

Hormigón armado

La corrosión ataca desde adentro

Marcela Vázquez
Instituto de Investigaciones
en Ciencia y Tecnología (INTEMA),
Facultad de Ingeniería, UN de Mar del Plata.
Raúl Fernández
Programa de Divulgación Científica,
Secretaría de Extensión, UN de Mar del Plata.

Todo aquel que haya observado la formación de manchas de óxido sobre la superficie de una reja o portón de hierro, o que haya seguido el proceso de perforación de la chapa de un vehículo luego de haberse levantado la pintura, habrá sido testigo de un proceso de corrosión. ¿Cómo afecta la corrosión al hormigón armado?

Definiendo al enemigo

La corrosión es uno de los enemigos naturales más perseverantes y silenciosos de las obras materiales del hombre. Es el principal mecanismo de deterioro que presentan los metales por acción del medio ambiente. Durante este proceso, los átomos que constituyen el metal pierden electrones y se convierten en especies cargadas positivamente (cationes), que pueden dispersarse en el entorno o formar una capa de óxido. Simultáneamente, algún otro compuesto capta esos electrones: es el agente oxidante. En medios acuosos aireados, generalmente es el oxígeno del aire el que cumple este papel.

En los países industrializados, las pérdidas económicas causadas por la corrosión son elevadísimas. Recientemente, se han estimado los costos derivados de problemas por corrosión de metales en 26 sectores industriales de los Estados Unidos. El costo directo se estimó en 276 mil millones de dólares por año, lo que representa el 3,1 por ciento del producto interno de dicho país de 1998. Estas cifras pueden considerarse conservadoras, teniendo en cuenta que en la mayoría de los casos, incluyen solo los costos directos ocasionados por las medidas preventivas, de mantenimiento o derivadas de la sustitución de partes corroidas. Una evaluación más realista debería incluir una serie de costos indirectos (u ocultos) en la que se incluya: las pérdidas de producción (el lucro cesante), los costos de paradas de plantas, los coeficientes estimados para compensar las pérdidas de espesor por corrosión, la disminución en la calidad por impurezas producto de corrosión, entre muchos otros. En forma conservadora, el costo indirecto ocasionado por la corrosión puede estimarse de la misma magnitud que el costo directo.

La corrosión aparenta ser un enemigo imbatible, dadas las condiciones ambientales y las leyes físico-químicas que rigen el pasaje de los electrones de un compuesto a otro en la naturaleza. Sin embargo, los daños y, por ende, los costos originados por la corrosión pueden reducirse drásticamente y, a veces, incluso evitarse. Para ello, es necesario definir métodos de protección confiables y económicamente viables, tanto en el diseño como en el mantenimiento de las partes susceptibles de corrosión.

No parece previsible que nuevos descubrimientos o grandes avances científicos puedan eludir las leyes electroquímicas de forma tal de eliminar la corrosión y así contribuir a mejorar la ecuación económica. Sin embargo, un mejor aprovechamiento de los conocimientos disponibles podría, sin dudas, derivar en la utilización más racional de los materiales metálicos y representar una reducción en los costos totales. Para lograr este objetivo es fundamental disponer de información sobre el proceso de corrosión, sobre cómo prevenirlo, cómo mantener los componentes que afecta y, en caso de que el problema ya esté instalado, cómo encarar la etapa de reparación.

El enemigo desarma al hormigón armado

El hormigón armado desempeña un papel muy importante en nuestra vida cotidiana. Se encuentra presente en la mayoría de las estructuras civiles y viales con las que se construyen las ciudades y vías de comunicación y transporte. Aunque no se encuentren a la vista, el hormigón armado contiene, por defini-

ción, partes metálicas. El acero de sus armaduras es el que da refuerzo y sustento a estas estructuras.

Es posible que, por hallarse ocultas, no se le otorgue a estas armaduras metálicas la relevancia que tienen, así como las consecuencias que puede acarrear su deterioro. Aquí analizaremos las causas y los efectos de la corrosión de esta parte metálica del hormigón armado, así como algunas formas de actuar ante ella.

La corrosión en el hormigón armado es un problema que no solo afecta la integridad estructural de edificios y puentes, dado que causa agrietamientos y reducción del espesor de las armaduras, sino que también compromete la seguridad de las personas que los utilizan y de terceros. En el caso de unidades habitacionales, la evidencia de problemas de corrosión (manchas de óxido, agrietamientos y desprendimiento de material) provoca adicionalmente la desvalorización del inmueble, debido a su deterioro estético y funcional. Por tener consecuencias económicas y sociales muy importantes, hay creciente interés en estudiar la corrosión del hormigón armado.

La corrosión de las armaduras del hormigón armado se manifiesta con particular severidad en las ciudades costeras, especialmente las marítimas. El último censo reveló que en Mar del Plata, por ejemplo, el parque de edificios en altura cuenta con una antigüedad promedio de aproximadamente 30 años. Una proporción no determinada ha comenzado a mostrar patologías riesgosas por diversas causas (ambientales, defectos de construcción o diseño, condiciones de uso o falta de mantenimiento), siendo numerosos los casos de desprendimiento de materiales u otras manifestaciones (ver figuras 1 y 2). Gran parte de estas patologías tiene como factor desencadenante la corrosión de las armaduras del hormigón.



Figura 1. La corrosión que afecta la estructura metálica del hormigón armado provoca el deterioro de los balcones de este edificio.



Figura 2. La loza comienza a deteriorarse como consecuencia del avance de la corrosión.



Figura 3. Estructura de hormigón armado expuesta al contacto con el agua salada.

La durabilidad de las estructuras de hormigón armado es motivo de constante preocupación. Las inspecciones realizadas en un gran número de estructuras ubicadas en distintos sectores de Mar del Plata han reflejado que, en la mayoría de los casos, los problemas de corrosión se originan por una combinación de defectos constructivos y de diseño, empleo de materiales inapropiados y falta de mantenimiento. Es muy frecuente observar signos tempranos de deterioro en estructuras reparadas, que indican corrosión de las armaduras al poco tiempo de efectuada la reparación. Las patologías características de los procesos corrosivos aparecen sumamente extendidas, afectando un alto porcentaje del parque edilicio local. Si bien en pocos casos se observó que la integridad estructural estuviese comprometida, resulta ineludible la intervención en construcciones con las patologías descriptas.

Estudiando al enemigo

El hormigón armado es un material compuesto, formado por acero inmerso en hormigón. Este último es, a su vez, un material poroso, formado por la combinación de cemento, agua y agregados fino



Extracción de información de estructura en un puente en la localidad de Cipoletti, provincia de Neuquén.

Un pilote sostén afectado seriamente por el proceso corrosivo.

(arena) y grueso (piedra) en proporciones variables. Por sus excelentes propiedades estructurales, su bajo costo y su durabilidad, el hormigón armado es, en nuestros días, el material más empleado para las construcciones.

Debido a la composición del cemento el hormigón presenta carácter alcalino (o básico). La solución existente en sus poros tiene valores elevados de pH, cercanos a 13. En estas condiciones el acero de refuerzo se encuentra cubierto por una capa natural de óxido compacta y adherente. Este estado del acero se denomina *pasivo* y su velocidad de corrosión es prácticamente nula.

Sin embargo, el ingreso de ciertos agentes agresivos del ambiente puede cambiar esta situación. Dos agentes que afectan seriamente la estabilidad de la película superficial del acero son los iones cloruro y el dióxido de carbono (CO_2). La composición, el espesor y la adherencia de esta película cambian por reacción química con estos agentes. El acero pierde su estado pasivo y pasa al estado *activo*, en el cual es susceptible de sufrir corrosión. Una vez que el proceso de corrosión se ha iniciado, el óxido formado ocupa un volumen mucho mayor que el acero en estado pasivo. Debido a este aumento de volumen del material incluido y a la baja resistencia a la compresión diametral del hormigón, comienzan a aparecer grietas y fisuras en su superficie. Estos deterioros facilitan la llegada de los agentes agresivos a las armaduras de acero y aceleran el proceso corrosivo.

En ambiente marino, la principal causa de deterioro de las estructuras de hormigón armado es la corrosión iniciada por iones cloruro. La exposición de las estructuras al agua de mar y la brisa marina o el empleo de agregados locales contaminados con sales, provoca la incorporación de estos iones

al hormigón. En el primer caso, los iones cloruro penetran desde el exterior a través de la red de poros del hormigón. En el segundo, han sido incorporados como contaminantes de alguno de los componentes de la mezcla (agregados fino o grueso, agua, aditivos, etc.). Cualquiera sea la fuente, una vez alcanzado un nivel de concentración crítico en la superficie de las armaduras, el acero pierde su estado pasivo pasando a estado de corrosión activa y se inicia el deterioro de los refuerzos.

El segundo agente que contribuye fuertemente al inicio de la corrosión es el dióxido de carbono (CO_2) atmosférico. Este compuesto reacciona químicamente con los productos de hidratación del cemento presentes en la solución alcalina de los poros del hormigón. Este proceso de carbonatación disminuye la alcalinidad del material y provoca la pérdida del estado pasivo del acero de las armaduras.

Además de los dos agentes analizados, la corrosión de las armaduras depende de: la calidad del hormigón (porosidad, permeabilidad, resistencia a la compresión, etc.), el tipo y la cantidad de cemento empleado, el espesor del recubrimiento y la humedad, entre otras condiciones ambientales. La composición química del cemento afecta considerablemente el movimiento de iones cloruro, debido a que pueden combinarse químicamente y fijarse en la matriz del hormigón.



Figura 4. Deterioro de una estructura de hormigón armado por carbonatación. El CO_2 atmosférico reacciona químicamente con los productos de hidratación del cemento presentes en la solución alcalina de los poros del hormigón disminuyendo su alcalinidad y activando el proceso de corrosión de las armaduras.

Pepe Eliashev



esto que pasa

lunes a viernes | 18.00 - 20.00

www.pepeeliashev.com.ar

AM 870

radio nacional

RNA

SISTEMA NACIONAL DE MEDIOS PÚBLICOS

¿Qué hacer cuando el enemigo está instalado?

Como en toda intervención, la primera acción es realizar un diagnóstico de la situación. Esto implica determinar el grado de deterioro existente en la estructura de hormigón armado afectada por corrosión. Para ello, es necesario realizar una inspección detallada que incluya, además de la observación, la determinación de ciertos parámetros físicos y químicos *in situ* (estudio de campo). Simultáneamente, se extraen muestras para realizar ensayos en el laboratorio. Por otro lado, es importante recopilar información sobre la historia de la estructura: su antigüedad, los planos y/o especificaciones de construcción, si fue construida en etapas, su historial de reparaciones y/o modificaciones y todo otro detalle sobre sucesos que la pudieron haber afectado.

La inspección permite determinar el tipo de componente estructural involucrado (vigas, lozas, columnas, otros), la extensión de la zona afectada y el tipo de manifestación (desprendimiento de material, grietas, rajaduras, manchas, etc.). Las grietas paralelas a las armaduras son una manifestación típica de su corrosión. Si el hormigón se encuentra saturado con agua o muy húmedo, la corrosión se manifiesta a través de manchas de óxido en la superficie, sin grietas ni desprendimientos del recubrimiento (delaminación).

Un diagnóstico completo incluye las siguientes determinaciones:

1) Localización de las armaduras y verificación de su continuidad eléctrica. Cuantificar las armaduras permite evaluar la capacidad portante

de la estructura y verificar el ajuste de la obra a los planos. Se utiliza un detector electromagnético de armaduras denominado 'pacómetro'. La continuidad eléctrica entre los refuerzos permite determinar la existencia de óxido aislante entre ellos.

2) Disminución de la sección de las armaduras. Luego de remover el recubrimiento de hormigón se expone un sector de armadura y se mide la sección. Se determina si hay disminución en la sección por comparación con la del refuerzo originalmente empleado. Una disminución superior al 20 por ciento compromete la integridad estructural, mientras que una disminución de apenas un uno por ciento compromete la seguridad de personas y bienes, por riesgo de desprendimiento de mampostería.

3) Velocidad de corrosión (VC) de las armaduras. Indica su velocidad de deterioro, expresada como disminución de la sección en función del tiempo. Para su determinación en estructuras en servicio, se utiliza la técnica denominada 'resistencia a la polarización', que requiere del empleo de un potenciómetro portátil. La tabla 1 indica los valores de VC de referencia y su correlación con el nivel de daño y la condición del hormigón. La figura I ilustra esta medición.

4) Profundidad del frente carbonatado. Se determina con una solución indicadora de pH, aplicada en una perforación que alcanza



Figura I. Medición de la resistencia a la polarización utilizando un potenciómetro portátil. Esta medición brinda información sobre la velocidad de corrosión de la armadura (ver tabla 1).

un refuerzo (se aprovechan las extracciones de muestras). Usualmente se emplea solución de fenolftaleína en etanol, que tiñe de color púrpura los sectores con pH mayor de 9.5; a valores inferiores el material queda incoloro. La acidificación, producida por el CO₂ ambiental (ver texto principal), determina el avance del frente carbonatado.

5) Potencial electroquímico de corrosión. Indica la susceptibilidad del acero de las armaduras a la corrosión (estados activo o pasivo, ver texto principal). De esta manera, es posible detectar los sectores de las armaduras en estado activo, aunque no existan manifestaciones visibles de corrosión. La medición se realiza con un voltímetro. La interpretación de los resultados se encuentra normalizada. La figura II ilustra el procedimiento de determinación. La tabla 2 indica los intervalos de interés, correlacionados con el riesgo y el tipo de corrosión

6) Resistividad eléctrica. Depende de la estructura y del contenido de los poros del hormigón, en cuanto a su nivel de carbonatación, de iones cloruro y su humedad. Permite caracterizar la calidad del hormigón y evaluar el riesgo de corrosión de las armaduras. Para su determinación se emplea la técnica conocida como 'método de Wenner' o 'de las cuatro puntas', que requiere de



Figura II. Medición de la susceptibilidad del acero de las armaduras a la corrosión. En estado pasivo la armadura no es afectada; en estado activo la corrosión avanza aunque no existan manifestaciones visibles de corrosión. La medición se realiza con un voltímetro.



Figura III. Extracción de un testigo de una columna de hormigón armado.

E_{CORR} / mV vs. CSE	Riesgo por corrosión	Tipo de corrosión
> -200	Bajo	Acero en estado pasivo
-200 a -350	Moderado	Transición activo-pasiva*
< -350	Alto	Corrosión activa

* Es necesario efectuar análisis complementarios para determinar la presencia de corrosión.

Tabla 2. Intervalos de potencial de corrosión para acero en hormigón, medidos contra un electrodo de referencia de cobre/sulfato de cobre saturado (CSE).

Intervalo de ρ / $\kappa\Omega\text{cm}$	Agresividad del hormigón
> 200	Baja
20 a 200	Moderada
< 20	Alta

Tabla 3. Agresividad del hormigón en función de los valores de resistividad eléctrica (ρ).

un medidor de resistencia tipo Nilsson. Algunos valores de referencia se presentan en la tabla 3.

7) Porosidad del hormigón (en muestras). Caracteriza la calidad del hormigón y está estrechamente relacionada a su durabilidad, dado que es un indicador de la permeabilidad al agua y a los agentes agresivos del ambiente. Se determina en laboratorio y de acuerdo con normas estandarizadas, sobre muestras tomadas durante la inspección. La extracción de muestras puede verse en la figura III.

8) Contenido de iones cloruro (en muestras). El gradiente de concentración de estos iones permite establecer su velocidad de ingreso. La determinación se realiza en laboratorio, mediante procedimientos estandarizados. A partir de la velocidad de ingreso, se puede estimar el tiempo en el cual la concentración de cloruros alcanzará un valor crítico en las armaduras, como para iniciar la corrosión (0,4 por

cientos, en peso, respecto del contenido de cemento).

Un diagnóstico detallado, basado en el análisis conjunto de los resultados de estas determinaciones, permite establecer en forma precisa el grado de deterioro, el origen de la falla y hacer un pronóstico de la vida útil remanente de la estructura. Basándose en esta información, obtenida de forma confiable y cuantitativa, es posible:

- Identificar los principales factores que desencadenaron el proceso de corrosión de las armaduras del hormigón armado.
- Evaluar las propiedades durables del hormigón: su calidad, porosidad, nivel de agresividad, etc.
- Determinar el grado de deterioro de la estructura.
- Estimar la vida residual de la estructura en servicio.
- Establecer las bases para seleccionar un esquema de reparación eficiente que prolongue la vida útil.

Nivel de daño	VC / mm/año	Condición del hormigón
Muy leve	< 1	Muy seco sin contaminación de cloruros (Cl ⁻)
Leve	1 – 5	Seco, carbonatado o poco contaminado con Cl ⁻
Moderado	5 – 10	Húmedo, carbonatado o poco contaminado con Cl ⁻
Alto	10 – 100	Muy húmedo, carbonatado o contaminado con Cl ⁻
Muy alto	> 100	Muy húmedo, carbonatado o muy contaminado con Cl ⁻

Tabla 1. Valores típicos de velocidades de corrosión (VC) para acero en hormigón.

El recubrimiento de hormigón, es decir, la porción de material que se interpone entre las armaduras de acero y el exterior, constituye una barrera física contra la penetración de agentes agresivos desde el ambiente. Su eficiencia para este bloqueo depende fundamentalmente de dos factores: su espesor y su permeabilidad. Bajas relaciones agua / cemento y altos contenidos de

cemento en la preparación, garantizan un hormigón impermeable y de elevada resistencia mecánica.

Por último, la humedad del hormigón también cumple un papel importante ya que favorece la penetración y disolución de los agentes agresivos citados, proporcionando un vehículo para que la corrosión avance.

¿Qué hacer para que el enemigo no se instale?

En general, para prevenir la corrosión es conveniente considerarla como un proceso heterogéneo. El modelo más sencillo del proceso corrosivo involucra una fase reactiva (generalmente metálica), un medio agresivo (sólido, líquido o gaseoso) y una interfase en la que transcurre la reacción. Por lo tanto, los métodos para evitar que el proceso ocurra deben incluir acciones que involucren al material, que influyan sobre el medio o que modifiquen la interfase.

En el caso de la prevención de la corrosión de las armaduras del hormigón armado, hay investigaciones en curso centradas en los refuerzos en sí. Se estudia, por ejemplo, el agregado de componentes de aleación para aumentar la resistencia a la corrosión, el recubrimiento con películas poliméricas inertes o que se disuelvan en forma preferencial (llamados habitualmente 'ánodos de sacrificio'). Si bien los resultados de estas investigaciones son promisorios, los costos de su implementación tornan inviable, por ahora, su utilización en obras.

Las medidas preventivas vigentes actúan sobre el medio, es decir, sobre el hormigón. Ellas se traducen en recomendaciones a ser tenidas en cuenta antes, durante y después de la construcción. Es decir, deben aplicarse en la etapa de diseño de la estructura, en el control de la ejecución de la obra y en el posterior mantenimiento que de ella se haga.

Cuando el hormigón es de buena calidad, es decir si ha sido formulado, preparado y colocado correctamente, la película pasiva que se forma sobre los refuerzos de acero es suficientemente efectiva (ver texto principal). Prueba de ello son las innumerables construcciones de más de 80 años que aún se encuentran en excelentes condiciones de servicio.

Un listado de las recomendaciones a tener en cuenta para la prevención de la corrosión de las armaduras del hormigón

armado incluye los siguientes ítem:

- La preparación de testigos en el momento de colar el hormigón dentro del encofrado. Ellos permiten evaluar ciertos parámetros convenidos con la empresa cementera, como la resistencia a la compresión de hormigón (factor determinante de su calidad) y el grado de contaminación. El uso de testigos debería ser una práctica mucho más frecuente en obras de cierta envergadura.
- El espesor del recubrimiento de hormigón no debe ser inferior a 5cm. Esta cobertura constituye la barrera entre el acero y el ambiente y debe impedir el acceso de agentes agresivos desde el exterior. La colocación del encofrado determina el espesor del recubrimiento y debe controlarse antes del llenado.
- La porosidad del hormigón debe ser baja, lo que se obtiene empleando relaciones agua/cemento inferiores a 0,4 (valor recomendado en los reglamentos de países desarrollados). Esta relación agua/cemento requiere de aditivos que aumenten la fluidez del hormigón ('trabajabilidad' en la jerga de la construcción), de forma tal de poder llenar toda la estructura en forma homogénea. La demanda de agua se puede reducir hasta un 30 por ciento mediante el uso de superplastificantes disponibles en el mercado.
- El uso de materiales no contaminados con agentes agresivos, fundamentalmente iones cloruro. La recomendación típica es evitar la arena de mar, de uso frecuente en obras del litoral marino; en su lugar debe utilizarse arena de río. Aunque también el agua y el agregado grueso (piedras) pueden estar contaminadas. Otra consideración es evitar el cloruro de calcio, de uso muy extendido durante la década del '70 como agente acelerador de la fragua.

- La utilización de hormigones que incluyen en su formulación cementos especiales, aditivos específicos y/o inhibidores debe ser evaluada en cada caso particular. Existen condiciones particulares de construcción de las estructuras o circunstancias especiales en las que prestarán servicios, que justifican el uso de estas formulaciones.
- La instalación de contactos eléctricos a la armadura en distintos sectores de la estructura. Estos contactos permiten el seguimiento en el tiempo del estado de corrosión de las armaduras en distintos componentes estructurales de la construcción. De esta forma, es posible detectar la iniciación de corrosión activa antes de la aparición de patologías visibles.


Por último, es importante también tener en cuenta el mantenimiento de las estructuras de hormigón armado para que el problema de la corrosión sea mínimo. En general, la vida útil para la que se diseñan las estructuras civiles (edificios, viviendas, etc.) alcanza, en promedio, los 10 a 20 años. A partir de entonces, deberán estar sujetas a programas de mantenimiento adecuados, aunque es recomendable iniciarlos previamente. Sería deseable que los programas y criterios de mantenimiento, así como un plan de inspecciones periódicas, fueran redactados por el proyectista de la obra para que estuvieran disponibles desde el emplazamiento.

Por su parte, las reparaciones también tienen una cierta vida útil, que depende directamente de la calidad y el tipo del tratamiento efectuado. Con más razón, es importante contemplar un programa de mantenimiento y de inspección periódica. En estos casos, los aspectos legales y económicos, es decir, las responsabilidades y los costos, deben ser claramente especificados entre los propietarios y los técnicos en el momento de encarar la obra.

Conviviendo con el enemigo (consideraciones finales)

El hormigón armado es un material compuesto sumamente noble; su extendido uso ha contribuido mucho al desarrollo de nuestras construcciones y, sin duda, lo seguirá haciendo.

La vida útil de las estructuras construidas con este material está fuertemente condicionada por la corrosión de sus armaduras de acero. Las patologías del hormigón causadas por la corrosión generan inconvenientes económicos y sociales muy importantes, que deben ser atendidos. Debido a ello, se han encarado estudios electroquímicos que permitieron identificar los factores que determinan el inicio de la corrosión y condicionan su propagación. A partir de los conocimientos obtenidos y de las técnicas desarrolladas, es posible identificar acciones que, aplicadas desde la etapa de proyecto, contribuyen a minimizar su incidencia. Incluso, en caso de que el problema ya esté instalado, es posible realizar un diagnóstico exhaustivo que permite recomendar procedimientos de reparación para extender la vida útil de las estructuras, en óptimas condiciones de servicio.

La corrosión puede mantenerse bajo control, solo debemos aprender a convivir con ella. 



Marcela Vázquez
Doctora en Ciencias Químicas, Licenciada en Química, UNMdP. Profesora adjunta, dedicación exclusiva, Facultad de Ingeniería, UNMdP. Departamento de Ingeniería Química, Fac. de Ingeniería, UNMdP. Investigadora adjunta, Consejo de Investigaciones Científicas y Técnicas, CONICET. División Corrosión, INTEMA, Fac. de Ingeniería, UNMdP. mvazquez@fi.mdp.edu.ar



Raúl Fernández
Doctor en Ciencias Biológicas, UBA. Licenciado en Ciencias Biológicas, UBA. Profesor de Periodismo Científico, Universidad CAECE. Ayudante de 1º, Física y Química Biológicas, Facultad de Ciencias de la Salud y Servicio Social, UNMdP. Encargado del Programa de Divulgación Científica, Secretaría de Extensión, UNMdP. raferna@mdp.edu.ar

Lecturas sugeridas

- GONZÁLEZ FERNÁNDEZ J, 1989, *Control de la corrosión: Estudio y medida por técnicas electroquímicas*, Grafipen, España.
- Red DURAR (Durabilidad de la armadura), CYTED, 1997, *Manual de Inspección, Evaluación y Diagnóstico de Corrosión en Estructuras de Hormigón Armado*.
- MORRIS W and VAZQUEZ M, 2002, 'Corrosion of reinforced concrete exposed to marine environment', *Corrosion Reviews*, Vol. 20, No. 6, pp. 469-508.
- MORRIS W, VÁZQUEZ M y R DE SÁNCHEZ S, 1999, 'Evaluación y diagnóstico de estructuras de hormigón armado y pretensado afectadas por corrosión', V Congreso Iberoamericano de Patología de las Construcciones CONPAT '99, Montevideo, Uruguay.
- MORRIS W, VICO A, VÁZQUEZ M and R DE SÁNCHEZ S, 2002, 'Corrosion of reinforcing steel evaluated by means of concrete resistivity measurements', *Corrosion Science*, Vol. 44, pp. 81-99.

www.corrosioncost.com presenta los costos derivados de problemas de corrosión en los Estados Unidos.

www.icri.org página del *International Concrete Repair Institute*, dirigido a ingenieros, constructores, propietarios, reparadores, etc., con un objetivo común: prolongar la vida útil del hormigón armado.

www.astm.org *ASTM International* provee estándares técnicos para la industria mundial. Los estándares generados abarcan especificaciones, métodos de análisis, guías, etc., para metales, petróleo, construcción y medio ambiente.

Información general sobre los proyectos de investigación del INTEMA (UNMdP-CONICET): www.intema.fi.mdp.edu.ar