



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

EFICIENCIA DE PRIMARIOS APLICADOS EN BARRAS DE ACERO 1018 EMBEBIDAS EN CONCRETO EXPUESTO AL AMBIENTE DE LA CD. DE BOCA DEL RIO, VER

M. A. Baltazar-Zamora¹, E. E. Maldonado-Bandala¹, F.J. Olguín-Coca², C. P. Barrios-Durstewitz³, R. E. Núñez-Jaquez³, F. Almeraya-Calderón^{4,5}, C. Gaona-Tiburcio^{4,5}, G. Santiago-Hurtado

¹Facultad de Ingeniería Civil - Xalapa, Universidad Veracruzana, Circ. G. Aguirre Beltrán S/N, Lomas del Estadio, CP 91000, Xalapa, Veracruz, México,

²Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Facultad de Ingeniería Civil. Pachuca, Hidalgo. México

³Facultad de Ingeniería Mochis, Universidad Autónoma de Sinaloa. Fuente de Poseidón y Prol. Ángel Flores s/n, Ciudad Universitaria 81223, Los Mochis, Sinaloa, México.

⁴Centro de Investigación en Materiales Avanzados S.C. (CIMAV), Chihuahua, Chih., Méx.

⁵ CIIIA-FIME- Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolas de los G., N. León, Méx.

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se llevó a cabo la evaluación de la eficiencia anticorrosiva de tres diferentes tipos de primarios, inhibidor, catódico y repasivante aplicados en el acero de refuerzo (AISI 1018) embebido en especímenes de concreto contaminado desde su elaboración con 2 y 4 % de NaCl por peso de cemento al ser expuestos al ambiente marino de la Cd. de Boca del Rio, ubicada en el estado de Veracruz, México, considerado uno de ambientes más corrosivos de México y del Mundo. Para la evaluación de la resistencia a la corrosión se llevó a cabo el monitoreo de potenciales de corrosión de acuerdo a la norma ASTM C-876-09, se analizaron los resultados obtenidos después de más de 200 días de exposición con lo que se pudo constatar el beneficio de usar primarios como protección a la corrosión del acero de refuerzo, presentándose un mejor comportamiento anticorrosivo el primario tipo inhibidor seguido por el tipo catódico.

Palabras Claves: Primarios, Concreto, Ambiente Marino, Cloruros, Potencial de Corrosión

ABSTRACT

This research evaluates the efficiency anticorrosive of three different kinds of primaries, inhibitor, cathode and pasivate applied in steel reinforced (AISI 1018) embedded in concrete specimens tainted since his elaboration with two and four percent of NaCl for every weight of cement which were exposed to marine environment situated in Boca del Rio, Veracruz, Mexico one of the most corrosive places in Mexico and the world. The evaluation of corrosion resistance

was performed monitoring corrosion potentials according to ASTM C-876-09, the results obtained were analyzed after 200 days of exposure with which it was confirmed the benefit of using primary and corrosion protection of reinforcing steel, presenting the best behavior to anticorrosive primary type inhibitor followed by the type cathode.

Key words: Primaries, Concrete, Marine environment, Chloride, Corrosion Potential.

INTRODUCCIÓN

Se pensaba hace tiempo que el concreto, al ser una roca artificial, era un material que asegura la durabilidad de las construcciones, su resistencia así como su vida útil. Pero se ha demostrado que son muchos los factores que no permiten lograr dicho objetivo, siendo uno de los más importantes la calidad de los materiales para su fabricación así como su diseño acorde a las sollicitaciones tanto ambientales como estructurales. En la ciudad de Boca del Río, se puede observar varias construcciones en las zonas con un gran porcentaje de NaCl y algunas que se encuentran cerca del medio marino, esto resulta ser un gran problema para las edificaciones, tales como muelles, puentes, etc., la cuales tienen una gran probabilidad de corrosión, problema que en el rubro económico y de acuerdo a los expertos [1, 2, 3,4] representa gastos de miles de millones de dólares y por el aspecto de seguridad un gran riesgo para la sociedad en general que pudiera estar expuesta en el momento de algún colapso como se ha presentado en diferentes partes del mundo, de ahí la intención de encontrar métodos no costosos para mitigar este fenómeno que para la mayoría de los expertos es el principal causante del deterioro prematuro de las estructuras de concreto reforzado.

En el presente trabajo de investigación se tiene como finalidad evaluar los Potenciales de Corrosión de acuerdo a la norma ASTM C-876-09. Para llevar a cabo la evaluación electroquímica se construyeron 24 especímenes de concreto reforzado y con diferentes grados de contaminación de NaCl en su mezcla, las varillas embebidas se les aplicó tres diferentes tipos de primarios, inhibidor, catódico y repasivante, y uno testigo sin ninguna protección, además, se expusieron a un medio ambiente catalogado como marino.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Elaboración de especímenes de estudio

Los especímenes de estudio se elaboraron de acuerdo a la literatura, considerando ciertas características que simulan una estructura de concreto reforzado, como lo son calidad del concreto o resistencia mecánica debido a la relación agua/cemento, acero utilizado comúnmente en las estructuras de concreto reforzado en todo el mundo, primarios comerciales y cemento CPC 30R de marca comercial, en los siguientes apartados se describe en forma más detallada el proceso para dicha fabricación.

Dosificación de las mezclas de estudio

En la presente investigación se diseñaron las mezclas de acuerdo al método del ACI 211.1 [7], que es el método utilizado por la mayoría de las plantas de premezclado en la región en donde se desarrollo la presente investigación, se utilizó Cemento Portland tipo CPC 30R, agua potable, los agregados naturales de la región para elaborar dos concretos, uno con relación a/c=0.45 y otro con una relación a/c=0.65. La cantidad de material para cada una de las mezclas se muestra en la tabla I.

Tabla I. Dosificación de las mezclas de concreto para 1 m³

Materiales en kg	Relación a/c=0.45	Relación a/c=0.65
Agua	178	178
Cemento	456	316
Agregado Grueso	913	913
Agregado Fino	863	1012

Especificaciones de los especímenes

En cada espécimen se embebieron dos varillas de 3/8" de diámetro de acero 1018, refuerzo de uso común en las estructuras de concreto reforzado, una de las dos varillas como electrodo de trabajo y la otra de electrodo auxiliar. Se tuvieron cuatro tipos de condiciones del acero de refuerzo como se planteo en el objetivo de este proyecto, se aplicaron tres primarios considerando el tipo de protección que ofrecen de acuerdo a la literatura, tipo inhibidor, catódico, repasivante y acero sin protección, características de los especímenes se observan en la figura 1.

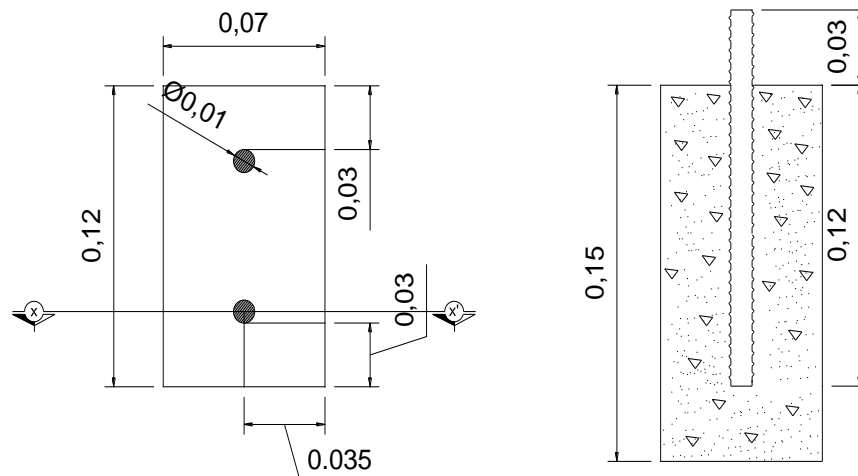


Figura 1. Dimensiones de los especímenes de estudio (cotas en m)

Para los especímenes de estudio y de acuerdo a los parámetros a evaluar, descritos y tratados en el apartado anterior se propuso la nomenclatura que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla II. Nomenclatura de especímenes de estudio.

Relación a/c=0.45				Relación a/c=0.65			
4S0V	4L0V	4Z0V	4M0V	6S0V	6L0V	6Z0V	6M0V
4S2V	4L2V	4Z2V	4M2V	6S2V	6L2V	6Z2V	6M2V
4S4V	4L4V	4Z4V	4M4V	6S4V	6L4V	6Z4V	6M4V

- 4 y 6 indica la relación a/c, 0.45 y 0.65.
-
- S = Sin primario, L= Lechada, Z=Cromato Zinc y M= Minio de Plomo.
- 0 = Concreto Limpio, 2 y 4= Concreto Contaminado con 2 y 4% NaCl
- V = Estación Veracruz

Estación de campo

La estación de monitoreo o estación de campo se ubico en ciudad de Boca del Río, Ver; zona marina y considerado como uno de los ambientes más corrosivos de México y del mundo. En dicha estación se expusieron los especímenes al ambiente y se contemplo colocar dichos especímenes de forma que pudieran recibir los vientos predominantes en su lado más angosto como se muestra en la figura 2.



Figura 2. Orientación de los especímenes en la estación de la ciudad de Boca del Río, Ver.

RESULTADOS

El monitoreo de potencial de corrosión de los especímenes de prueba se realizó de acuerdo a la Norma ASTM C876-09 [7] así como su interpretación, se consideró un rango más de acuerdo a la literatura [8], ver tabla III.

Tabla III. Interpretación concreto reforzado.

Potenciales de corrosión mV vs Cu/CuSO ₄	
< - 500	Corrosión Severa
< -350	90% de Probabilidad de Corrosión
-350 a -200	Incertidumbre
> -200	10% de Probabilidad de Corrosión

potenciales de corrosión en

Análisis de especímenes con relación a/c 0.45

En la figura 3 se observa un comportamiento muy homogéneo para los cuatro especímenes de estudio con valores de potencial que nos indican un estado pasivo, para al final de este periodo presentar los especímenes sin primario y con primario repasivante más positivos que los especímenes con el inhibidor y el catódico.

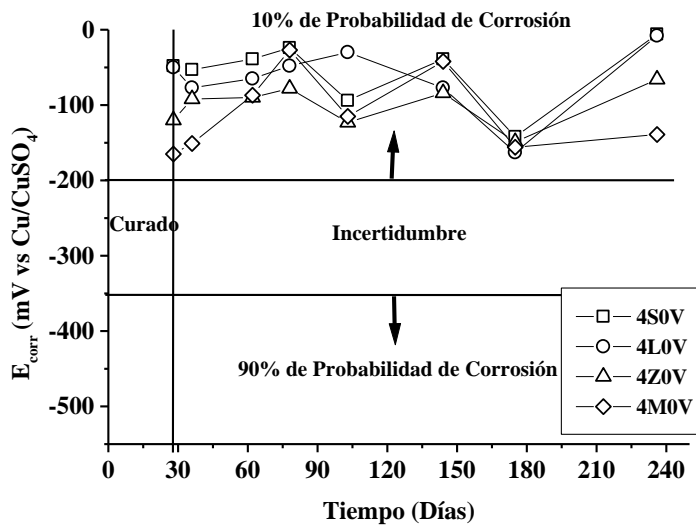


Figura 3. Especímenes de rel. a/c= 0.45 y concreto no contaminado.

La figura 4 nos muestra el comportamiento de los especímenes elaborados con concreto contaminado con 2% de NaCl con respecto al peso de cemento de la mezcla, se observa un

comportamiento mejor de los especímenes a los cuales se les aplico el primario inhibidor y catódico, presentando valores que indican incertidumbre de la probabilidad de corrosión del día 90 al 180 para tener un potencial al final del periodo de evaluación que indica 10% de probabilidad de corrosión para estos.

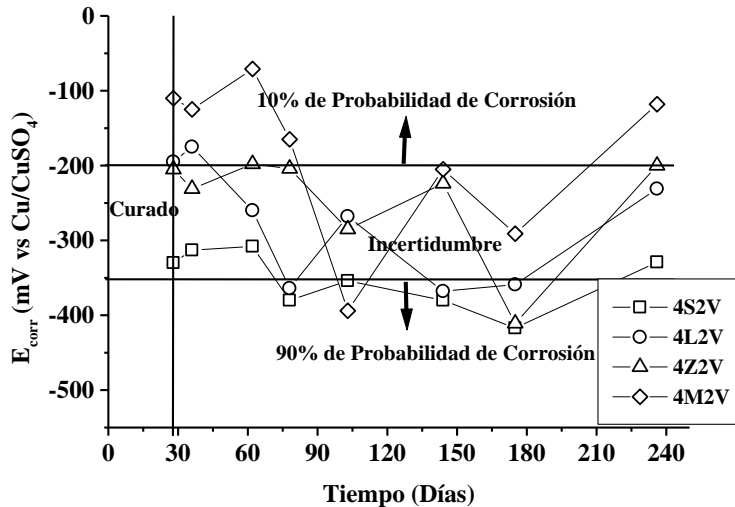


Figura 4. Especímenes de rel. a/c= 0.45 y concreto contaminado con 2 % de NaCl.

Para lo que respecta a la figura 5 en donde se presentan los resultados de los especímenes con 4% de NaCl en su mezcla, se observa también un mejor comportamiento de los especímenes con primario inhibidor y catódico, con valores de potencial de corrosión al final del monitoreo que indican incertidumbre, los especímenes con primario repasivante y sin primario, al final del periodo reportan valores que indican una tendencia a un estado pasivo, en el último monitoreo, se observa cómo se acomodan en orden descendente ubicando con el potencial más positivo, que indica menor probabilidad de corrosión el primario inhibidor, seguido por el catódico, el repasivante y el acero sin primario, evidenciándose la eficiencia que ofrece cada uno contra la corrosión.

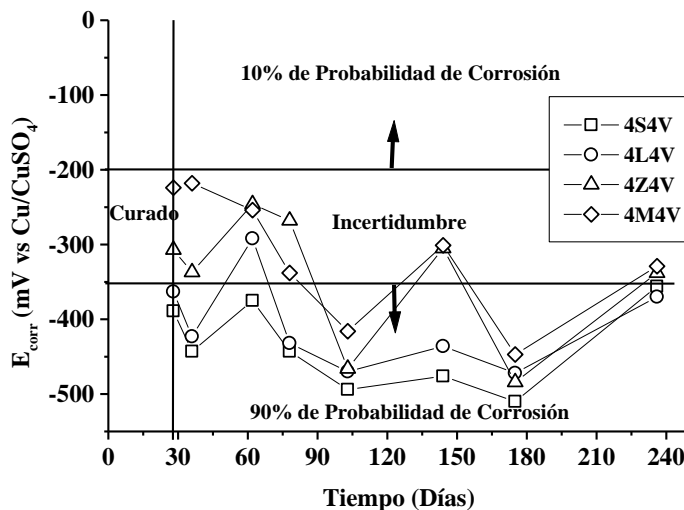


Figura 5. Especímenes de rel. a/c= 0.45 y concreto contaminado con 4 % de NaCl.

Análisis de especímenes con relación a/c 0.65

Se puede observar en la figura 6 un comportamiento similar al reportado en la Figura 3, los cuatro especímenes de estudio con valores de potencial que nos indican un estado pasivo.

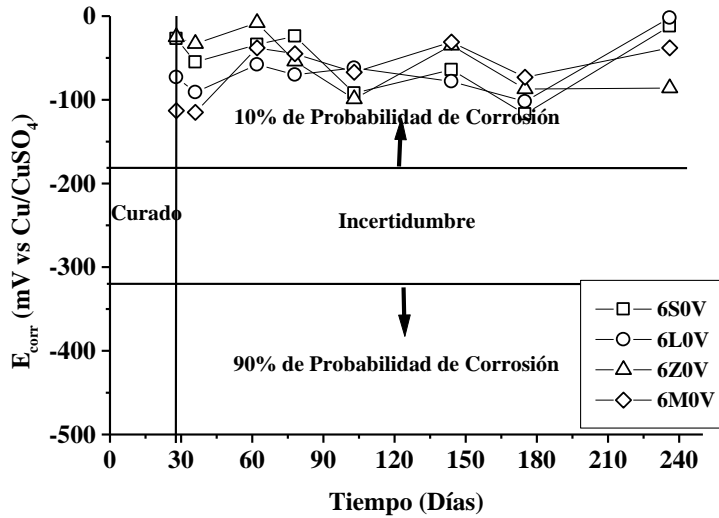


Figura 6. Especímenes de rel. a/c= 0.65 y concreto no contaminado.

La figura 7 nos muestra el comportamiento de los especímenes de relación a/c = 0.65 y que contienen en su mezcla con 2% de NaCl, se presenta un comportamiento mejor en los especímenes con primario inhibidor y catódico, presentando valores que indican incertidumbre de la probabilidad de corrosión del día 90 al 180 para tener un potencial al final del periodo de evaluación que indica 10% de probabilidad de corrosión. El espécimen sin primario presenta los valores más negativos con un 90% de probabilidad de corrosión, del día 80 al 190, para al final del periodo ubicarse en un estado pasivo.

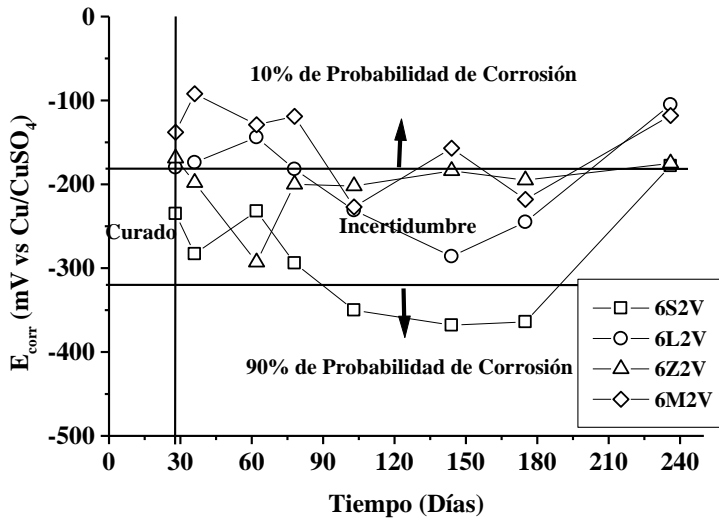


Figura 7. Especímenes de rel. a/c= 0.65 y concreto contaminado con 2 % de NaCl.

Para lo que respecta a la figura 8 en donde se presentan los resultados de los especímenes con 4% de NaCl en su mezcla, se observa también un mejor comportamiento de los especímenes con primario inhibidor y el catódico, con una tendencia hasta el día 150 de incertidumbre para ubicarse con el paso del tiempo en un 90% de probabilidad de corrosión como los especímenes sin primario y con lechada.

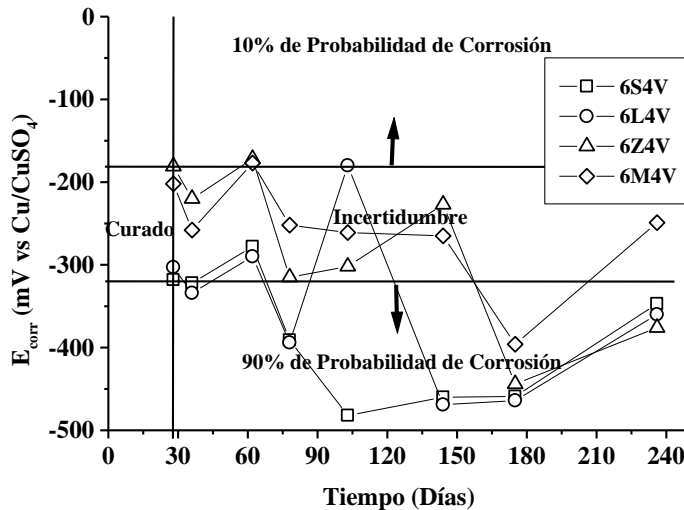


Figura 8. Especímenes de rel. a/c= 0.65 y concreto contaminado con 4 % de NaCl.

CONCLUSIONES

El comportamiento de los potenciales de corrosión cuando el acero se encuentra embebido en un concreto libre de contaminantes, expuesto durante más de 200 días a un medio marino, presentan una probabilidad de 10% de corrosión para ambas calidades del concreto, relación a/c 0.45 y 0.65, y para los cuatro condiciones de protección evaluadas, sin primario, con primario tipo inhibidor, catódico y repasivante.

En los especímenes de relación a/c= 0.45 y contaminados con 2 % de NaCl se observa como los especímenes con primario tipo inhibidor y catódico presentan un mejor comportamiento, indicando una incertidumbre de que haya corrosión, a diferencia de los especímenes sin primario y con primario repasivante los cuales presentan una probabilidad del 90% de corrosión, presentando valores más nobles el tipo repasivante, visualizándose una protección ligera en comparación al espécimen con acero sin protección alguna.

Los especímenes de relación a/c=0.45 y con 4% de NaCl en su mezcla, todos estos especímenes presentan después del día 80 una probabilidad del 90% de corrosión, lo que se puede observar es nuevamente el efecto positivo de los primarios, que presentan en orden de mayor a menor eficiencia el tipo inhibidor, catódico y repasivante, se presenta en los especímenes de relación a/c= 0.65 el comportamiento similar a los de relación a/c= 0.45.

Tenemos que la mayor eficiencia como protección al acero embebido en concreto la presenta el primario tipo inhibidor, seguido por el primario tipo catódico y por último el tipo repasivante, y

que esta eficiencia queda en evidencia cuando el concreto se encuentra contaminado desde su elaboración, como sucede algunas veces en campo.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a PROMEP por el apoyo otorgado para la realización de este proyecto de investigación, autorizado por la SES mediante oficio no. PROMEP/103.5/12/4615. Con cargo al “Proyecto de Fortalecimiento a Cuerpos Académicos” de la convocatoria 2012 con ID 997 y clave UV-CA-300.

REFERENCIAS

1. M.A. Baltazar-Zamora y et al. “Efficiency of Galvanized Steel Embedded in Concrete Previously Contaminated with 2, 3 and 4% of NaCl”, International Journal of Electrochemical Science, Vol.7, Pág. 2997-3007, Rep. de Serbia, 2012.
2. C.P. Barrios Durstewitz y et al. “Cement Based Anode in the Electrochemical Realkalisation of Carbonated Concrete”, International Journal of Electrochemical Science, Vol.7, Pág. 3178-3190, Rep. de Serbia, 2012.
3. M.A. Baltazar-Zamora y et al. “Evaluation of the Corrosion at Early Age in Reinforced Concrete Exposed to Sulfates”, International Journal of Electrochemical Science, Vol.7, Pág. 588-600, Rep. de Serbia, 2011.
4. 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.
5. C.M. Hernández-Dominguez y et al. Memorias del XXV Congreso de la Sociedad Mexicana de Electroquímica y 3rd. Meeting of the Mexican Section of the Electrochemical Society, Pág. 233-244, Zacatecas, Zac., 2010.
6. G. Santiago-Hurtado y et al. Memorias del XXV Congreso de la Sociedad Mexicana de Electroquímica y 3rd. Meeting of the Mexican Section of the Electrochemical Society, Pág. 245-256, Zacatecas, Zac., 2010.
7. ACI. Proporcionamiento de Mezclas, Concreto normal, pesado y masivo ACI 211.1, p. 29. Ed. IMCYC, México (2004).
8. Standard Test Method for Corrosion Potentials of Uncoated Reinforcing steel in Concrete, ASTM C 876-09, ASTM Volume 03.02, (2009).