Memorias XXXI Congreso de la Sociedad Mexicana de Electroquímica - 2016

Sociedad Mexicana de Electroquímica

Memorias del Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Electroquímica

ISSN: 2448 - 6191

CTS-P24

XXXI SMEQ Mayo de 2016
Monterrey, Nuevo León, México

ECS

UANL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FIME
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

CIIIA
CENTRO DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN EN INGENIERÍA AERONÁUTICA | UANL FIME

$$i = i_0 \cdot \left[\exp\left(\frac{\alpha_A nF}{RT}\eta\right) - \exp\left(-\frac{\alpha_C nF}{RT}\eta\right)\right] \quad R_p = \frac{\beta_a \beta_c}{2.3 I_{corr}(\beta_a + \beta_c)} \quad \nabla \times \vec{E} = -\frac{d\vec{B}}{dt} \quad E = E^0 + \frac{RT}{nF}\ln\frac{[Ox]}{[Red]} \quad \eta = b \cdot \log\left(\frac{i}{i_0}\right)$$

COMPORTAMIENTO ELECTROQUÍMICO DE LA VELOCIDAD DE CORROSIÓN DE CONCRETO EMPLEANDO RESIDUO DE MINA.

CTS-P24

Y. G. Reyes Marín[1], F. J. Olguín Coca[1], L. D. López León[1], F. Almeraya Calderón[2], Lizarraga Mendiola L. G.[1], M. Baltazar Zamora[3], P. E. Gil Sandoval[4], V. Volpi León[1], V. M. Moreno Landeros[5], G. Santiago Hurtado[5], A. Martínez Villafañe[6]

[1]Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Carr. Pachuca- Tulancingo Km 4.5, Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo. C.P. 42184, México.
[2]Universidad Autónoma de Nuevo León, Av. Universidad s/n. Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, C.P. 66451, México.
[3] Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería, Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán s/n Zona, Universitaria, Xalapa, er. C.P. 91090.
[4] Universidad de Occidente, Av Universidad s/n C.P. 81048
[5] Universidad Autónoma de Coahuila campus Torreon, Coah.
[6] Centro de Investigación en Materiales Avanzados S. C. (CIMAV), Chihuahua, Chih., México
olguinc@uaeh.edu.mx

RESUMEN

El estudio de la corrosión en estructuras de concreto reforzado empleando agregados naturales es de vital importancia para caracterizar su durabilidad. En el presente trabajo se realizó la caracterización electroquímica de especímenes de concreto reforzado empleando arena de fundición como sustituto de arena. Para esto, se emplearon diferentes relaciones a/c (0.40, 0.50 y 0.60); de igual manera se realizaron concretos con arena de banco; además, se empleó la técnica de impedancia electroquímica para determinar la velocidad de corrosión. Se realizó la comparación de los distintos sistemas evaluados, los cuales se sometieron a un medio salino sintético para acelerar el proceso de corrosión, empleando una cámara de niebla salina a diferentes tiempos de exposición de las probetas evaluadas.

Palabras Clave: Coroosión, Electroquímica, Concreto, Rp.

1. INTRODUCCIÓN

En nuestro país en gran medida los avances tanto científicos como tecnológicos están encaminados a la generación de nuevos productos conjuntamente con el establecimiento de nuevos procesos que garanticen un desarrollo sustentable, los cuales involucran sin dejar duda alguna a todas las áreas del conocimiento. En el campo de la ingeniería civil no hay excepciones ya que también se debe cumplir con la función esencial de fomentar la producción de nuevos materiales además de desarrollar esquemas tecnológicamente adecuados que aseguren un mejor empleo de los recursos naturales igualmente hay que asegurarse de que los procesos de producción y transformación de estos recursos satisfagan las necesidades de una comunidad cada vez más demandante.

El inicio del concreto armado ocurrió en la segunda mitad del siglo XIX con la introducción del acero como material de refuerzo al concreto, hecha por Lambot en 1855 en la construcción de barcos de ferrocemento; ya en 1897 Hennebique construyó la primer estructura de concreto reforzado en Gran Bretaña en el Molino de Weaver [1].

Las arenas de fundición son el principal residuo generado por las industrias de fundición de metales tanto ferrosos como no ferrosos. Para obtener la cohesión necesaria que permita la fabricación de los moldes que replican la forma de la pieza fundida, se combinan con aglomerantes químicos y sintéticos, siendo estos últimos los más utilizados por brindar una mayor productividad y calidad a la pieza. El material resultante del proceso de fundición constituye lo que conocemos como arenas de moldeo o fundición. Debido a que su excesivo uso forma acumulación de finos en el proceso y para mantener constante la formulación arena-aglomerante, cierta cantidad debe ser retirada, que junto a la pérdida en el desmolde se convierten en residuo, que de acuerdo a las concentraciones de aglomerante y el tipo de fundición puede ser considerado peligroso; actualmente este material se dispone en canteras abandonadas, con consecuencias directas en la contaminación del medio ambiente[2].

La corrosión del acero embebido en el concreto, es un proceso electroquímico en el cual se desarrolla un ánodo donde se produce oxidación y un cátodo donde se produce reducción. El proceso de corrosión puede ser ocasionado por diversos factores, uno de esos factores son los sulfatos los cuales forman parte de las sales inorgánicas que normalmente están presentes en el terreno, en las aguas freáticas y superficiales, aunque su grado de concentración puede ser muy

variable [3,4]. La presencia de sulfatos en el agua que está en contacto con una pasta endurecida de cemento, puede incrementar considerablemente solubilidad de los componentes de dicha pasta y causar, por una parte el desarrollo de la degradación del concreto por lixiviación y por otra parte el acero queda desprotegido y es ahí donde se desencadena el proceso de corrosión [5,6].

2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

2.1.Elaboración de especimenes

Los principales parámetros a considerar para la realización de la presente investigación son:

1. Mezcla de concreto con f´c=350 kg/cm^2.
2. Dos tipos de cemento CPC 30 R y CPO 30R RS.
3. Acero al carbono AISI 1018, diámetro de 3/8".
4. Exposición a cámara de niebla salina.
5. Monitoreo de potenciales e interpretación de acuerdo a Norma ASMT C876- 09[7].
6. Monitoreo de velocidad de corrosión con la técnica de Rp ASTM [8]

2.1.1. Diseño y proporcionamiento de mezcla

El diseño de las mezclas de concreto, se realizo de acuerdo al método del ACI 211.1[9]; para el cual se debe hacer la caracterización de las propiedades físicas de los agregados a utilizar, con base a la Normativa ONNCCE, posteriormente con el método del ACI se hace el proporcionamiento para determinar la cantidad de material necesario para elaborar un metro cubico de concreto; en la siguiente tabla se muestra las cantidades empleadas.

Tabla I. Dosificación de la mezcla de concreto.

Contenido Kg/m^3	**Concreto con f´c=350 kg/m^3**
Cemento	456
Agua	205
Agregado grueso	995
Agregado fino o Arena de Fundición	562

Como anteriormente se menciono se emplearon dos tipos de acero de refuerzo, acero al carbono AISI 1018 de 3/8", en el centro de los especímenes se coloco una barra de acero inoxidable la cual funciona como electrodo auxiliar. Las dimensiones de los especímenes y el arreglo de las barras embebidas en ellos se observa en la Figura 1.

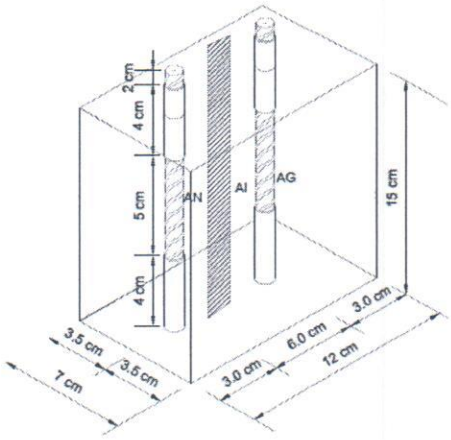


Figura 1. Dimensiones de los especímenes de prueba

La fabricación de los especímenes de prueba se realizo de acuerdo a lo indicado en la norma NMX-C-159-2004. A cada uno de los especímenes se le asigno una nomenclatura, en función de sus variables, la cual se muestra en la siguiente tabla.

Se fabricaron tipos de especímenes:

- 25% de AF
- 50% de AF
- 75% de AF
- 100% de AF
- Agregados de banco
- Y 2 relaciones a/c 0.40 y 0.60

Tabla 2. Nomenclatura de especímenes de prueba.

Nomenclatura Empleada				
25F40C	50F40C	75F40C	100F40C	0F40C
25F60C	50F60C	75F60C	100F60C	0F60C

Los especímenes después de haber sido elaborados y descimbrados se sometieron a la etapa de curado durante 28 días como lo indica la norma, NMX-C-403-ONNCCE-1999.

Los especímenes fueron expuestos a la cámara de niebla salina (marca Ascott modelo S120s) utilizando el método que establece la norma ASTM B117 por periodos de 24 horas en dos ciclos, al igual se les realizo un monitoreo empleando la técnica electroquímicas para determinar potenciales de corrosión y velocidad de corrosión

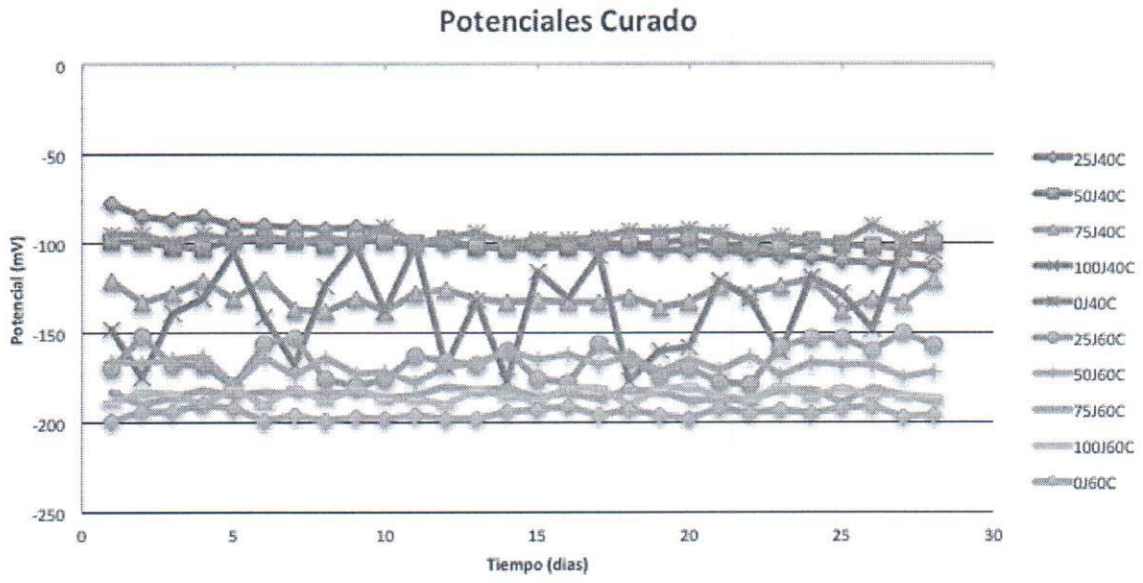
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El monitoreo y la interpretación de los potenciales de corrosión se realizo con base a lo establecido en la Norma ASTM C876-09, que se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Potenciales de corrosión en concreto reforzado.

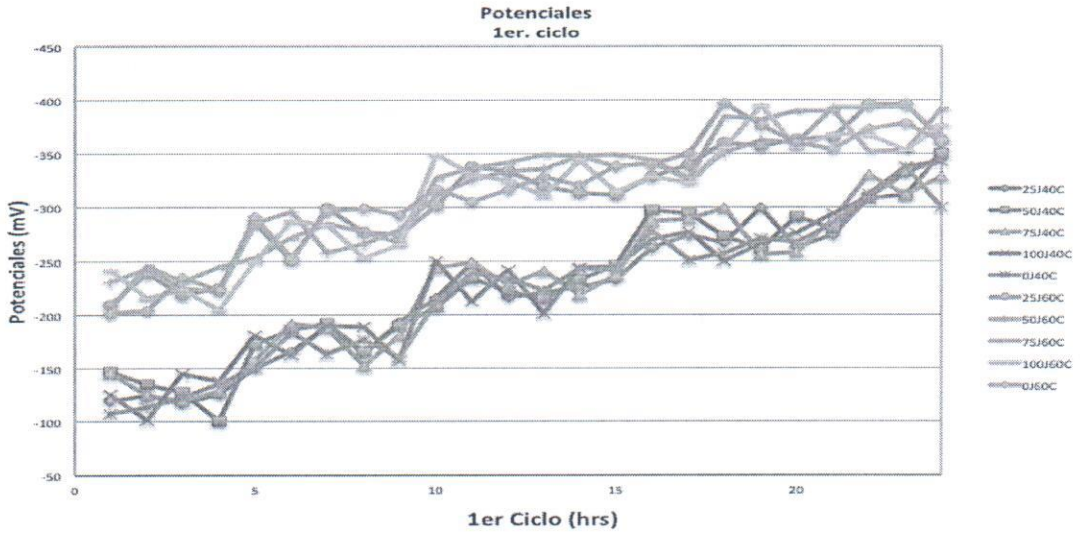
Potenciales de corrosión mV vs Cu/CuSO4	
< - 500	Corrosión Severa
< -350	90% de Probabilidad de Corrosión
-350 a -200	Incertidumbre
> -200	10% de Probabilidad de Corrosión

En la grafica 1 se muestran los potenciales de corrosión en la etapa de curado donde se observa que los especímenes se encuentran en la zona de potenciales menores de -200 mV con un 10 % de probabilidad de corrosión.



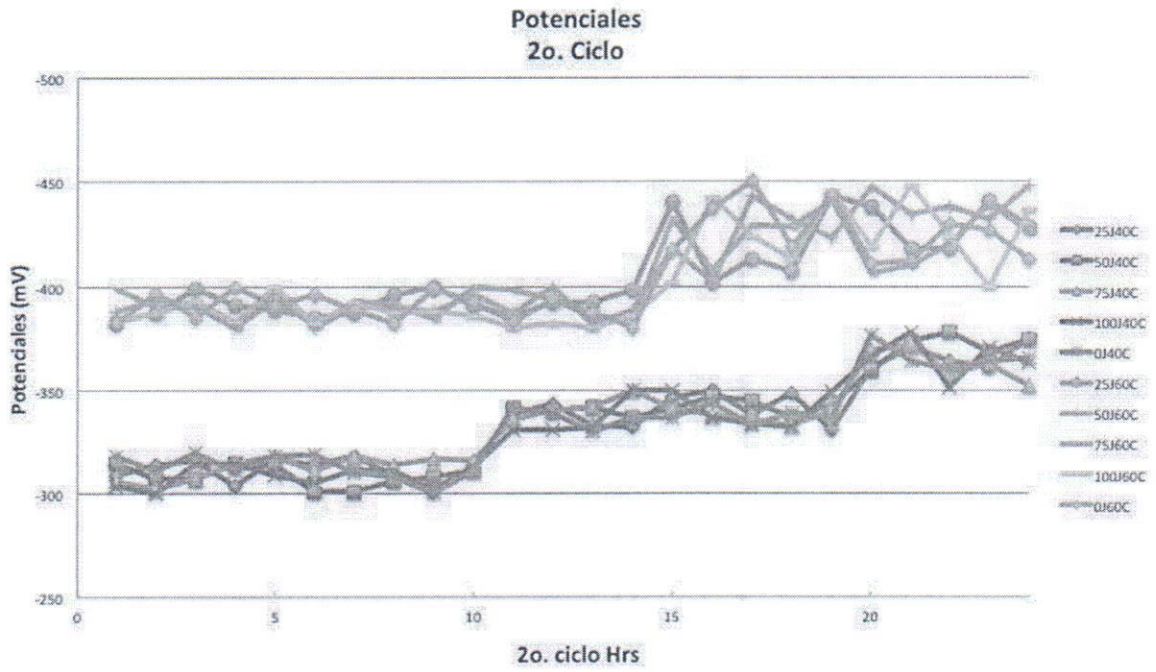
Grafica 1 Potenciales de corrosión en etapa de curado

En la grafica 2 se muestran los potenciales en las horas de exposición en la cámara salina donde se observa un incremento del porcentaje de corrosión después de la etapa de curado, el comportamiento de los potenciales en los especímenes de relación a/c 0.40 indican un incremento del potencial a zonas mas activas a un 90 % de probabilidad de corrosión, mientras que los de relación a/c 0.60 se conservan en una zona de incertidumbre.



Grafica 2 Potenciales de corrosión en el 1er ciclo

En la grafica 3 se muestra los potenciales en el 2° ciclo en la cámara salina se muestra los potenciales de media celda, se observa como los especímenes se encuentran en la zona de 90 % de probabilidad de corrosión por lo que muestra que los residuos de material de mina (Jal) se comportan de manera semejante que si se empleara arena de banco.



Grafica 3. Potenciales de corrosión en el 2° ciclo

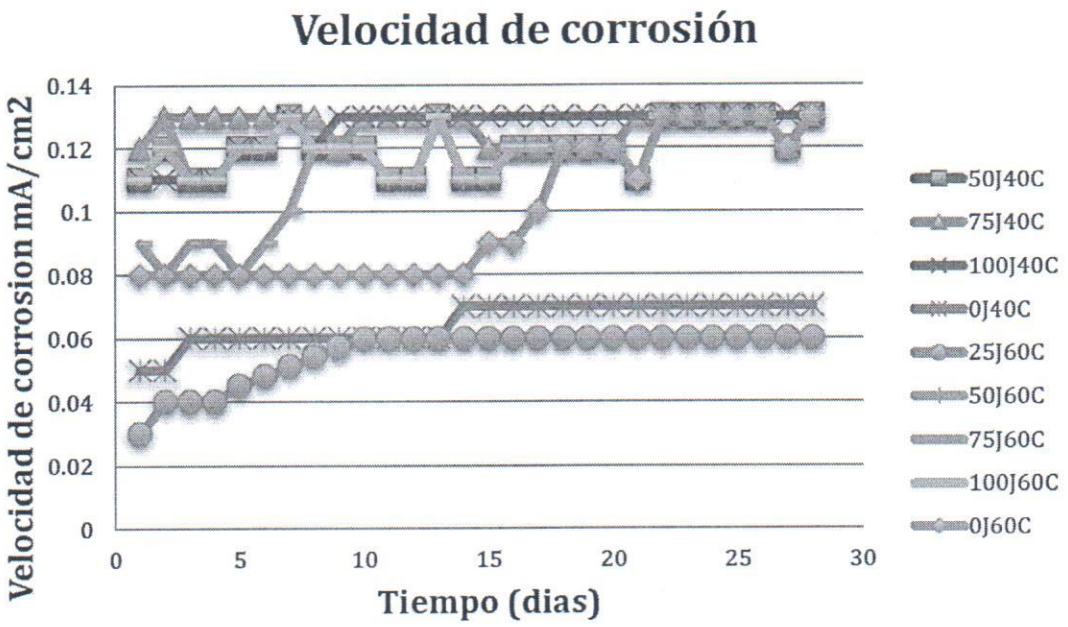
Velocidad de corrosión

Las graficas 4 a 6 muestran el comportamiento de la velocidad de corrosión del acero 1018 durante la etapa de curado y los ciclos de la cámara salina. La interpretación de los valores de icorr se realizó con base los rangos establecidos en el manual de la red DURRAR, tabla 4.

En la grafica 4 se observa el proceso del comportamiento de la velocidad de corrosión empleando la técnica de resistencia a la polarización, donde se observa una velocidad un velocidad de corrosión con mayor actividad en los especímenes con material con jal, de igual forma se observa que los especímenes se encuentran en una velocidad de corrosión despreciable siendo que los especímenes están en la etapa de curado.

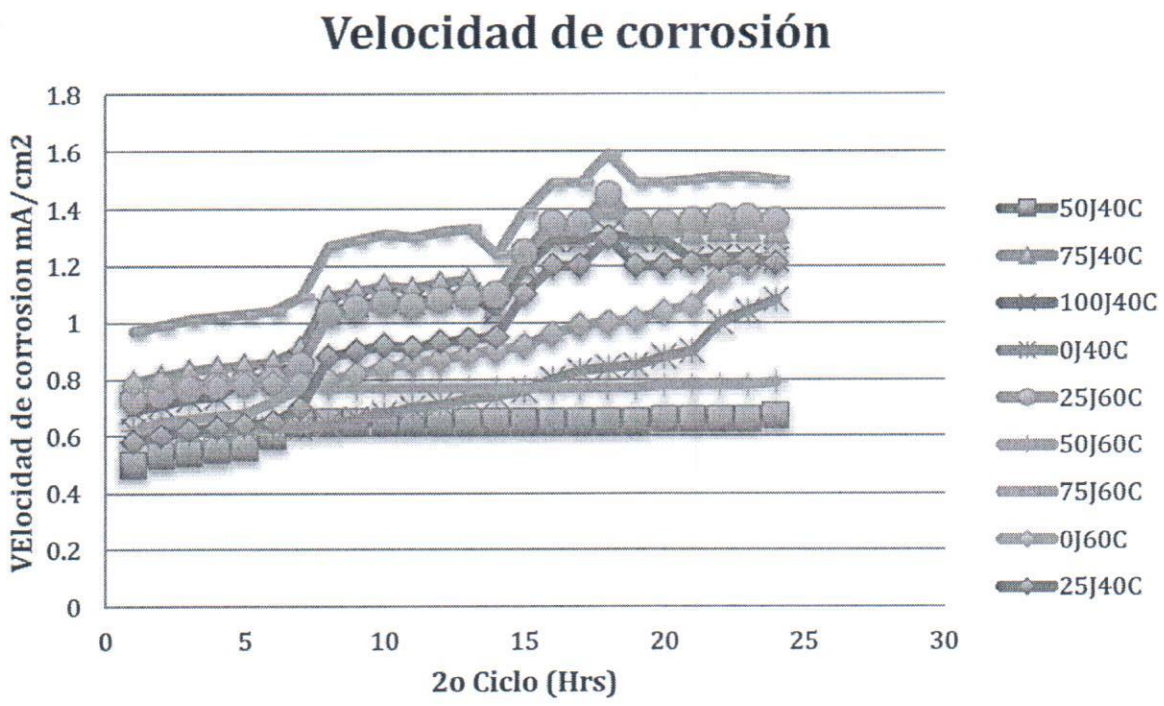
Tabla 4. Valores de icorr para la determinación de la velocidad de corrosión.

Velocidad de corrosión µA/cm2 vs Cu/CuSO4	
< 0.1	Despreciable
0.1 – 0.5	Moderada
0.5 – 1	Elevada
>1	Muy Elevada



Grafica 4 Velocidad de corrosión en la etapa de curado

En la grafica 5 donde se observa la velocidad de corrosión en los especímenes en el 2° ciclo expuestos en la cámara salina se observo un incremento en la velocidad de corrosión y generándose una pasivación en los especímenes con 50% de arena de fundición y un aumento en la velocidad de corrosión en los especímenes con rel. a/c de 0.60 pero mostrando de igual forma un periodo de pasivación en los especímenes con 50% de jal.



Grafica 5 Velocidad de corrosión en 2° ciclo de cámara salina

4. CONCLUSIONES

La arena de fundición aporta en un 50% una protección contra la corrosión de manera preliminar al combinarse con materiales de banco de material calizo.

El material estudiado presenta un comportamiento muy similar al material de banco en su comportamiento corrosivo, el material presenta una actividad corrosiva cuando se emplea al 100% debido a los componentes químicos que lo contiene.

La velocidad de corrosión se presentó como una corrosión elevada debido a que los resultados presentan valores entre 0.5 y 1.0μA/cm2, en estudios posteriores se realizara los estudios con ruido electroquímico para conocer la evolución del material y su deterioro

5. REFERENCIAS

[1] P. Castro-Borges, M. Castillo, J. Carpio, J. Genescá, P. Helene, W. López, J. Pazini, A. Sanjuán y L. Véleva, *Corrosión en estructuras de concreto armado*, IMCYC, México (2001).

[2] A. H. Nilson, *Diseño de estructuras de concreto,* Mc. Graw Hill, Colombia, (1999).

[3] R.E. Núñez, C. Gaona-Tiburcio, J. Uruchurutu, C. P. Barrios, F. Almeraya- Calderón y A. Martínez-Villafañe, *Corrosion Evaluation of Modified Reinforcement Concrete by Electrochemical Noise Techiques, Portugalie Electrochimica,* Acta 23 (2005).

[4] E.E. Maldonado-Bandala y et al. "Electrochemical Characterization of Modified Concretes with Sugar Cane Bagasse Ash" International Journal of Electrochemical Science, Vol. 6, Pág. 4915-4926, Rep. de Serbia, 2011.

[5] E.P. Reyes-Díaz y et al. "Corrosion Behavior of Steel Embedded in Ternary Concrete Mixtures" International Journal of Electrochemical Science, Vol. 6, Pág. 1892-1905, Rep. de Serbia, 2011.

[6] ACI. Proporcionamiento de Mezclas, Concreto normal, pesado y masivo ACI 211.1, p. 29. Ed. IMCYC, México (2004).

[7] Baltazar Zamora M.A., Corrosión por Sulfatos en Concreto Reforzado, Tesis de Maestría, U.A.CH, 2000.

[8] Standard Test Method for Corrosion Potentials of Uncoated Reinforcing steel in Concrete, ASTM C 876-09, ASTM Volume 03.02, (2009).

[9] M. A. Baltazar-Zamora y et al. "Efecto del tipo curado en la probabilidad de corrosión de concreto con acelerante expuesto a un medio urbano y marino". CONGRESO ALCONPAT 2010, Xalapa, Ver; México. (2010).

[10] ACI. Proporcionamiento de Mezclas, Concreto normal, pesado y masivo ACI 211.1, p. 29. Ed. IMCYC, México (2004).

[11] ASTM B117