

Estudio de procesos de deterioro en estructuras de concreto reforzado en edificaciones antiguas (mayores de 50 años)

JESÚS ALBERTO PADILLA BORJA¹
(jesuspadilla31@hotmail.com)

CARLOS ALBERTO SANDOVAL²
(arqsandovalcarlos@yahoo.es)

ZAYDA FIGUEROA GONZÁLEZ³
(zaydafig@hotmail.com)

Recibido: 18 de Septiembre de 2012
Aprobado: 26 de Septiembre de 2012

Resumen

Identificar los procesos de deterioro, causas que generan daños y nivel de deterioro. El problema son los procesos de deterioro presentados en las edificaciones antiguas de más de 50 años.

Palabras clave: procesos de deterioro, elementos estructurales, edificaciones antiguas

Abstract

Identify the processes of deterioration, causes that generate damage and deterioration level. The problem is the deterioration processes presented in the old buildings of more than 50 years.

Keywords: deterioration processes, structural elements, old buildings.

1. Introducción

El problema está orientado al análisis de los procesos de deterioro en edificaciones antiguas de más de 50 años, de tal manera que se establezcan medidas de contingencia para que los dueños o habitantes de estas edificaciones no se vean afectados.

Se pretende identificar las causas que generan los procesos de deterioro en los elementos estructurales de una edificación antigua. Así como identificar los daños presentados en las edificaciones antiguas debido a las causas que generan los procesos de deterioro. Además, esta investigación busca proporcionar información certera sobre el nivel de deterioro en el que se encuentran las estructuras de Concreto reforzado de las edificaciones objeto de esta investigación.

En esta investigación se han querido presentar los parámetros más importantes relacionados con los procesos de deterioro del concreto, basados en las Normas Técnicas Colombianas decretadas por el ICONTEC, ente nacional de normalización, que junto con la empresa privada

realizan estudios y comités técnicos para desarrollar nuevos temas de investigación y profundización sobre la durabilidad de las estructuras.

Serán las edificaciones de concreto reforzado con un periodo mayor a 50 años en Bucaramanga, en la zona de influencia histórica y de mayor antigüedad que es la zona comprendida entre la Carrera 9 y la Cra 31 y la Cll 18 hasta la Cll 45, donde se ubicaran los inmuebles que van a servir de estudio para realizar el trabajo de muestreo y análisis de la información.

La población objeto del estudio serán las edificaciones de concreto reforzado construidas hace más de 50 años, ubicadas en la zona de influencia histórica y de mayor antigüedad que corresponde a la zona comprendida entre la Carrera 9 y la Carrera 31 y entre la Calle 18 y la Calle 45. El tipo de población objeto son edificaciones antiguas con alto valor histórico.

2. Metodología

El tipo de investigación que se realizó es una

¹Ingeniero Civil. Contratista externo Alcaldía Municipal de Bucaramanga. Especialista en gerencia Integral de Obras de la Escuela de Ingenieros Militares.

²Arquitecto. Gerente de Distrimodular. Especialista en gerencia Integral de Obras de la Escuela de Ingenieros Militares.

³Arquitecta. Gerente Ciarcon Ltda. Especialista en gerencia Integral de Obras de la Escuela de Ingenieros Militares.

investigación aplicada. El estudio se hizo en las edificaciones antiguas ubicadas en la ciudad de Bucaramanga de acuerdo a la información suministrada por la oficina de Planeación⁴ de la Alcaldía Municipal.

3. Fundamentación teórica

3.1 Marco Contextual

Con base en la información recogida en la Alcaldía de Bucaramanga, la Biblioteca de Historia y en estudios realizados, se designa como la zona de influencia histórica y de mayor antigüedad la zona comprendida entre la Carrera 9 y la Carrera 31 y entre la Calle 18 y la Calle 45, para sobre este sector ubicar los inmuebles que van a servir de estudio para realizar el trabajo de campo y análisis de la información.

Estos inmuebles van a ser edificaciones con más de 50 años de vida útil y probablemente por su edad y el sector donde se encuentran ubicadas, son construcciones de alto valor histórico y cultural de la ciudad.

Cualquier tipo de reparación, refuerzo o evaluación del comportamiento de una edificación existente antes de la vigencia del Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes NSR-10⁵, debe guiarse por los criterios y procedimientos que la Norma exige para evaluar su vulnerabilidad sísmica y para modificar o remodelar su sistema estructural.

3.2 Causas que generan los procesos de deterioro en el concreto reforzado

Se conoce como deterioro a los cambios adversos y negativos que sufren las estructuras de concreto reforzado en cuanto a las propiedades físicas y químicas, ya sea en la superficie o en el interior del elemento.⁶

Durante la vida útil⁷ de cualquier obra de concreto, actúan diferentes factores que afectan de algún modo las características de durabilidad y resistencia. Estos actores o agentes pueden depender tanto de la acción del entorno o medio ambiente (causas externas), como de las propiedades intrínsecas del concreto (causas internas).⁸

Sánchez de Guzmán⁹, propone una clasificación de las causas de daño en el concreto que generan los procesos de deterioro de la siguiente manera:

Químicas: Se refiere a reacciones o ataques con ácidos o sulfatos que suceden, por ejemplo, en construcciones que constantemente están en contacto con el agua de mar.

Físicas: Son acciones como cambios en la temperatura o incendios que suelen producir deformaciones, expansiones, erosión o pérdida de masa en el concreto.

Mecánicas: Sismos, sobrecargas, cargas impuestas, movimientos en los terrenos, abrasión, vibraciones, etc. Los daños por estas causas se pueden predecir por la presencia de fisuras o grietas en estructuras.

Biológicas: El concreto también puede verse afectado por el embate de hongos, bacterias, algas, líquenes, musgos o corrosión de metales. Los síntomas más comunes por estas afecciones son manchas en las superficies, cambios de color (fluorescencias) y retención de humedad.¹⁰

3.3 Procesos de deterioro químicos

- Corrosión del acero de refuerzo
- Deterioro del concreto por carbonatación
- Deterioro del concreto por cloruros

⁴PLANEACIÓN ALCALDÍA MUNICIPAL DE BUCARAMANGA. Inventario y caracterización de los predios de preservación, que representen el legado histórico de la Ciudad de Bucaramanga. Actualmente en Desarrollo

⁵REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIONES SISMO RESISTENTES, NSR-10, Comisión Asesora Permanente del Régimen de Construcciones Sismo Resistentes. Ley 400 de 1997.

⁶PUNTE CÁRDENAS, Gabriela Salomé. Patología de la construcción en mampostería y hormigones [online]. Trabajo de Grado para optar por el título de Ingeniería Civil. Escuela Politécnica del Ejército. 2007. p. 17. Disponible en internet: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/1633/1/T-ESPE-014821.pdf> [citado en 2012-09-22]

⁷TORRES, Andrés; MARTINEZ, Miguel; DEL VALLE, Angélica; PÉREZ, José. Instituto mexicano del transporte, Querétaro, México. El uso de nuevas tecnologías en el mantenimiento, conservación en la infraestructura de puentes en México que presentan daños por corrosión. Revista Ingeniería de Construcción Vol. 19 N°2, Agosto del 2004, Chile. p. 66. Disponible en internet: www.ing.puc.cl/ric [citado en 2012-09-23]

⁸CERNA VASQUEZ, Marco, GALICIA GUARNIZ, William. Vida Útil en Estructuras de Concreto Armado desde el punto de vista de Comportamiento del Material. INVESTIGACION "PREMIO ANTENOR ORREGO 2010". Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú. 2010. p. 7-9.

⁹SÁNCHEZ DE GUZMÁN, Diego. Durabilidad y patología del concreto. Citado por GÓMEZ, Gloriana. Seminario sobre Patologías de Concreto. p. 2. Disponible en internet: <http://es.scribd.com/doc/57790840/patologia> [citado en 2012-09-29]

¹⁰Ibid., p. 2.

- Deterioro por sulfatos
- Deterioro por ataque de ácidos

3.4 Procesos de deterioro físicos

- Deterioros por humedad
- Deterioro por ciclos de hielo y deshielo
- Temperatura
- Acciones que generan desintegración del concreto
- Fuego
- Grietas y fisuras de origen no estructural

3.5 Procesos de deterioro mecánicos

- La deformación lenta (fluencia)
- Las sobrecargas y deformaciones impuestas (fisuras o grietas estructurales; deflexiones y movimientos excesivos, imprevistos o fortuitos; y las fracturas y los aplastamientos)
- Los impactos
- Las vibraciones excesivas (acción o eventos sísmicos)
- Los daños por abrasión (frotamiento, rozamiento, raspado, percusión, erosión y cavitación)

Todos éstos están relacionados con el uso que se da a la estructura.

3.6 Procesos de deterioro biológico

- Bacterias
- Hongos
- Algas Musgos y líquenes

4. Trabajo de campo

Se seleccionó una muestra por medio de un sondeo y ubicación de 10 edificaciones en concreto reforzado mayor a 50 años, en la zona de influencia histórica comprendida entre las Carretera 9 y 31 y las Calle 18 y 45, con base en el estudio de construcciones antiguas y de alto valor histórico que tiene la Secretaría de Planeación de la Alcaldía de Bucaramanga.

Para la recolección y análisis de la información se elaboró un formato de ficha de observación de las edificaciones seleccionadas, cuadros estadísticos y comparativos de los resultados obtenidos.

| ESCUELA DE INGENIEROS MILITARES DEPARTAMENTO DE INVESTIGACION FICHA DE OBSERVACION OBJETO DE OBSERVACION: DETERIORO EN EL CONCRETO EN EDIFICACIONES MAYORES DE 50 AÑOS | | | | 15/09/2012 Hoja 1 | |
|---|--|--------------------|---|----------------------|--------------------|
| 1. IDENTIFICACION | | | 2. TIPO DE ELEMENTOS DETERIORADOS EN LA ESTRUCTURA | | |
| 1.1 Nombre(s) | Casa Cecilia Cadena | | ELEMENTOS | CANTIDAD | DIMENSIONES |
| 1.2 Departamento | Santander | | 2.1 Columna | | |
| 1.3 Distrito - Municipio | Bucaramanga | | 2.2 Vigas | | |
| 1.4 Centro poblado | Sector Urbano | | 2.3 Placas | X 1 | 0.45 mts espesor |
| 1.5 Dirección | Ci 44 # 22-91 | 1.6 Barrio | 2.4 Muros | X 2 | 2.10 X 6.5 m |
| | | | 2.5 Cimientos | | |
| | | | 2.6 Escaleras | | |
| | | | 2.7 Otros | | |
| 3. EDAD DE LA EDIFICACION | | | Observaciones | | |
| 3.1 50-60 AÑOS | | Fecha | Los deterioros se presentan principalmente en planta baja de la casa en cuarto de sótano. | | |
| 3.2 60-70 AÑOS | X | Fecha | | | |
| 3.3 70-80 AÑOS | | Fecha | | | |
| 3.4 80-90 AÑOS | | Fecha | | | |
| 3.5 90 + 100 AÑOS | | Fecha | | | |
| 4. TIPO DE SISTEMA ESTRUCTURAL | | | 6. REGISTRO FOTOGRAFICO | | |
| 4.1 Porticos | X | 4.2 Muros de carga | 4.3 Sistema Dual o combinado | | |
| 5. TIPO DE DAÑO PRESENTADO EN LA ESTRUCTURA | | | | | |
| CODIGO | DAÑOS | CANTIDAD | ELEMENTO PRESENTADO | | |
| 5.1 A | DETERIORO EN EL CONCRETO POR CORROSION | | | | |
| 5.2 B | DETERIORO EN EL CONCRETO POR CARBONATACION | | | | |
| 5.3 C | DETERIORO EN EL CONCRETO POR ATAQUE DE ACIDOS | | | | |
| 5.4 D | DETERIORO EN EL CONCRETO POR HUMEDAD | X | PLACA, MURO | | |
| 5.5 E | DETERIORO EN EL CONCRETO POR TEMPERATURA | | | | |
| 5.6 F | DETERIORO EN EL CONCRETO POR METEORACION | | | | |
| 5.7 G | DETERIORO EN EL CONCRETO POR GRIETAS O FISURAS | X | PLACA, MURO | | |
| 5.8 H | DETERIORO EN EL CONCRETO POR ACCION SIMICA | | | | |
| 5.9 I | DETERIORO EN EL CONCRETO POR ACCION BIOLÓGICA | | | | |
| 6. CORROSION EN EL ACERO | | | 8. FUENTES | | |
| CODIGO | EXISTENCIA DE CORROSION EN ACERO DE LAS EDIFICACIONES | CANTIDAD | 8.1 Entidad: Alcaldía de Bucaramanga / Secretaría de Planeación | | |
| 6.1 A | NO HAY PRESENCIA DE CORROSION | X 0 | | | |
| 6.2 B | PRESENCIA DE OXIDO | | | | |
| 6.3 C | PRESENCIA DE CORROSION | | | | |
| 6.4 D | PRESENCIA GRAVE DE CORROSION | | | | |
| 7. Observaciones | | | Sistema estructural de muros de carga en ladrillo de arcilla con porticos en concreto reforzado, cubierta en teja de barro. Actualmente funciona un Jardín Infantil en el bien. | | |

Figura 1. Ficha de observación Tipo

Fuente: Propia

| RESUMEN DE LAS FICHAS DE OBSERVACIÓN | | | | | | | |
|--------------------------------------|----------|--|---|------|--------------------------|-------------------|-------------------|
| No. FICHA | TIPO | UBICACIÓN | NOMBRE | EDAD | SIST. ESTRUCTURAL | TIPO DE DETERIORO | ELEMENTO AFECTADO |
| 1 | Vivienda | Carrera 19 con Calle 38 Mejoras Públicas | Instituto de Familia y Vida | 64 | Pórtico | A, E, G | Columna, Placa |
| 2 | Vivienda | Calle 34 25-02 Antonia Santos | Casa María Barco Rincón | 62 | Muros de Carga | D, G | Placa, Escaleras |
| 3 | Vivienda | Carrera 12 41-77 Centro | Colegio La Policía | 67 | Muros de Carga | D, G | Columna |
| 4 | Vivienda | Calle 25 No. 22-92 Alarcón | Casa Arcos Mercadefam | 61 | Pórtico | D, G | Columna, Vigas |
| 5 | Vivienda | Carrera 54 No. 27-52 Bolarqui | Casa Mario Acevedo Díaz | 54 | Pórtico | D, G | Placa, Muros |
| 6 | Vivienda | Carrera 20 24-71 Alarcón | Casa Hederich | 54 | Pórtico | D, G | Placa |
| 7 | Vivienda | Cll 44 # 22-91 Bolarqui | Casa Cecilia Cadena | 62 | Pórtico | D, G | Placa, Muros |
| 8 | Vivienda | Carrera 21 28-32 Alarcón | Casa Penagos | 50 | Sistema Dual o Combinado | D, G | Columna, Muros |
| 9 | Vivienda | Calle 24 # 20-73 Alarcón | Casa unifamiliar medianera de dos plantas | 66 | Pórtico | D, G | Vigas, Muros |
| 10 | Vivienda | Carrera 22 # 31-71 Antonia Santos | Casa Wessel Liga Cáncer | 80 | Muros de Carga | A, D, G | Placas |

Tabla 1. Resumen de la Observación de las viviendas
Fuente: Propia

En la Tabla 1 se muestra un resumen de la información consignada en las fichas de observación de las viviendas inspeccionadas en el área seleccionada del Municipio de Bucaramanga para las muestras.

De cada observación realizada a las viviendas se obtuvieron varios tipos de información:

- Tipo de elementos afectados
- Edad de las viviendas
- Sistema estructural de las viviendas
- Causa y tipo de deterioro presentado
- Si la vivienda presenta o no corrosión y en qué estado se encuentra.

| RESUMEN DE DETERIORO | | | |
|----------------------|--|-----------------|-------------|
| CODIGO | TIPO DE DAÑO | CANT. VIVIENDAS | % PRESENCIA |
| A | DETERIORO EN EL CONCRETO POR CORROSION | 2 | 20,00% |
| B | DETERIORO EN EL CONCRETO POR CARBONATACION | 0 | 0,00% |
| C | DETERIORO EN EL CONCRETO POR ATAQUE DE ACIDOS | 0 | 0,00% |
| D | DETERIORO EN EL CONCRETO POR HUMEDAD | 10 | 100,00% |
| E | DETERIORO EN EL CONCRETO POR TEMPERATURA | 1 | 10,00% |
| F | DETERIORO EN EL CONCRETO POR METEORIZACION | 0 | 0,00% |
| G | DETERIORO EN EL CONCRETO POR GRIETAS O FISURAS | 9 | 90,00% |
| H | DETERIORO EN EL CONCRETO POR ACCION SISMICA | 0 | 0,00% |
| I | DETERIORO EN EL CONCRETO POR ACCION BIOLOGICA | 0 | 0,00% |

Tabla 2. Resumen tipos de deterioros
Fuente Propia

En todas las viviendas analizadas en la muestra seleccionada del Municipio de Bucaramanga, con respecto a los procesos de deterioro, la humedad está presente en todos los casos, donde esta se manifiesta en un 100%, siendo este proceso físico el más percibido y el de más incidencia en el proceso de deterioro en las edificaciones. Igualmente, las grietas y fisuras están presentes en un 90% de los casos observados, y en un mínimo porcentaje está la corrosión y la temperatura con un 20% y 10% respectivamente. Ver tabla 2.

| RESUMEN DE CORROSIÓN | | | |
|----------------------|-------------------------------|-----------------|-------------|
| CODIGO | TIPO DE DAÑO | CANT. VIVIENDAS | % PRESENCIA |
| A | NO HAY PRESENCIA DE CORROSIÓN | 8 | 80,00% |
| B | PRESENCIA DE ÓXIDO | 0 | 0,00% |
| C | PRESENCIA DE CORROSIÓN | 2 | 20,00% |
| D | PRESENCIA GRAVE DE CORROSIÓN | 0 | 0,00% |

Tabla 3. Resumen de corrosión que presentan las viviendas
Fuente: Propia

En las viviendas analizadas como se aprecia en la tabla 3, en la mayoría estaba ausente el proceso de corrosión, solo presentó este caso en dos edificaciones.

| RESUMEN DE ELEMENTOS DAÑADOS | | |
|------------------------------|-----------------|--------------|
| ELEMENTO AFECTADO | CANT. VIVIENDAS | % PORCENTAJE |
| COLUMNA | 4 | 40,00% |
| VIGAS | 2 | 20,00% |
| PLACAS | 6 | 60,00% |
| MUROS | 4 | 40,00% |
| CIMENTOS | 0 | 0,00% |
| ESCALERAS | 1 | 10,00% |
| OTROS | 0 | 0,00% |

Tabla 4. Resumen de elementos afectados
Fuente: Propia

En todas las viviendas analizadas en la muestra seleccionada del Municipio de Bucaramanga, con respecto a los procesos de deterioro, la humedad está presente en todos los casos, donde esta se manifiesta en un 100%, siendo este proceso físico el más percibido y el de más incidencia en el proceso de deterioro en las edificaciones. Igualmente, las grietas y fisuras están presentes en un 90% de los casos observados, y en un mínimo porcentaje está la corrosión y la temperatura con un 20% y 10% respectivamente. Ver tabla 2. En las viviendas analizadas como se aprecia en la tabla 3, en la mayoría estaba ausente el proceso de corrosión, solo presentó este caso en dos edificaciones. En la Tabla 4 se puede ver la cantidad de elementos afectados por los tipos de deterioro analizados en el presente proyecto de investigación, en algunas viviendas se encontró más de un elemento dañado.

5. Conclusiones y Recomendaciones

Los procesos de deterioro que se identificaron en las viviendas analizadas en la presente investigación fueron: deterioro por humedad, deterioro por grietas y fisuras de origen no estructural y corrosión.

Esto se debe a que el agua y la humedad aprovechan los canales preferenciales que dejan las grietas y fisuras, y a su vez, se producen esfuerzos internos de tensión en las cavidades intersticiales y poros del concreto generando que las grietas y fisuras se vayan agrandando.

Las causas que generan el proceso de deterioro de la humedad se debe, en su mayoría, a la deficiente impermeabilización de la placa, a la filtración de las aguas desde las redes de instalación hidráulicas y sanitarias, a la inundación de los niveles de sótano para las edificaciones que tienen niveles por debajo del nivel cero; también a la edad del material puesto que se está refiriendo a construcciones que tienen edades mayores a 50 años.

Las causas de las grietas y fisuras de origen no estructural se remontan a las pequeñas defi-

ciencias en el proceso constructivo en el inicio de la construcción de la edificación o en los movimientos que se producen durante la ejecución de la obra misma, con la incorrecta colocación de las formaleas y encofrados o el retiro de estos últimos antes de que se cumplan los tiempos requeridos.

Al suceder estas situaciones las causas que generan las grietas son: asentamiento plástico, retracción plástica (cuando el cemento aun no había fraguado); contracción térmica inicial o retracción hidráulica (cuando el concreto reforzado ya está en estado endurecido).

En todos los procesos de deterioro se observó una disminución de la sección útil de los elementos, en caso de no utilizar métodos para la recuperación de éstos, la situación hubiese sido muy grave.

La mayoría de las edificaciones analizadas no presentan procesos de corrosión, solo se presenta en el 20% de los casos analizados, por lo cual se supone que estos bienes inmuebles están en continua revisión y se están implementando métodos de prevención para el cuidado de los mismos

Aunque estas edificaciones tengan una edad mayor a 50 años, además del los procesos de deterioro de humedad, de grietas y fisuras, se puede evidenciar que la calidad de los materiales usados para su construcción, es muy bueno debido a que no se presentan estados graves de deterioro.

Por todas las argumentos anteriores se puede deducir que las medidas de mantenimiento preventivo y el control de los procesos de deterioro que se van presentando en algunos casos, son la forma más adecuada de control que se deben tener sobre las edificaciones antiguas, de tal manera que se puede seguir disfrutando de estos bienes culturales de la ciudad de Bucaramanga sin llegar a la etapa de demolición de estos inmuebles indispensables en la historia cultural de la región.

6. Conclusiones y Recomendaciones

Los procesos de deterioro que se identificaron en las viviendas analizadas, fue por humedad, por grietas y fisuras de origen no estructural y corrosión del acero de refuerzo.

El estado de la mayoría de las edificaciones analizadas dentro del presente estudio es bueno, en general se han realizado mantenimientos preventivos y controles pertinentes, lo cual ha conservado íntegramente estos inmuebles importantes en la historia cultural de la ciudad de Bucaramanga.

Por lo tanto, una recomendación es que los mantenimientos preventivos y los controles a los elementos estructurales de estas edificaciones sean más rigurosos para evitar que en el futuro sean afectados gravemente y puedan colapsar, lo que conllevaría a la demolición de estos inmuebles históricos.

En cuanto a la protección de los elementos para impedir que se presente el fenómeno del proceso de deterioro por humedad, se pueden utilizar sistemas de impermeabilización en las azoteas de las edificaciones para impedir las filtraciones causadas por las aguas lluvias.

Igualmente, se pueden utilizar pinturas a base de material epóxico, acrílicos o poliuretanos las cuales son aplicadas sobre el concreto en el caso de las inundaciones de los sótanos, para crear una capa protectora e impedir que se genere humedad, lo cual facilita las condiciones para que presente altos niveles de corrosión y oxidaciones en el acero de refuerzo.

Bibliografía

CERNA VASQUEZ, Marco, GALICIA GUARNIZ, William. Vida Útil en Estructuras de Concreto

Armado desde el punto de vista de Comportamiento del Material. Investigación "Premio Antenor Orrego 2010". Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú. 2010.

PLANEACIÓN ALCALDÍA MUNICIPAL DE BUCARAMANGA. Inventario y caracterización de los predios de preservación, que representen el legado histórico de la Ciudad de Bucaramanga. Actualmente en Desarrollo.

PUENTE CÁRDENAS, Gabriela Salomé. Patología de la construcción en mampostería y hormigones [online]. Trabajo de Grado para optar por el título de Ingeniería Civil. Escuela Politécnica del Ejército. 2007. Disponible en internet: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/1633/1/T-ESPE-014821.pdf>

REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIONES SISMO RESISTENTES, NSR-10, Comisión Asesora Permanente del Régimen de Construcciones Sismo Resistentes. Ley 400 de 1997.

SÁNCHEZ DE GUZMÁN, Diego. Durabilidad y patología del concreto. Citado por GÓMEZ, Gloria. Seminario sobre Patologías de Concreto. p. 2. Disponible en internet: <http://es.scribd.com/doc/57790840/patologia>

TORRES, Andrés; MARTINEZ, Miguel; DEL VALLE, Angélica; PÉREZ, José. Instituto mexicano del transporte, Querétaro, México. El uso de nuevas tecnologías en el mantenimiento, conservación en la infraestructura de puentes en México que presentan daños por corrosión. Revista Ingeniería de Construcción Vol. 19 N°2, Agosto del 2004, Chile. Disponible en internet: www.ing.puc.cl/ric. 2004

