



Revista de la Asociación Latinoamericana  
de Control de Calidad, Patología y  
Recuperación de la Construcción

E-ISSN: 2007-6835

revistaalconpat@gmail.com

Asociación Latinoamericana de Control  
de Calidad, Patología y Recuperación de

Troconis de Rincón, O.; Sánchez, M.; Millano, V.; Bravo, J.; Delgado, S.  
Enseñanzas de casos de inspección en sótanos  
Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y  
Recuperación de la Construcción, vol. 2, núm. 2, mayo-agosto, 2012, pp. 109-118  
Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la  
Construcción, A. C.  
Mérida, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=427639588006>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica  
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto



# Revista ALCONPAT

[http://www.mda.cinvestav.mx/revista\\_alconpat](http://www.mda.cinvestav.mx/revista_alconpat)



Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción

## Enseñanzas de casos de inspección en sótanos

O. Troconis de Rincón<sup>1</sup>, M. Sánchez<sup>1</sup>, V. Millano<sup>1</sup>, J. Bravo<sup>1</sup>, S. Delgado<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Estudios de Corrosión, Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia Maracaibo, Venezuela. Email: [oladis1@yahoo.com](mailto:oladis1@yahoo.com)

<sup>2</sup>Escuela de Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia Maracaibo, Venezuela

### Información del artículo

Artículo recibido el 28 de Marzo de 2012, revisado bajo las políticas de publicación de la Revista ALCONPAT y aceptado el 30 de Abril de 2012. Cualquier discusión, incluyendo la réplica de los autores se publicará en el primer número del año 2013 siempre y cuando la información se reciba antes del cierre del tercer número del año 2012

### RESUMEN

Este trabajo muestra las enseñanzas obtenidas al evaluar y diagnosticar problemas por corrosión y estructurales en varios sótanos de diferentes tipos de edificaciones, ubicadas cerca y lejos de la costa. En este se reportan los resultados obtenidos de esta inspección, de los cuales se encuentran: levantamiento de daños, ensayos físico-químicos, mecánicos y electroquímicos que permitieron caracterizar el concreto y los daños por corrosión que puedan comprometer a las estructuras evaluadas. Dado que en la mayoría de los casos los sótanos se utilizan como estacionamientos, los problemas de corrosión se deben, en general, a la carbonatación del concreto. No obstante, este efecto se potenció por niveles freáticos altos y presencia de bolsas de agua salina ubicadas en el subsuelo del sótano, lo cual permitió no solo el ingreso del agua sino también de los iones cloruros hacia el concreto. En este trabajo se muestra la evaluación, así como las recomendaciones de las acciones a tomar para extender su vida en servicio.

**Palabras Clave:** Corrosión, sótanos, concreto armado, evaluación, rehabilitación

### ABSTRACT

This paper shows the lessons learned in evaluating and diagnosing corrosion and structural problems in several basements of different types of buildings located near and far from the coast. The results of this inspection are reported. They include: damage survey, physical-chemical, mechanical and electrochemical tests; all of which allowed characterizing the concrete and corrosion damages that could compromise the structures evaluated. Since in most cases the basements are used as parking lots, corrosion problems are due, in general, to the carbonation of concrete. However, this effect is potentiated by high freatic levels and the presence of saline water bags located in the subsoil of the basement, which allowed not only the ingress of water but also of chloride ions into concrete. This paper shows the evaluation and recommendations of actions to be taken to extend the service life of the reinforced concrete structures evaluated.

**Keywords:** Corrosion, basements, reinforced concrete, evaluation, rehabilitation.

Autor de contacto: O. Troconis de Rincón

© 2012 ALCONPAT Internacional

### Información Legal

Revista ALCONPAT, Año 2, No. 2, Mayo – Agosto 2012, es una publicación cuatrimestral de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción, Internacional, A.C., Av. Zamná No. 295 entre 61 y 63 Fraccionamiento Yucalpetén, Mérida, Yucatán, México, C.P. 97248, Tel. 5219997385893, [alconpat.int@gmail.com](mailto:alconpat.int@gmail.com), Página Web: [www.mda.cinvestav.mx/alconpat/revista](http://www.mda.cinvestav.mx/alconpat/revista). Editor responsable: Dr. Pedro Castro Borges. Reserva de derechos al uso exclusivo No.04-2013-011717330300-203, ISSN en trámite, 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, Av. Zamná No. 295 entre 61 y 63 Fraccionamiento Yucalpetén, Mérida Yucatán, México, C.P. 97248, fecha de última modificación: 31 de Mayo de 2012.

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. INTRODUCCIÓN

Las fallas prematuras que presentan las estructuras de concreto armado en general, se deben principalmente a la falta de control de calidad y errados procedimientos de construcción, reparación y rehabilitación (Troconis de Rincón, 1991; Troconis de Rincón, 2003; Sanchez, 2005), que elevan los costos y ponen en riesgo la vida de las personas. Este problema se incrementa con la acción de los agentes agresivos externos que rodean a la estructura, en su mayoría cloruros y/o  $\text{CO}_2$ , lo cual aunado a la construcción de estructuras en terrenos con niveles de capa freática elevados e inapropiados donde se omite el resultado del estudio geotécnico o en su defecto no se realiza, se potencian aun más los daños por corrosión que puedan sufrir dichas estructuras de concreto armado.

Las estructuras a analizar son, en general, residencias multifamiliares: 1.- Un conjunto habitacional, construido en 1998, conformado por dos edificios de concreto armado de 9 pisos cada uno y un sótano común a ambos edificios; 2.- Un conjunto habitacional y comercial conformado por dos edificios de concreto armado de 13 pisos cada uno, Centro Comercial correspondiente a la Planta baja y Mezanine y dos niveles de sótano de 7 pisos cada uno, construido en la década del 70 y 3.- Un edificio, localizado cerca del lago de Maracaibo, de 11 pisos ( $> 50$  años), que se encontraba abandonado, necesitándose su evaluación para rehabilitarlo o sustituirlo. Todas las estructuras evaluadas muestran a simple vista una considerable cantidad de daños por corrosión de la armadura en las columnas del sótano, que evidencian un severo estado de deterioro. La presencia de gran cantidad de áreas fofas y grietas, con delaminación del concreto y acero expuesto en diversas zonas de las columnas, e incluso en algunos casos columnas con más del 50 % de su área agrietada, son una clara indicación del estado crítico de las mismas; así como de la necesidad inmediata de reparación/rehabilitación.

En este estudio se resumen las evaluaciones y el diagnóstico de los Sótanos en dichas Edificaciones, mostrando las diferencias que permitieron la potenciación de la corrosión en cada una de ellas; así como también las recomendaciones y las alternativas de reparación.

## 2. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN

En general el trabajo se desarrolló en dos etapas: Una primera etapa, denominada Inspección Preliminar, que consistió en una visita de reconocimiento a la estructura y una segunda etapa, denominada Inspección Detallada, donde se realizó el levantamiento de daños y fotográfico de todos los elementos que componen la estructura, la aplicación de los ensayos y mediciones necesarias para la obtención de la información requerida, siguiendo los esquemas programados en la primera etapa, según se especifica en el Manual de DURAR (Troconis de Rincón, 1997). Dicha información permitió una evaluación de los problemas, pudiendo de esta forma definir la naturaleza y origen de la corrosión, así como una evaluación de las reparaciones efectuadas, en caso de que estas existiesen. Con el uso del Pacómetro se detectó la posición del acero, en las áreas donde se realizarían las medidas electroquímicas (medición de potenciales ASTM C-876 (ASTM, 1987) y lo establecido en DURAR (Troconis de Rincón, 1997), y velocidad de corrosión, mediante la técnica de resistencia a la polarización, utilizando el GECOR 6 (Feliú, 1993). La información obtenida con estas medidas es muy útil ya que permiten definir claramente los sitios de corrosión activa en la estructura.

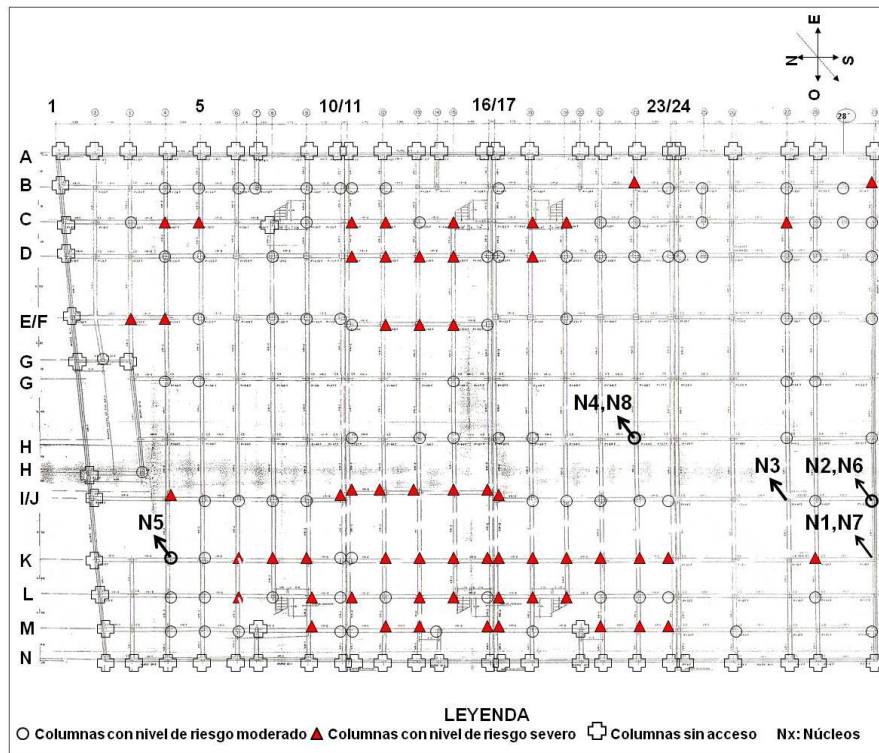
La selección de los elementos para la evaluación fisicoquímica se basó en la información obtenida durante la inspección preliminar y detallada, conformada por testigos (núcleos) tomados en sitio con el fin de conocer la calidad y potencialidad del concreto a corroer a la armadura; determinando además el frente de carbonatación y la concentración de iones cloruro en el concreto.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados y su análisis se efectuarán de acuerdo a la estructura analizada.

#### 3.1 Edificio Multifamiliar construido en 1998.

Levantamiento de daños. Se efectuó el levantamiento fotográfico y de daños de las columnas. Según información suministrada existe un total de 299 columnas, de las cuales se evaluaron 236, ya que las 63 restantes se encuentran sin acceso o no están visibles según planimetría (Figura 1).



**Figura 1.** Plano de distribución de las columnas y localización de núcleos/testigos extraídos (N)

En la Figura 2, se muestran algunas columnas como parte representativa del levantamiento fotográfico, donde se observan los diversos daños encontrados en toda el área del sótano, que evidencian niveles de corrosión de la armadura entre moderada a severa. Es importante resaltar que los daños observados no están generalizados en toda la extensión del espacio evaluado, sino específicamente en 2 áreas, una hacia el sureste (correspondiente a columnas ubicadas en los ejes B, C y D); y la otra en la zona oeste central (correspondiente a columnas ubicadas en los ejes K, L y M); como se puede apreciar en la Figura 1. Solo en algunos casos particulares se evidenciaron grandes grietas, en dirección de la armadura, longitudinal y transversal con delaminación del concreto y acero expuesto. Esto coincide con las zonas del piso del estacionamiento, donde se observan periódicamente charcos de agua que parecieran provenir del subsuelo; por lo cual se realizó un análisis de muestras de esta agua, obteniéndose valores de alta salinidad (>1400 ppm de Cloruros), lo cual sugiere que este es uno de los posibles agentes agresivos que provienen de bolsas de agua salina en el subsuelo.



(a)

(b)

Figura. 2. Levantamiento fotográfico detallado de algunas Columnas con daños severos por corrosión de la armadura (a) Delaminación con acero expuesto en casi toda el área de las caras sur y este por debajo de 120 cm. (b) Cara Oeste. Detalle. Grieta y concreto fofa por debajo de 120 cm.

De acuerdo al estado de corrosión de la armadura se identificó que un 24% de las columnas se encuentra en estado de riesgo severo (57 columnas), un 30% en estado moderado (96 columnas) y un 33% de las columnas sin daños aparentes (83 columnas). Entre las que cabe mencionar que para los Ejes B, C, D, E, J, K, L, y M se registraron la mayor cantidad de columnas (más de un 50%), con grietas situadas por debajo de 120 cm de altura del elemento, pero con grandes extensiones de áreas fofas. De tal forma que se muestra una tendencia de elementos con daños severos a moderados preferentemente hacia el frente Este y Oeste del Sótano; comportamiento relacionado con las pendientes de la placa de piso utilizadas en esta área según planos de instalaciones sanitarias y aguas negras del sótano.

Es preciso destacar que muchas de estas columnas fueron reparadas anteriormente por presentar los mismos problemas; y en menos de 2 años los daños se potenciaron de tal manera que se observan grandes extensiones de grietas y delaminación del concreto, posiblemente debido a errados procedimientos de reparación y problemas asociados a las bolsas de agua salina en el subsuelo.

Ensayos Electroquímicos, Físico - Químicos y Mecánicos. El potencial de corrosión fue determinado a lo largo del refuerzo, cada 25 cm; mientras que la velocidad de corrosión fue determinada según los resultados de potenciales obtenidos; es decir en aquellas zonas donde estos mostraban potencialidad corrosiva. La Tabla 1 muestra el levantamiento de potenciales correspondiente a una de las columnas, en la cual se evidencia una tendencia de elevada potencialidad de riesgo por corrosión con potenciales más negativos que -250 mV vs Cu/CuSO<sub>4</sub>, hasta una altura de 55 cm desde el suelo, debido en gran parte al efecto de capilaridad y/o estancamiento de aguas residuales. En la parte superior de las columnas, el comportamiento electroquímico sugiere la existencia del fenómeno de carbonatación del concreto, debido a que se determinaron potenciales mas negativos que -150 mV vs. Cu/CuSO<sub>4</sub> (Troconis de Rincón, 1997).

Tabla 1. Medidas de Potencial en la columna H -22.

Potencial (mV vs Cu/CuSO <sub>4</sub> )								
Altura (cm)	Cara Norte		Cara Este		Cara Oeste		Cara Sur	
	Barra Este	Barra Oeste	Barra Norte	Barra Sur	Barra Norte	Barra Sur	Barra Este	Barra Oeste
200	-160.0	-276.5	-	-	-159.6	-146.6	-	-
175	-160.3	-251.7	-271.5	-215.1	-163.5	-155.5	-186.3	-143.0
150	-296.3	-286.8	-245.9	-231.4	-214.3	-159.1	-209.6	-161.5
125	-199.7	-324.1	-274.6	-248.1	-175.6	-157.2	-209.2	-166.5
75	-183.7	-384.5	-299.1	-305.8	-169.0	-160.8	-223.4	-165.0
55	-292.8	-245.9	-239.1	-475.1	-226.6	-201.8	-255.8	-169.5
50	-402	-	-	-	-	-	-	-
25	-440.0	-450.3	-338.1	-362.2	-415.0	-296.8	-373.0	-220.5
10	-515.0	-529.0	-465.9	-402.6	-483.3	-431.7	-394.0	-327.6

Las medidas de velocidad de corrosión alcanzaron valores entre 0,002 hasta 0,662  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ , encontrándose mayor actividad en la parte inferior (0,662  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$  a 0,519  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ ), para varias columnas, correspondientes a 15 y 10 cm de altura, desde el suelo; inclusive, en algunos casos, se encontraron en zonas superiores valores elevados cercanos al considerado como de riesgo por corrosión ( $>0,1 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ /Columna J29 y J27, 0,068  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$  y 0,146  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ , respectivamente), ambas a una altura de 2 m. Por lo cual fue necesario efectuar ensayos destructivos (extracción de núcleos), que permitieron identificar las alturas y profundidades de la reparación de las columnas.

En la Tabla 2, se muestran los resultados de porosidad total, resistencia a la compresión y profundidad en la carbonatación del concreto, donde se observa que son muy variados, pero existe correspondencia entre ellos; observándose, en general, una alta velocidad de carbonatación, dada la edad de la construcción ( $\approx 11$  años), mostrando los mayores espesores carbonatados en los núcleos extraídos en la parte superior de las columnas (espesores  $> 20$  mm), lo cual demuestra la baja calidad de este concreto para este ambiente de exposición. Esto aunado al elevado contenido de  $\text{CO}_2$  característico del área de sótano, sumado a la falta de adecuados recubrimientos sobre estas columnas.

Tabla 2. Propiedades físico-mecánicas en diferentes columnas

Elemento (Columna)	Porosidad Total (%)	$f_{ck}$ ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	Altura de Extracción (cm)	$e_c$ (mm)	$\text{XCO}_2$ (mm)
C-K29	16,27	486	30	$<30$	0,0
	17,80	277	200	$<30$	23,3
C-J29	19,93	221	97	$<30$	25,0
	18,50	188	200	$<30$	30,0
C-H22	21,04	318	49	$<30$	25,0
	20,18	170	198	$<30$	20,0

$e_c$ = espesor de concreto;  $\text{XCO}_2$ = espesor carbonatado.

En la Figura 3, se muestran las concentraciones de cloruros solubles en agua encontrados a diferentes espesores en cinco de las columnas evaluadas, según la altura de extracción, observando para las columnas K29 y J29, en la parte inferior, las mayores concentraciones de cloruros libres (6649 ppm  $\text{Cl}^-$  base cemento), sin evidencias de un perfil difusional. Sin

embargo, se aprecian concentraciones superiores a mayor profundidad. Esto, unido al comportamiento observado en los núcleos extraídos de la zona inferior (Figura 3), donde se muestra una tendencia a disminuir la concentración de cloruros a medida que se alejan del muro que separa el centro comercial de la residencia. Es decir, desde el eje 29 (sobre el muro que colinda con el sótano del centro comercial) al eje 3 disminuye progresivamente la concentración (N1, N2, N3, N4 y N5), lo que confirma que una de las fuentes del problema ha sido el estancamiento de agua en el área proveniente de la filtración a través del muro y las bolsas de agua salina en el subsuelo. Este comportamiento no se evidencia en los núcleos extraídos en la parte superior los cuales muestran un valor promedio de 2000 ppm de  $\text{Cl}^-$  en base al contenido de cemento ( $< 4000 \text{ ppm/cemento}$ ) (Troconis de Rincón, 1997; DURACON Collaboration, 2007), lo que pareciera indicar que la mezcla de concreto utilizada se encontraba contaminada al momento de la construcción.

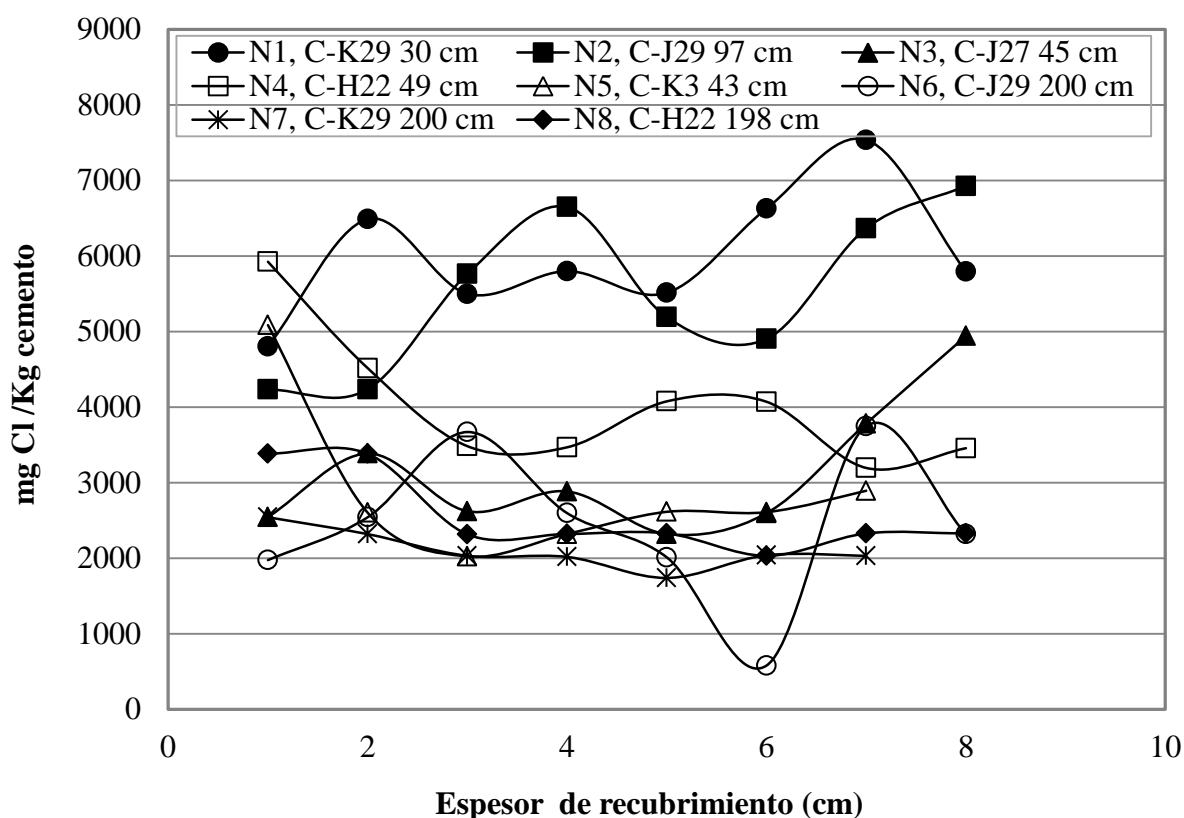


Figura 3. Perfil de concentración de cloruros de los núcleos en su cara norte extraídos de las columnas, a diferentes alturas.

### 3.2 Edificios construidos en la década de los 70.

**Levantamiento de Daños.** Esta estructura está expuesta a un alto contenido de  $\text{CO}_2$ , ya que se encuentra ubicada entre avenidas y calles de elevado flujo vehicular, aunado a la alta humedad relativa característica de la ciudad, que definen la atmósfera agresiva que las rodea. La Figura 4 muestra grietas y delaminaciones que demuestran el avance del fenómeno de corrosión en las columnas; donde además pueden apreciarse óxidos abundantes de color negro, lo cual da indicios de posibles problemas de corrosión por cloruros. Es importante destacar que los daños observados no están generalizados en toda la extensión del área evaluada (segundo sótano), estos se encuentran delimitados según la ubicación y condiciones específicas de los elementos; solo en algunos casos particulares se evidenciaron grandes extensiones de grietas en dirección de la armadura longitudinal y transversal con delaminación del concreto y acero expuesto.





Figura. 4. Vista de una de las columnas del sótano donde se muestran grietas con delaminación del concreto y acero expuesto con productos de corrosión negros.

Ensayos Electroquímicos, Físico- Químicos y Mecánicos. La Tabla 3 muestra algunos de los resultados de la profundidad de carbonatación en el concreto y la resistencia a la compresión, para los núcleos extraídos. La profundidad de carbonatación encontrada es muy baja para los años de servicios que posee la estructura (> 40 años) y las condiciones del medio. Sin embargo, se esperaría un mayor valor por el alto flujo vehicular, lo cual demuestra que se utilizó una calidad adecuada del concreto para este ambiente tropical.

Tabla 3. Propiedades físico-mecánicas en diferentes columnas

ELEMENTO	Altura (cm)	$e_c$ (mm)	$XCO_2$ (mm)	$f_{ck}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Columna 2	56.6	30	18	240
Columna 3	53.5	30	20	247
Columna 4	65	20	10	256
Columna 5	40	20	3	267
Columna 6	77	30	5	254
	56	30	3	268
Columna 7	48	30	18	240
Columna 8	47	47	22	251



Los ensayos de iones cloruro realizados a los núcleos de concreto extraídos en sitio, presentan un contenido de este ión por debajo del límite de riesgo por corrosión ( $< 4000 \text{ ppm Cl}^-$  base cemento a nivel de armadura) (Troconis de Rincón, 1997). Sin embargo, análisis realizados al concreto delaminado o cercano a las grietas ya existentes, en su sección próxima al refuerzo, demuestran concentraciones de cloruros de más de  $22.000 \text{ ppm Cl}^-$  base cemento; lo que se corresponde con los abundantes productos de corrosión de color negro, característicos de la presencia de este ión en el concreto. Al investigar sobre el origen de estos iones en el concreto, se informó que las columnas que presentan daños fueron lavadas periódicamente por un producto que permitió la eliminación de los nidos de comején existentes en las mismas. Así, se analizó una muestra del producto de limpieza utilizado, resultando en un pH de 9 y un contenido de cloruros de  $1045 \text{ ppm}$ ; lo cual indicaría que los cloruros presentes en el concreto agrietado provienen de los productos utilizados en la limpieza. Por esto, la reparación de estas columnas se realizó solo en las áreas afectadas, sustituyendo el concreto por uno de calidad similar al que ellas tenían.

### 3.3 Edificio localizado cerca al Lago de Maracaibo.

Levantamiento de Daños. Las columnas son los elementos estructurales más afectados en cuanto a la corrosión, tal como se muestra en la Figura 5; donde se observa un avanzado estado de deterioro de las mismas con corrosión de moderada a severa de la armadura.



Figura 5.- Izquierda: Vista General de las Columnas en el Sótano. Nótese los perfiles de acero en las zonas inferiores de las mismas y la inundación con agua. Derecha: Vista cercana de una columna típica con perfiles de acero en las esquinas y luego de retirarse los mismos, nótese el desprendimiento del concreto fofo y la armadura con corrosión severa.

Ensayos Físico-Mecánicos-Electroquímicos. La Tabla 4 muestra los resultados de esta evaluación, donde se observa que aun cuando la resistencia a la compresión es muy baja, lo que indica un concreto de baja calidad, la carbonatación del concreto es despreciable. Esto se debe al alto grado de humedad del concreto, dado que el nivel freático del agua del lago ( $> 3000 \text{ ppm}$  de Cloruros), es muy alto, llegando inclusive en épocas de mareas altas a inundar el sótano. De allí el alto nivel de iones cloruro encontrado en estas columnas.

Tabla 4.- Algunos resultados de los ensayos físico-químicos y mecánicos efectuados a algunas columnas

Núcleo No.	Ubicación	Cara	Altura (cm)	Carbonatación (cm)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Contenido de Cloruros Profundidad (cm)	Cloruros (ppm)
N11	Sótano-C1, Eje A	CW	132	0	144,7	0-2,2	2860
						2,4-3,4	2860
						3,6-4,6	4290
N12	Sótano-C1, Eje A	CW	51	0,4	171,2	0-1	1400
						1,2-2,2	3510
						2,4-3,4	5610

Se midieron potenciales de corrosión en varias columnas, cuya ubicación se seleccionó tratando de cubrir toda el área que pudiese estar afectada por corrosión. La velocidad de corrosión se midió solamente en dos de ellas. En general, los valores de los potenciales y velocidad de corrosión indicaron corrosión de moderada a severa de la armadura, a todo lo largo de la columna. Solamente algunas columnas en áreas cercanas al techo, no mostraron actividad de la armadura, lo que corrobora lo indicado anteriormente, que los problemas presentados en las columnas del sótano se deben a la mala calidad del concreto que ha permitido la difusión rápida de los iones cloruros provenientes del lago, dado lo alto de su nivel freático. Es importante indicar que en este caso, dado el avanzado estado de deterioro de toda la edificación, se decidió demolerla.

#### 4. CONCLUSIONES

1. La corrosión de la armadura en las Columnas del Sótano del primer edificio se debe principalmente a cloruros que han ingresado desde el exterior al concreto debido a bolsas de agua salina ubicadas en el subsuelo del sótano, aunado a largos periodos de estancamiento de esta agua durante el tiempo de construcción y abandono parcial.
2. Para el caso del segundo edificio los problemas de corrosión de la armadura se deben básicamente al uso de sustancias, que contienen alta concentración de cloruros, para eliminar los comejenes.
3. En el último caso estudiado, los problemas severos de corrosión se debieron a la mala calidad del concreto utilizado en la construcción y el alto nivel freático del agua del lago de Maracaibo en esa zona.
4. Las columnas que presentan delaminación con acero expuesto y grandes áreas fofas deben repararse según plan bien organizado de reparación/rehabilitación con una inspección que garantice la efectividad/calidad de los trabajos a realizar.

#### 5. RECOMENDACIONES

Para el caso de los edificios donde el problema se debe a la difusión de cloruros desde el subsuelo, la mejor alternativa de control de corrosión, una vez reparadas las columnas según las instrucciones dadas por el ICRI (ICRI guide N° 03730,1989), sería la protección catódica por corriente impresa. La segunda alternativa sería la sustitución del concreto contaminado con cloruros por uno de mejor calidad (a/c = 0,4; 400 kg cemento/m<sup>3</sup> concreto y 10% microsilice ó un producto comercial pre-dosificado) y el uso de Ca(NO<sub>2</sub>)<sub>2</sub> como inhibidor de corrosión.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- ASTM (1987) Standard C-876-87 *Standard Test Method for Half-Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete*. Philadelphia. USA.
- DURACON Collaboration. Trocónis de Rincón O. and coauthors (2007) *Effect of the Marine Environment on Reinforced Concrete Durability in Iberoamerican Countries: DURACON Project/CYTED*, Corrosion Science, Elsevier Science LTD Publication, Volumen 49, Issue 7, pp. 2832-2843.
- Feliú S., González J. A., Feliú V., Jr Feliú S., Escudero M. L., Rz Maribona I., Austiín V., Andrade C., Bolaño J. A., Jiménez F. (1993) *Corrosion Detecting Probes For Use With A Corrosion-Rate Meter For Electrochemically Determining The Corrosion Rate Of Reinforced Concrete Structures*, U.S. Patent No. 5.259.944.
- ICRI guide N° 03730- (1989) *Guide for Surface Preparation for the Repair of Deteriorated Concrete Resulting from Reinforcing Steel Corrosion*,. (RE-ISSUED 1995).
- Sanchez M., Troconis de Rincón O., Sanchez E., Garcia D., Sanchez E., Sadaba M., Delgado S. and Fernández R. (2005) *Corrosion Problems Associated with a Fireproofing-Coated Structure exposed to a Marine Environment*, Materials Performance, Vol. 44 No.10, pp 34-37.
- Troconis de Rincón O. y Miembros de la Red DURAR. Red Temática XV.B. (1997) *Durabilidad de la Armadura. Manual De Inspección, Evaluación y Diagnóstico de Corrosión en Estructuras de Hormigón Armado*, CYTED ISBN 980-296-541-3. Maracaibo. Venezuela.
- Troconis de Rincón O., Arrieta de Bustillos L., Vezga C. (2003) *Evaluation, Diagnosis and Rehabilitation of Buildings in Rural Environments*, Journal of Architecture & Environment. Vol.2, No. 1, pp. 45-54.
- Troconis de Rincón O., Sánchez M., Pérez O., Contreras D., García O. y Vezga C. (1991) *A Study of Practical Cases of Steel Corrosion in Reinforced Concrete. Causes and Solutions*, Materials Performance, Vol. 30, No. 8, pp. 42-45