



Influencia de la contaminación atmosférica en la fachada de rascacielos, caso Torre Colpatría

N. Romero¹, C. Dupuy², J. Quiñones²

¹ Análisis Microscópico de Materiales de Construcción- Micromatco Ltda., Bogotá, Colombia, Asociación Colombiana de Patólogos de la Construcción, Universidad Santo Tomas ASCOLPAT-USTA.

² Máxima Arquitectura e Ingeniería Ltda. Bogotá, Colombia.

Información del artículo

DOI:

<http://dx.doi.org/10.21041/ra.v1i3.17>

Artículo recibido el 01 de Mayo de 2011, revisado bajo las políticas de publicación de la Revista ALCONPAT y aceptado el 23 de Agosto de 2011.

Cualquier discusión, incluyendo la réplica de los autores se publicará en el segundo número de 2012 siempre y cuando la información se reciba antes del cierre del primero de 2012

RESUMEN

La fachada de la Torre Colpatría, ha sido afectada por fenómenos físico-químicos, los cuales han causado una degradación de los materiales que componen la fachada, desencadenando desprendimientos de bloques de diferente tamaño. Para analizar el comportamiento y origen de las lesiones, se realizó un levantamiento detallado y sistemático de los procesos patológicos, se tomaron muestras de concreto y mortero, se realizaron ensayos de petrografía y carbonatación. Los resultados obtenidos indicaron que las principales causas de deterioro de la fachada de la Torre Colpatría, era la fisuración, carbonatación y el ataque de sulfatos, originados por la contaminación atmosférica. Así mismo se estableció que el grado de agresividad de estos fenómenos se relaciona directamente a factores como la altura, la profundidad del daño en relación con el ambiente contaminante, la orientación de la fachada y factores climáticos como el viento y la lluvia.

Palabras clave: contaminación atmosférica; prefabricados de concreto; fachada; análisis petrográfico y carbonatación.

© 2011 Alconpat Internacional

ABSTRACT

The materials of the facade of the Colpatría Tower have been degraded by physical and chemical phenomena, detaching of blocks of different sizes. A thorough survey of the pathological processes was carried out, in order to analyze the origin and consequences of the damage; samples of mortar and concrete were characterized by petrographic analysis and carbonation. The results showed that the main causes of deterioration were cracking, carbonation and sulfate attack, caused by air pollution. Also it was established that the aggressiveness of these phenomena is directly related to factors such as height, depth of damage in relation to environmental pollution, the orientation of the facade and climatic factors such as wind and rain.

Keywords: air pollution; precast concrete; facade; petrographic analysis; carbonation.

Autor de contacto: Nydia Romero (nydiarobu@gmail.com)

Información Legal

Revista ALCONPAT, Año 1, No. 3, Septiembre - Diciembre 2011, es una publicación cuatrimestral de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción, Internacional, A.C., Km. 6, antigua carretera a Progreso, Mérida Yucatán, C.P. 97310, Tel.5219997385893, alconpat.int@gmail.com, Página Web: www.alconpat.org
Editor responsable: Dr. Pedro Castro Borges.
Reserva de derechos al uso exclusivo No.04-2013-011717330300-203, eISSN 2007-6835, ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Unidad de Informática ALCONPAT, Ing. Elizabeth Sabido Maldonado, Km. 6, antigua carretera a Progreso, Mérida Yucatán, C.P. 97310, fecha de publicación: 30 de septiembre de 2011.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor. Queda totalmente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la ALCONPAT Internacional A.C.

1. INTRODUCCION

La Torre Colpatria “El rascacielos más alto de Colombia y el tercero en Suramérica” está situada en el Centro Internacional de la ciudad de Bogotá, con una altura de 196 m y 49 pisos. Su fachada se encuentra orientada a 45° con respecto a las demás edificaciones y la conforma prefabricados anclados a la estructura de concreto; se terminó de construir en 1979 y constituye un referente arquitectónico, razón por la cual es un inmueble de valor cultural.

La Torre Colpatria, al igual que la mayoría de las edificaciones construidas en cualquier parte del mundo, ha sido afectada por fenómenos físico-químicos de degradación como la lluvia, el viento, los cambios abruptos de temperatura y la contaminación atmosférica, produciendo desprendimientos de bloques de diferente tamaño constituyendo así una amenaza para los transeúntes. Es así como el principal objetivo del estudio ha sido analizar el comportamiento y origen de las lesiones presentes en la fachada y así establecer las actividades de intervención y las especificaciones de los procedimientos correctivos tendientes a subsanar y detener los procesos degradativos..

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Se realizó un levantamiento en detalle de la fachada, siguiendo un formato base por cada unidad de piso y línea de inspección, determinando los diferentes procesos patológicos y de degradación de los elementos que componen la fachada del edificio, como son el concreto de cobertura de las columnas y la fachada flotante compuesta por la perfilería metálica y la ventanería.

Para la caracterización de los materiales de la fachada se extrajeron núcleos de la fachada (Figura 1) que involucraron los prefabricados, el concreto de pega prefabricado-estructura y la estructura. Se realizó el análisis petrográfico de once muestras de las fachadas Sur – Occidental, Nor – Occidental y Nor – Oriental ubicadas en los pisos 20, 25, 33 y 46 (Figura 2), caracterizando e identificando la naturaleza, proporción, distribución de los constituyentes, tipo de contacto entre el material cementante y agregados, presencia de microfisuras, apariencia general de la pasta de cemento, tipos y tamaños de vacíos de aire presentes y finalmente, determinando la causa y grado del deterioro de los distintos materiales.

3. RESULTADOS

En el caso de la Torre Colpatria, existe clara evidencia de fenómenos importantes de degradación, dentro de los cuales los más importantes son la fisuración, la oxidación y corrosión del refuerzo estructural de los prefabricados y la carbonatación y ataque de sulfatos en la pasta de cemento de los prefabricados de fachada.

3.1 Fisuración

Las fisuras presentes en las muestras se encuentran localizadas en la matriz cementante y no afectan a los agregados. De acuerdo al levantamiento, se encontró que la fachada más afectada es la Sur-occidental.

Es importante destacar que en los pisos superiores (después del piso 30) es donde están localizadas la mayoría de las fisuras.



Figura 1. Extracción de núcleos (1A: Extracción de las muestras con el sistema de perforación con broca de diamante; 1B: Recuperación de núcleos de la fachada; 1C y 1D: Marcaje de las muestras que involucran material del prefabricado de fachada (1), del concreto de pega prefabricado-estructura (2) y de la estructura (3))

3.2 Oxidación y corrosión del acero de refuerzo estructural de los prefabricados

Existe en el acero de refuerzo de los prefabricados utilizados en la fachada un estado avanzado de oxidación y corrosión, pues se presenta un cubrimiento total de la varilla por óxido, descascaramiento de las capas superficiales de las varillas, discontinuidad de la malla por ruptura de la misma y desprendimiento de los puntos de soldadura

3.3 Carbonatación y ataque de sulfatos

Estos fenómenos se encuentran influenciados por la posición en que se encuentran las muestras con respecto a la altura y a la profundidad de acuerdo con la cercanía a la exposición directa de los agentes contaminantes.

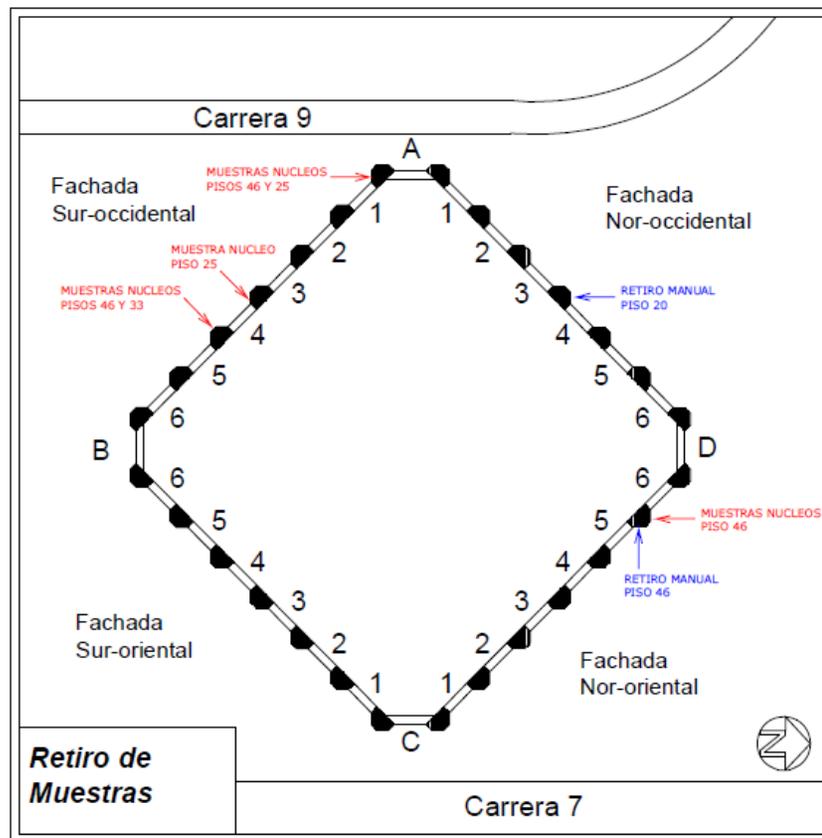


Figura 2. Localización de la extracción de núcleos

La figura 3 muestra la textura de la pasta de cemento de varios prefabricados de la fachada Sur – Occidental y de los pisos 25, 33 y 46 en un sector adyacente a la superficie expuesta a la contaminación atmosférica. En el piso más inferior, se observan compuestos de cemento no hidratado e hidratado y áreas con un grado de carbonatación leve (Figuras 3A y 3B), en el piso intermedio, la cantidad de compuestos de cemento disminuye considerablemente y la pasta adquiere una textura densa (Figuras 3C y 3D), mientras que en el último piso, ésta se observa como masa muy birrefringente sin cristales de compuestos de cemento remanentes (Figuras 3E y 3F). Lo anterior indica un aumento en la intensidad de la carbonatación en relación con la altura.

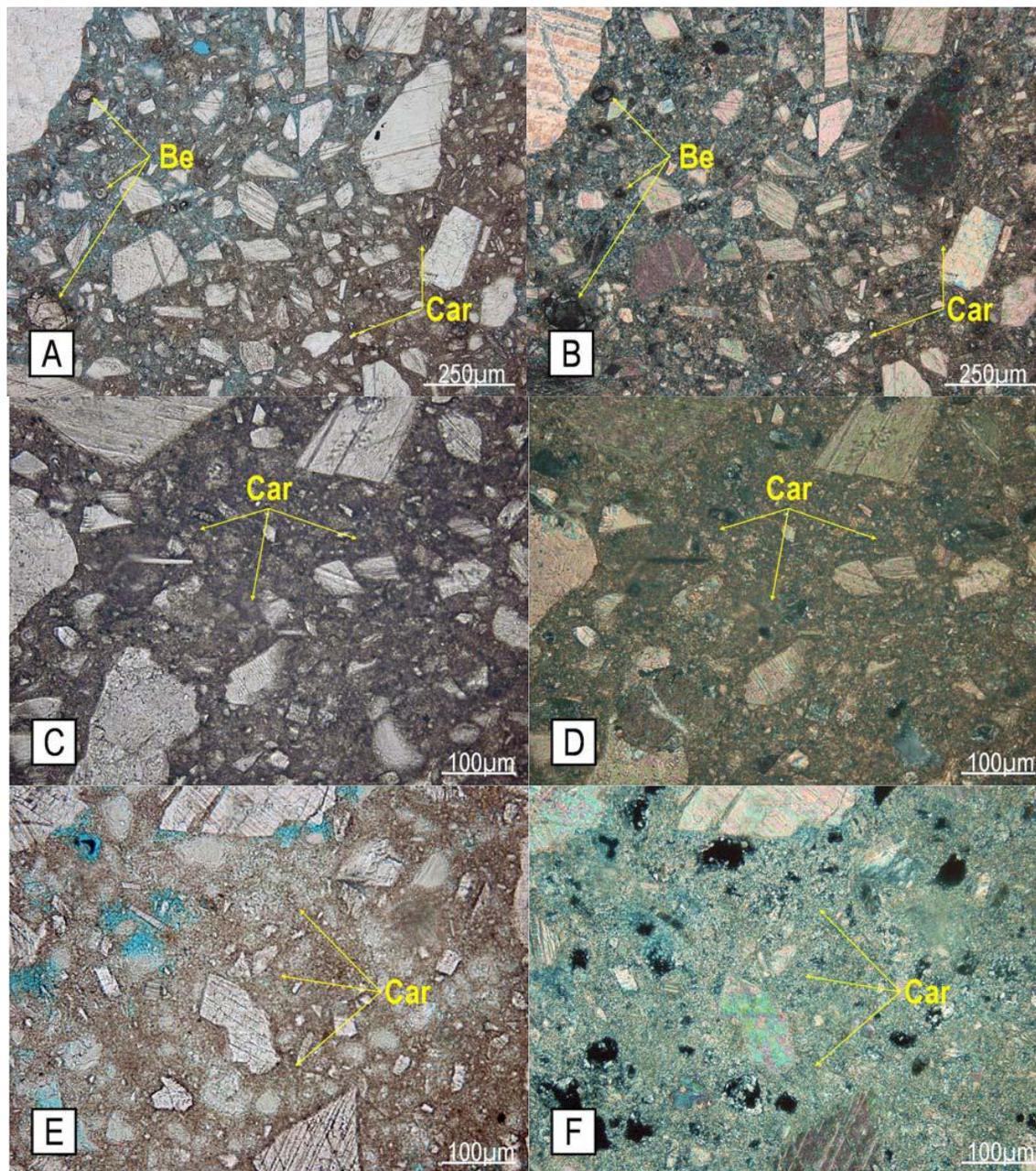


Figura 3. Microfotografías de secciones delgadas mostrando en detalle la textura de la pasta de cemento (belita (Be) y pasta cementicia carbonatada (Car)) de los pisos 25 (A y B), 33 (C y D) y 46 (E y F) con luz polarizada plana y luz polarizada cruzada, respectivamente.

La figura 4 muestra la textura de la pasta de cemento de un prefabricado de la fachada Sur – Occidental y del piso 33 en dos sectores diferentes, relacionados con la proximidad al ambiente contaminante. En el primer sector, lejano a la contaminación atmosférica (Figuras 4A y 4B), se observan zonas con una concentración de compuestos de cemento no hidratado, una alta microporosidad y áreas con un grado de carbonatación leve, mientras que en un segundo sector, adyacente a la superficie expuesta a la contaminación atmosférica (Figuras 4C y 4D), presenta una pasta cementicia muy birrefringente y no se observan cristales de compuestos de cemento remanentes; en este punto el grado de carbonatación es muy alto. Lo anterior indica un aumento

en la intensidad de la carbonatación de acuerdo con la cercanía a la exposición directa de los agentes contaminantes.

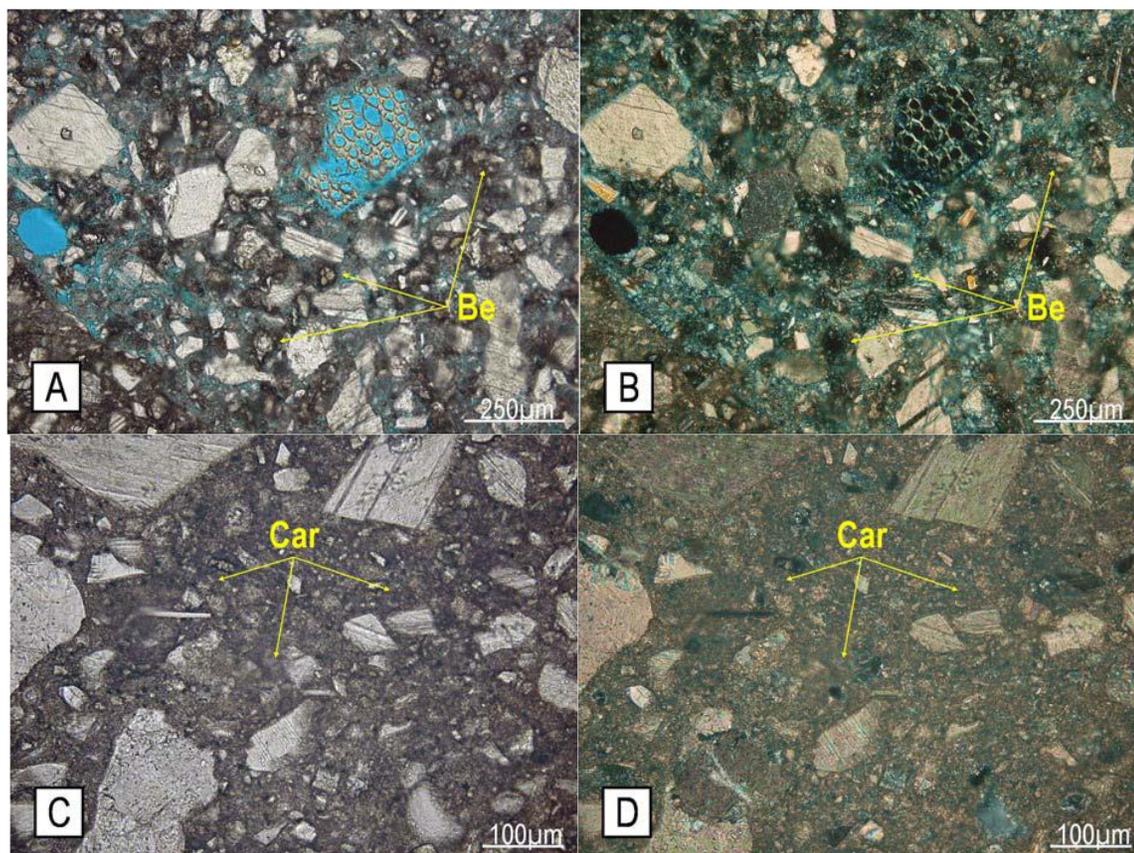


Figura 4. Microfotografías de secciones delgadas mostrando la concentración de cristales de belita (Be) y una alta microporosidad (A y B) y la pasta cementicia birrefringente (Carbonatada-Car) que elimina el detalle microscópico de la matriz endurecida (C y D), con luz polarizada plana y luz polarizada cruzada, respectivamente.

Por otra parte, en el análisis se encontró la presencia de cristales de ettringita con forma de agujas largas, delgadas, incoloras de baja a media birrefringencia, comúnmente en racimos radiales y localizados principalmente en las paredes de los vacíos de aire y microgrietas (Figura 5).

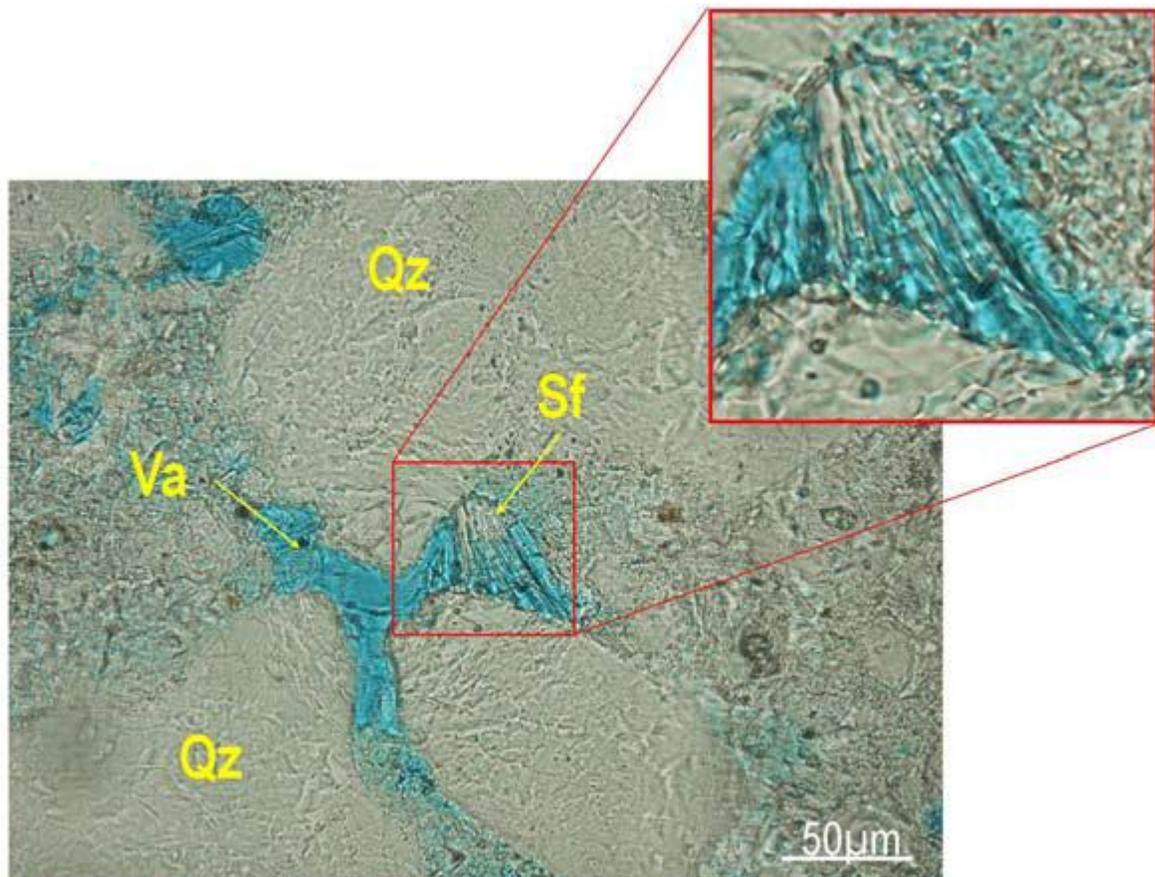


Figura 5. Microfotografías de sección delgada mostrando la concentración de cristales ettringita (Sf), en forma de agujas dispuestas en racimos radiales localizada dentro de un vacío de aire (Va), con luz polarizada plana.

4. CONCLUSIONES

Se determina que la fachada de la Torre Colpatria presenta varias lesiones, destacándose la fisuración, la oxidación y corrosión del refuerzo estructural de los prefabricados y la carbonatación y el ataque de sulfatos en la pasta de cemento de los prefabricados de fachada.

El origen de los problemas patológicos observados en los materiales que componen la fachada de la Torre Colpatria se relaciona directamente con la exposición de estos a un medio adverso debido a la contaminación.

Según los datos obtenidos en el estudio de Calidad del aire (DAMA, 2003), el centro de la ciudad de Bogotá es uno de sectores con más emisión de gases contaminantes. Es así como la carbonatación y la presencia de sulfatos se desarrollan debido a la reacción de los gases de CO_2 y SO_2 (presentes en la atmósfera y originados por la contaminación) con la humedad (H_2O) produciendo compuestos ácidos. Estas transformaciones químicas que ocurren en la atmósfera son caracterizadas como procesos de oxidación, reducción y ácido – base (Ruiz, 2002).

Es así como los desprendimientos de la capa exterior de los prefabricados de la fachada, se generan cuando el concreto de recubrimiento de los prefabricados se fisura, avanza la carbonatación y sulfatación, disminuye el pH del concreto y se afecta el acero de refuerzo, el cual se oxida y se corroe. Todo lo anterior se presenta en diferentes grados dependiendo implícitamente de la ubicación de la fachada, de la altura y de la profundidad, pues los procesos

ambientales como la exposición al sol, las presiones, la dirección de los vientos y la contaminación atmosférica no son constantes en todos los frentes de fachada.

Por último, es de anotar que no se conoce otra referencia de algún estudio que relacione el análisis de lesiones por contaminación atmosférica en fachadas de concreto y mortero en edificaciones de gran altura, siendo este estudio pionero en el tema, esperando contribuya a futuras investigaciones.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a la administración de la Torre Colpatria por el apoyo dado a este trabajo. Agradecemos la colaboración de Geomec Ltda y CoreLab, por su colaboración en la extracción de núcleos y elaboración de las secciones delgadas. Así mismo agradecemos al Ing. José Gabriel Gómez por sus valiosos aportes durante el desarrollo de este estudio.

6. REFERENCIAS

American Society For Testing And Materials (2004), *Standard practice for petrographic examination of hardened concrete*, ASTM C **856-04**, p. 17.

Campbell D., Sturm R., Kosmatka S. (1991), *Detecting Carbonation*, Concrete technology today. Volumen **12**, 1, p. 5.

DAMA – Universidad de los Andes (2002), *Diseño e implementación de un modelo de calidad del aire para Bogotá*, Informe semestral No 3. Centro de investigaciones en Ingeniería Ambiental CIIA, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Facultad de Ingeniería, Universidad del Los Andes.

Jana D. (2005), *Petrography and Concrete Repair – A Link is Needed*, Chapter News. CI Pittsburgh, Area Chapter, p. 4.

Ruiz J. (2002), *Simulación de la contaminación atmosférica generada por fuentes móviles en Bogotá*, Tesis de Maestría en Meteorología, Departamento de Geociencias, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

St Jhon D., Poole W., Sims I. (1998), *Concrete petrography a handbook of investigative techniques*, Gran Bretaña, Arnold: a member of the holder headline group, p. 474.

Zhang S., Zhang M. (2005), *Application of petrography for determining the quality of concrete cured in tropical environment*, Cement and Concrete Research **35**, pp. 1377–1384.