados con el tema deben, en forma urgente, investigar y profundizar en las siguientes áreas de acuerdo con las deficiencias encontradas en los puentes estudiados en este documento:

- Metodologías de evaluación estructural de puentes existentes por técnicas de fiabilidad estructural.
- Metodologías de inspección visual, en especial de puentes en acero.
- Diseños estructurales de puentes en acero incluyendo la evaluación detallada del fenómeno de la fatiga.
- Pruebas de carga.
- Cargas de diseño y para la evaluación estructural de puentes.
- Sistemas de administración o de gestión de puentes.
- Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de puentes y diseños sísmicos de puentes.
- Metodologías para el análisis de socavación general y local en cimentaciones de estribos y pilas de puentes.

### AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos especialmente a Luz Marina Trujillo, coordinadora del grupo de puentes del Invías, quien suministró el inventario preliminar de los puentes colapsados y algunos estudios realizados por la Universidad Nacional de Colombia y la Sociedad Colombiana de Ingenieros.

### REFERENCIAS

- Castaño, B. E. y D. Correal (1997), "Puentes en Colombia. Algunas consideraciones sobre su problemática". En: *Notas gerenciales*, 9-28.
- Colombia, Instituto Nacional de Vías (1996), *Manual de inspección principal de puentes*, Sipucol, Directorado de Carreteras de Dinamarca.
- Colombia, Instituto Nacional de Vías (1996), *Manual de inspección especial de puentes*, Sipucol, Directorado de Carreteras de Dinamarca.
- Colombia, Instituto Nacional de Vías (1996), *Manual de capacidad de carga de puentes*, Sipucol, Directorado de Carreteras de Dinamarca.
- Colombia, Instituto Nacional de Vías (1996), *Manual de inspección rutinaria de puentes*, Sipucol, Directorado de Carreteras de Dinamarca.
- García, M. (1992), "Estudio y solución de fallas de la infraestructura de puentes", *Curso de patología de estructuras*, Asociación de Ingenieros Civiles de la Universidad Nacional de Colombia.
- Priestley, M. J. y G. M. Galvi (1996), *Seismic and retrofit of bridges*, New York, Jhon Wiley and Sons.

- Sobrino, J. A. (1997), "Técnicas de evaluación de puentes existentes mediante criterios de fiabilidad estructural. Aplicación a un puente de hormigón armado", *Rutas técnicas*.
- Sociedad Colombiana de Ingenieros (1994), Investigación sobre las posibles causas del colapso del puente Los Ángeles.
- Universidad Nacional de Colombia (1997), *Definición de la carga de diseño para puentes en Colombia*, Instituto Nacional de Vías, mayo.
- Universidad Nacional de Colombia (1998), Causas del colapso del puente Recio, Instituto Nacional de Vías, junio.
- Universidad Nacional de Colombia (2000), Causas del colapso del puente Argelino Durán Quintero - Vía Garzón - Río Loro - Neiva, Instituto Nacional de Vías, marzo.