



12-14 de Noviembre del 2012
Facultad de Ingeniería Mochis, Universidad Autónoma de Sinaloa

ESTUDIO DE LA CORROSIÓN DEL CONCRETO DE ALTO RENDIMIENTO A BASE DE ALUMINATOS DE CALCIO

C. Gaona Tiburcio¹., C. Barrios D³., A. Borunda T²., J. Cabral M¹., P. Zambrano Robledo¹.,
B. Bermúdez R²., F. Almeraya Calderón^{1,2}.

¹ *Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL.* Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, FIME *Centro de Investigación e Innovación en Ingeniería Aeronáutica, CIIA* Carretera a Salinas Victoria Km. 23. Apocada. Nuevo León. México.

² *Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S. C / Grupo Corrosión* Miguel de Cervantes # 120, Complejo Industrial Chihuahua. Chihuahua, Chih., México.

³ *Universidad Autónoma de Sinaloa,* Facultad de Ingeniería campus Los Mochis.

RESUMEN

En este estudio se evaluaron tres especímenes de concreto de 15 x 30 cm; dos especímenes (Piso y Muro) en solución acida y espécimen (testigo) en agua corriente. La exposición de los especímenes fue en dos medios corrosivos, solución acida H₂SO₄ al 10 % y un espécimen en agua corriente como muestra patrón. La exposición de los especímenes fue a 170°C (exposiciones por 24, 48, 96, 144, 192 horas y 14 semanas). Las técnicas empleadas fueron: Potenciales de corrosión conforme lo marca la norma ASTM C876. Estas mediciones se hicieron con un electrodo de referencia de cobre sulfato de cobre, y medición de la velocidad de corrosión con la técnica de resistencia a la polarización lineal (ASTM G59), con una polarización de ± 20 mV a partir del E_{corr}, usando un electrodo de referencia de cobre – sulfato de cobre.

Palabras Clave: Corrosión, monitoreo, concreto

ABSTRACT

In this study were evaluated three concrete specimens of 15 x 30 cm, two specimens (Floor and Wall) in acid solution, and tap water control specimen. Exposure of the specimens was in two solutions: 10% H₂SO₄ acid solution and tap water as blank. The specimens exposition were at 170 ° C (24, 48,

96, 144, and 192 hours and 14 weeks). The techniques used were: corrosion Potential (ASTM C876 standard) and the corrosion rate measurement with the linear polarization resistance technique (ASTM G59 standard), with a polarization of ± 20 mV from E_{corr} , using a Copper - copper sulfate reference electrode.

Keywords: corrosion, monitoring,

INTRODUCCIÓN.

Los concreto de alto rendimiento son fabricados con cementos a base de aluminatos de calcio, a diferencia del cemento portland el cual tiene silicatos de calcio. Este tipo de concretos son utilizados porque tiene un endurecimiento muy rápido y en la industria petrolera, específicamente en las refinerías, por las necesidades del proceso de transformación del gas amargo en azufre, donde se utilizan fosas para almacenar al dicho azufre y es necesario contar con materiales resistentes a estas condiciones. El azufre liquido esta a una temperatura de 150°C y la presencia eventual del anhídrido sulfúrico SO_3 muy corrosivo puede ser al origen de corrosión muy severa para los concretos tradicionales y aceros.

Determinar el deterioro por corrosión de especímenes de concreto reforzado elaborados con cemento a base de aluminatos de calcio, para aplicaciones en refinerías.

METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Se evaluarán tres especímenes (foto 1.) de concreto con características ya especificadas; dos especímenes (Piso y Muro) en solución acida y espécimen (testigo) en agua corriente.

- La exposición de los especímenes fue en dos medios corrosivos, solución acida H_2SO_4 al 10 % y un espécimen en agua corriente como muestra patrón.
- Exposición de los especímenes a 170°C (exposiciones por 24 horas: 48, 96, 144 y 192 horas).
- Las mediciones que se realizaron fueron (foto 2): Potenciales de corrosión conforme lo marca la norma ASTM C876 estas mediciones se hicieron con un electrodo de referencia de cobre sulfato de cobre. Esta medición es para saber cuál es su tendencia hacia corrosión.
- Medición de la velocidad de corrosión con la técnica de resistencia a la polarización con base a ASTM G59. Empleando los siguientes parámetros ± 20 mV a partir del E_{corr}

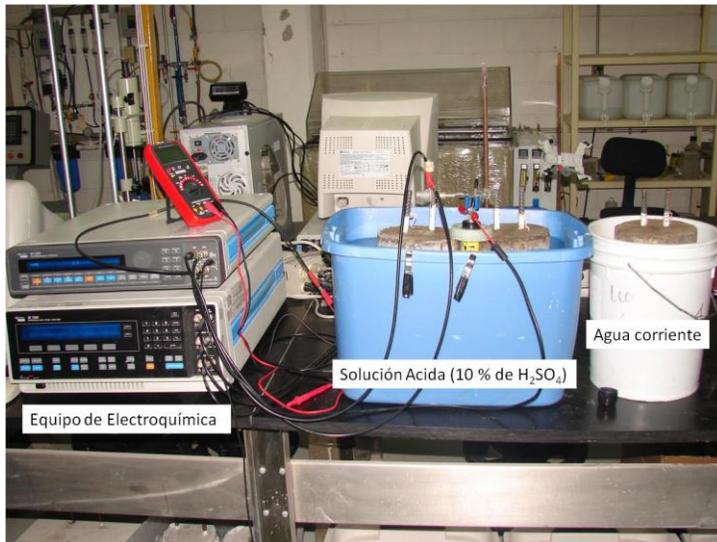


Foto 2. Arreglo experimental de los especímenes de concreto embebidos en solución ácida y agua corriente.

Las técnicas electroquímicas que se basan en la imposición de una perturbación al sistema en estudio, registrando la respuesta obtenida. La medición de las variables de corriente y voltaje obtenidas por medio de alguna técnica electroquímica puede proporcionar información sobre el potencial de corrosión, mecanismo y velocidad de corrosión.

Medición de Potenciales de Corrosión

Consiste en medir el potencial de corrosión (ASTM C876-09) del acero en el concreto mediante uso de electrodos de referencia. Se determinará el potencial de corrosión (tabla 1), que es un potencial eléctrico de metal, relativo a un electrodo de referencia, medido bajo condiciones de circuito abierto. En la foto 3, se observa el esquema general para poder realizar la medición del potencial de corrosión del acero embebido en el concreto.

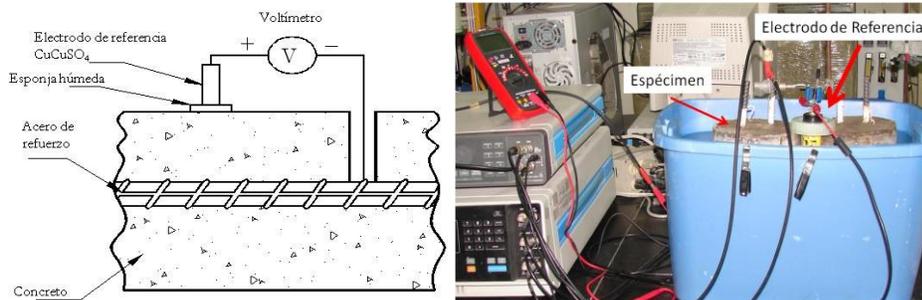


Foto 3. Esquema general para realizar la medición de potenciales de corrosión.

La interpretación de los potenciales de corrosión se realiza con base a la norma ASTM C-876 (ver tabla 1).

Tabla 1. Interpretación de resultados de los potenciales de corrosión: ASTM C-876

Potencial E_{corr} (mV)	Riesgo de Daño
< -200	10 % de probabilidad de corrosión
-200 a -350	Incertidumbre
> -350	90 % de probabilidad de corrosión

ASTM C-876 (ASTM C876-91 (reapproved 1999) Standard Test Method for Half-Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete)

Velocidad de Corrosión.

Las mediciones de la velocidad de corrosión se realizaron en base a la técnica electroquímica de Resistencia a la Polarización, R_p (ASTM G59-97). Este instrumento es capaz de medir la Resistencia a la Polarización (R_p), que se relacionan con la i_{corr} a través de la ecuación de Stern y Geary.

La medición se puede efectuar en los especímenes de concreto y la interpretación de la velocidad de corrosión es en base a la i_{corr} .

I_{corr} ($\mu A/cm^2$)	Nivel de Corrosión
< 0.1	Despreciable
0.1-0.5	Moderado
0.5-1	Elevada
>1	Muy elevada

Tabla 2. Interpretación de la i_{corr} de corrosión en concreto (DURAR*).

*DURAR (Manual de Inspección, Evaluación y Diagnostico de Corrosión en Estructuras de Hormigón Armado. DURAR Red Temática XV.B Durabilidad de la Armadura.

CYTED, (1997).

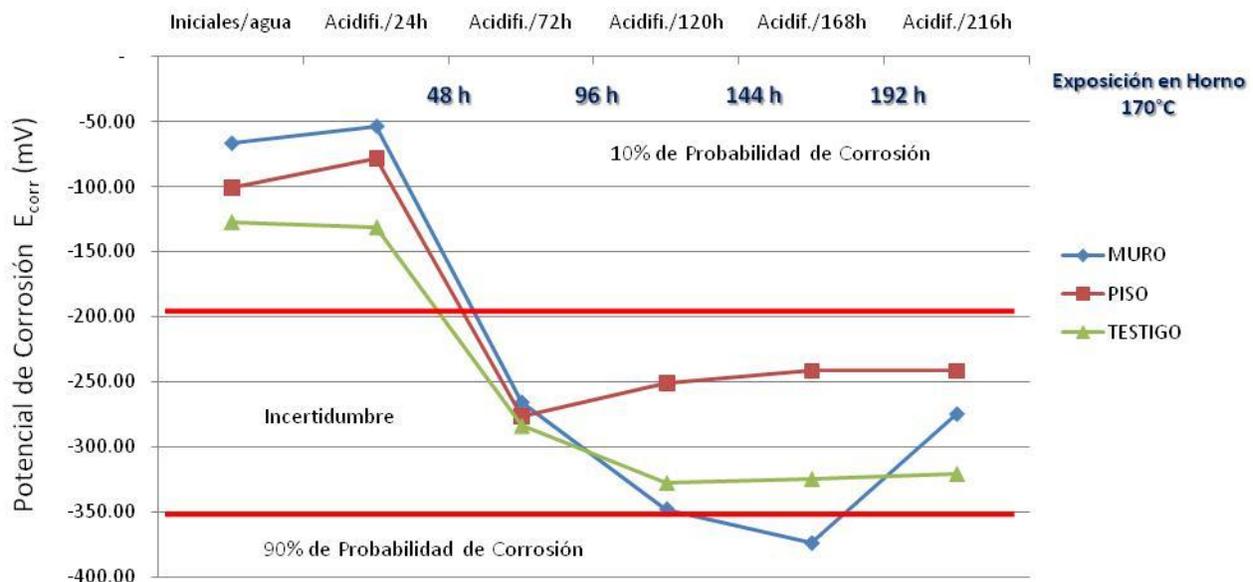
RESULTADOS

Pruebas de Corrosión

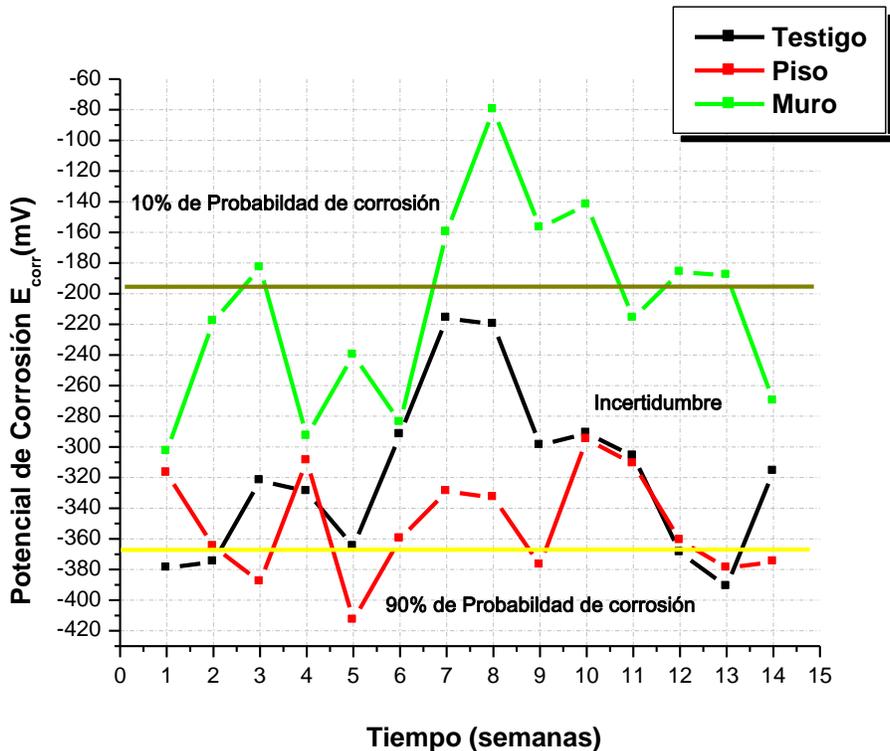
El análisis de las gráficas de potencial de corrosión o potenciales de media celda obtenidas durante el estudio a especímenes de concreto, se realizó de acuerdo a los criterios de evaluación establecidos por la norma ASTM C-876 ver Tabla 1.

Los valores de potencial proporcionan la probabilidad acerca de la corrosión del acero que se está presentando dentro del espécimen de concreto, en la tabla 3, se presentan los valores.

Los potenciales de corrosión (grafica 1 y 2) de los especímenes en estudio indican que desde las primeras horas de exposición este material tiende a ir a valores activos y mantenerse en el intervalo de incertidumbre. El espécimen testigo que representa a un concreto normal se mantiene en un comportamiento intermedio, entre los especímenes de muro y piso.



Gráfica 1. Potenciales de corrosión, después de 216 horas.



Gráfica 2. Potenciales de corrosión, después de 14 semanas

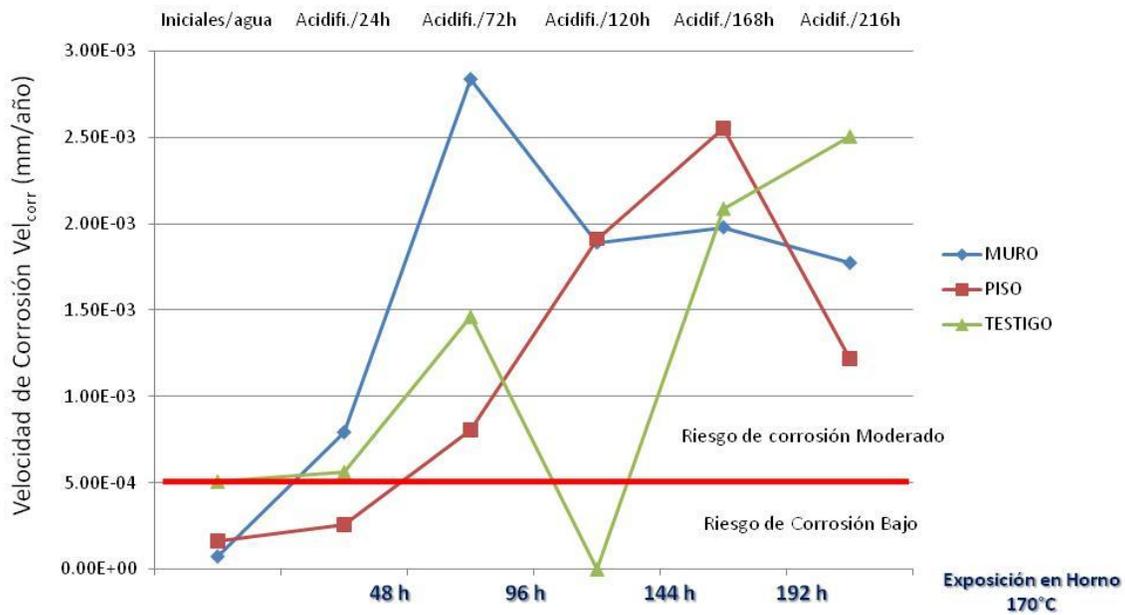
En la gráfica 1, se puede observar que los potenciales de corrosión fueron disminuyendo a valores activos conforme pasa el tiempo de exposición ya sea en la solución acida y en exposición dentro del horno. Se puede ver que los especímenes de concreto en las primeras exposiciones agua corriente y 24 horas de inmersión en solución acida, tiene solamente el 10% de probabilidad de corrosión. Después de las primeras exposiciones a 170°C , los potenciales bajan al intervalo de incertidumbre (-200 a -350 mV). Solamente el espécimen del Muro a las 120 y 168 horas de exposición quiso bajar más el potencial y meterse a la zona del 90% de probabilidad de corrosión.

Velocidad de Corrosión

El análisis de la cinética de corrosión (velocidad de corrosión) permite establecer el riesgo de corrosión que puede tener el acero embebido en el concreto.

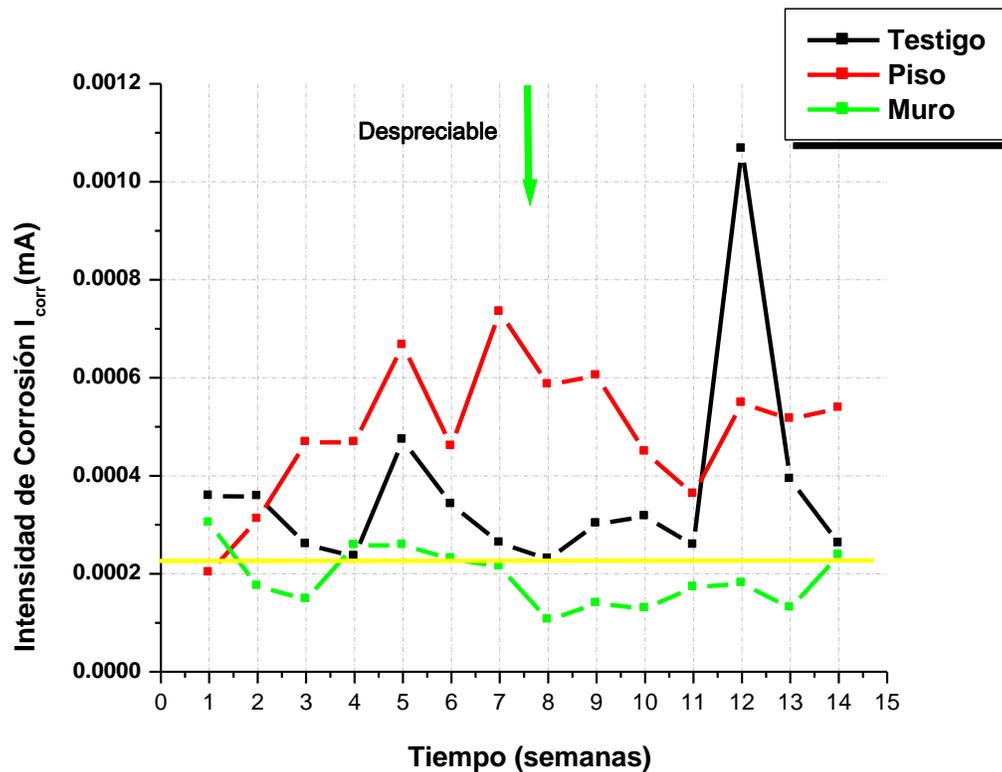
En la gráfica 2 se puede ver que los valores de la velocidad de corrosión para los especímenes ene estudio están en el orden de 10^{-3} mm/año, lo cual establece un riesgo de corrosión moderado,

solamente en los primeros días de exposición se presentó un riesgo de daño bajo con valores de velocidad de corrosión de 10^{-4} mm/año.



Gráfica 3. Velocidad de corrosión, después de 216 horas.

En la grafica 4, se observa que después de 14 semanas la velocidad de corrosión se considera despreciable en cualquiera de los especímenes en estudio. El comportamiento de este tipo de materiales (Cemento) es aceptable.



Gráfica 4. Velocidad de corrosión, después de 14 semanas.

Al correlacionar los resultados de potenciales y velocidad de corrosión se pudo observar que los potenciales se mantienen en un nivel de incertidumbre y el nivel de riesgo de corrosión es moderado en un inicio y después es despreciable.

CONCLUSIONES:

- Los potenciales de corrosión indican que la probabilidad de corrosión esta en incertidumbre.
- La velocidad de corrosión esta en el orden de 10^{-3} mm/año lo que representa un riesgo de daño moderado y despreciable después de 14 semanas de exposición.
- Los especímenes en estudio tuvieron en general un buen comportamiento ante la corrosión.

Agradecimiento.

Los autores agradecen el apoyo a la UANL y al proyecto Promep /103.5/12/3385.(UANL-PTC-586).

REFERENCIAS

1. Andrade C. (1989). "Manual-Inspección de obras dañadas por corrosión de armaduras," Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, España.
2. Barrios D. C (et al) *Int. J. Electrochem. Sci.*, 7 (2012) 3178 - 3190
3. Keer J. G. (1992). Surface treatments. En "Durability of Concrete Structures- Investigation, repair, protection," Mays G. (Editor), E&F Spon, Londres, Reino Unido, pp. 143-157.
4. ASTM C-876 (ASTM C876-91 (reapproved 1999) Standard Test Method for Half-Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete)
5. DURAR (Manual de Inspección, Evaluación y Diagnostico de Corrosión en Estructuras de Hormigón Armado. DURAR Red Temática XV.B Durabilidad de la Armadura. CYTED, (1997).
6. Reyes-Díaz P.E, E. B. Maldonado, F. Almeraya C., DM Bastidas, M. Z. Baltazar, J. Chacón N., A. Martínez-Villafañe, JM Bastidas, C. GaonaT., *Int. J. Electrochem. Sci*, 6 (2011) 1892-1905