

**LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias
Sociales y Humanidades, Asunción, Paraguay.**

ISSN en línea: 2789-3855, 2025, Volumen VI

**Protección a la corrosión de varillas y soleras de acero
usadas en concreto reforzado**

Corrosion protection of steel bars and plates used in reinforced concrete

César Ponce Palafox

cesarponce@uadec.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0002-5991-3395>
Universidad Autónoma de Coahuila
Torreón Coahuila -- México

Armando Nicolas Moreno Juárez

nicolas.moreno@uadec.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0001-9664-0237>
Universidad Autónoma de Coahuila
Torreón Coahuila – México

Octavio Enrique Cárdenas Díaz

ecardenas@uadec.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0001-8617-4770>
Universidad Autónoma de Coahuila
Torreón Coahuila – México

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v6i6.5053>

Artículo recibido: 19 de agosto de 2025.
Aceptado para publicación: 19 de diciembre
de 2025.
Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.



NÚMERO

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v6i6.5053>

Protección a la corrosión de varillas y soleras de acero usadas en concreto reforzado

Corrosion protection of steel bars and plates used in reinforced concrete

César Ponce Palafox

cesarponce@uadec.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0002-5991-3395>
Universidad Autónoma de Coahuila
Torreón Coahuila – México

Armando Nicolas Moreno Juárez

nicolas.moreno@uadec.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0001-9664-0237>
Universidad Autónoma de Coahuila
Torreón Coahuila – México

Octavio Enrique Cárdenas Díaz

ecardenas@uadec.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0001-8617-4770>
Universidad Autónoma de Coahuila
Torreón Coahuila – México

Artículo recibido: 19 de agosto de 2025. Aceptado para publicación: 19 de diciembre de 2025.
Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

Resumen

La corrosión en los elementos estructurales de concreto es provocada por efectos de humedad debido al agrietamiento o poros que tienen por los malos procesos constructivos. En esta investigación se busca dar protección a la corrosión del acero por medio de carbonato de calcio CaCO_3 . Se busca un ambiente húmedo capaz de oxidar al acero por medio de agua destilada y un porcentaje de peróxido de hidrógeno H_2O_2 , se estudiaron varias dosificaciones para definir la que mejor acelera la oxidación, encontrando que el mejor ambiente húmedo es usar agua destilada sin peróxido de hidrógeno. Para el experimento de protección del acero se someten 9 varillas de refuerzo de $3/8''$ y 9 soleras de $1\text{X}1/8''$ al ambiente húmedo en agua destilada, de los 9 especímenes de cada acero se usan 3 sin proteger, 3 con 1 capa de carbonato de calcio y los últimos 3 con 2 capas de carbonato de calcio, los 9 especímenes son sometidos al mismo ambiente húmedo, las mismas condiciones de luz, calor y temperatura, se revisa el grado de oxidación que presentan en un lapso de 96 horas haciendo revisiones cada 24 horas. Se ensayan los 9 especímenes para revisar la resistencia a la tensión y ver el efecto que tiene la corrosión. Se encontró que el Carbonato de Calcio si ayuda a proteger al acero de la corrosión y que cuando se oxidan se afecta la resistencia a la tensión.


Palabras clave: corrosión, acero de refuerzo, soleras, carbonato de calcio, protección

Abstract

Corrosion in concrete structural elements is caused by the effects of moisture due to cracking or porosity by poor construction processes. This investigation aims to protect steel from corrosion using calcium carbonate (CaCO_3). A humid environment capable of oxidizing the steel was sought using distilled water and a percentage of hydrogen peroxide (H_2O_2). Several dosages were studied to

determine the one that best accelerates oxidation, finding that the best humid environment is achieved using distilled water without hydrogen peroxide. For the steel protection experiment, nine 3/8" reinforcing bars and nine 1x1/8" flat bars were subjected to a humid environment in distilled water. Of the nine specimens of each steel, three were left unprotected, three had one layer of calcium carbonate, and the last three had two layers of calcium carbonate. All nine specimens were subjected to the same humid environment, light, heat, and temperature conditions. The degree of oxidation was checked over a period of 96 hours, with inspections performed every 24 hours. The nine specimens were tested to assess tensile strength and the effect of corrosion. It was found that calcium carbonate does help protect the steel from corrosion, and that when it oxidizes, tensile strength is affected.

Keywords: corrosion, reinforcing steel, slabs, calcium carbonate, protection

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicado en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons. 

Cómo citar: Ponce Palafox, C., Moreno Juárez, A. N., & Cárdenas Díaz, O. E. (2025). Protección a la corrosión de varillas y soleras de acero usadas en concreto reforzado. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 6 (6), 2224 – 2237.
<https://doi.org/10.56712/latam.v6i6.5053>

INTRODUCCIÓN

El acero de refuerzo es el conjunto de varillas de acero utilizadas para tomar los esfuerzos internos de tensión, así como cambios de temperatura en una estructura de concreto hidráulico. En la industria de la construcción, al momento de realizar una edificación usando concreto, es precisa la utilización de acero de refuerzo, ya que este tiene la función de soportar las fuerzas de tensión que el concreto por sí solo es incapaz de resistir.

En la figura 1 se puede observar la cantidad de acero de refuerzo que se usa en una construcción de concreto reforzado, es notable la exposición del acero a la intemperie y el riesgo que tiene a ser afectado por la corrosión y que por consecuencia se tenga alguna falla en la estructura.

Figura 1

Acero de refuerzo en una edificación expuesto a la intemperie en el proceso constructivo



El acero de refuerzo es un material que es vulnerable a la corrosión debido a la humedad que existe en el suelo en el caso de la cimentación, la filtración de agua en el caso de losas de azotea ya que en la mayoría de los casos las losas de concreto no se elaboran con los cuidados necesarios para evitar filtraciones y que no ingrese agua al elemento estructural. En la figura 2 se observa un elemento estructural con el acero de refuerzo dañado por corrosión, se puede observar que el área de la sección transversal del elemento se ve muy afectada por la disminución de área y esto lo lleva a perder resistencia a la tensión.

Figura 2

Acero de refuerzo dañado por corrosión dentro de un elemento estructural



La corrosión se define como el deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno (Gerdau Corsa, 2015). Al ocurrir la corrosión, el acero adquiere patologías por oxidación y corrosión provocando su deterioro, lo cual puede desembocar en fallas estructurales del elemento.

El concreto, juega un papel muy importante en el proceso de la corrosión del acero de refuerzo, ya que por medio de este pueden llegar a pasar moléculas de CO₂ que dañen el acero o en su defecto manteniendo su alcalinidad, evitando que el proceso de carbonatación en la interfase acero/concreto, evitando que la pasividad del acero se pierda y protegiéndolo de la corrosión (Herrera-Hernández et al., 2015).

Uno de los elementos más agresivos que provoca la corrosión es la humedad (Hernández et al., 2015), por lo cual, lo ideal sería que el concreto o en su defecto el acero, contará con algún elemento con propiedades biológicas que le permitiera al acero de refuerzo defenderse ante dichas reacciones electroquímicas.

Antes, se creía que el acero era un material con gran durabilidad, sin embargo, con el paso del tiempo se percataron de los problemas que este tenía y mostraron la necesidad de protegerlo (Valdés, 2008), sin embargo, las soluciones actualmente propuestas consisten en recubrimientos como la pintura, que, si bien son factibles, es complicado de aplicar por las dimensiones que tiene el acero que se usa en el refuerzo de concreto.

Se han realizado investigaciones sobre la posible aplicación de microorganismos en el acero para evitar la corrosión (Alasvand et al., 2014), sin embargo, éstas sólo se han realizado para atacar la corrosión ambiental, microbiana, etc. y no en la corrosión producto de la humedad y menos hablando de elementos estructurales, desconociendo las implicaciones que los microorganismos provocan en los elementos portantes.

Existen distintos recubrimientos para inhibir la corrosión en el acero teniendo la condición que éstos son finitos, es decir, no tienen una duración de por vida, y en algunos casos ni siquiera son de larga duración. Es por esto, que a las estructuras que contienen acero, periódicamente se le somete a un proceso de mantenimiento. Si bien, el mantenimiento es una buena opción, hay que estar conscientes de que para aplicar algún método para su conservación como lo es el mantenimiento, hay que observar en qué estado se encuentra el elemento, siendo esta una gran dificultad al momento de hablar de acero de refuerzo, debido a que éste se encuentra cubierto por el concreto que lo complementa.

Microorganismos en la prevención de la corrosión

Los microorganismos juegan un papel esencial en la vida como tal, y por ende en procesos tan complejos como en la corrosión. En el artículo, corrosión microbiológica en aceros de bajo carbono (Medina-Custodio et al., 2009), se menciona que, la inhibición originada por los microorganismos se debe a la acción neutralizadora de las sustancias corrosivas presentes en el ambiente, esto a través de la modificación en la concentración de oxígeno y del pH del medio. Lo anterior, da indicios de cómo las acciones de los microorganismos son clave para la inhibición de la corrosión.

Los causantes de la corrosión son las bacterias sulfato reductoras; estas bacterias producen ácido sulfhídrico H₂S y por ende, ese ácido es el que produce la corrosión en los elementos de acero (Alasvan et al. 2014), (Deyab, 2018). A esta corrosión se le conoce como biocorrosión. Para mitigar este tipo de corrosión se pueden usar varias estrategias, una de ellas es el cloruro de didecildimetilamonio ya que funciona como biocida pudiendo recubrir los elementos (Deyab, 2018), otra opción es el uso de biofilm basada en la bacteria *Desulfovibrio caledoniensis* combinada con *Clostridium* sp. Uncultured (Alasvand et. al. 2014) ayuda a inhibir la corrosión del acero al carbono

Inhibidores de corrosión

Inhibidores de Corrosión se puede definir como la aplicación de sustancias químicas en pequeñas dosis provocan que la velocidad en la corrosión del acero disminuya. Los inhibidores de corrosión pueden ser aplicados en diferentes condiciones como medios ácidos (Sandianes-Vega et. Al., 2012), otra puede ser por medio de aleaciones expuestas a nuevos catalizadores (Reyes, 2013). También se ha usado evaluando las oxazolinas que son compuestos orgánicos heterocíclicos (Rodríguez, et. Al. 2002). Se han realizado investigaciones con estas propuestas de inhibidores encontrando resultados favorables para la protección del acero antes de tener corrosión como medio preventivo y no tener que realizar procedimientos correctivos.

METODOLOGÍA

Ambiente húmedo

Uno de los problemas más frecuentes en la industria de la construcción es la corrosión del acero en los elementos estructurales, debido a esto se busca una protección del acero para inhibir el proceso y velocidad de la corrosión. Lo primero que se busca es un ambiente húmedo que sea capaz de oxidar y corroer el acero en poco tiempo. Para este fin se someterán especímenes de acero como varilla corruga y solera de acero en agua destilada y peróxido de hidrogeno H₂O₂ para ver si se acelerar el proceso de corrosión.

Se estudian 24 especímenes de 1 cm de largo cada una y son sometidas a diferentes dosificaciones de agua destilada y peróxido de hidrogeno para revisar el efecto como ambiente húmedo para generar corrosión en el acero, 12 son varilla de 3/8" y 12 son solera de 1" X 1/8". Todas las muestras son sometidas a las mismas condiciones ambientales como temperatura, humedad y luz.

Se busca estudiar 2 procedimientos de oxidación de los especímenes, uno es usando únicamente agua destilada y otro es usando agua destilada con un porcentaje de concentración de peróxido de hidrógeno H₂O₂. En la tabla 1 se muestran los porcentajes de agua destilada y de peróxido de hidrógeno en cada mezcla. Las dosificaciones se establecen en 10, 25 y 50% de concentración del peróxido de hidrógeno H₂O₂.

Tabla 1

Tabla con porcentajes de agua destilada y Peróxido de Hidrógeno

Mezcla #	Agua destilada	Peróxido de hidrógeno	
	ml	% (concentración)	ml
1	20	0	0
2	16	10	4
3	10	25	10
4	0	50	20

Fuente: elaboración propia.

Los especímenes son puestos en frascos de vidrio con capacidad de 125 ml con la mezcla correspondiente para acelerar su proceso de oxidación. En la figura 3 se muestran los especímenes en frasco con 20 ml de agua destilada, a) varillas de 3/8" de 1 cm de largo, b) soleras de 1"X1/8" de 1 cm de largo. Son sellados con Parafilm y su tapa para evitar filtraciones.

Figura 3

Especímenes colocados en frascos con 20 ml. De agua destilada



Se pusieron los especímenes en frascos con la mezcla 1, 2, 3 y 4 pero a diferencia de la mezcla 1 las otras mezclas fue necesario cubrir los frascos con papel canela para evitar la exposición a la luz natural o artificial y que el Peróxido de Hidrógeno pierda sus propiedades químicas. En la figura 4 se observa uno de los frascos que contienen las mezclas con peróxido de hidrógeno y agua destilada, están cubiertos para evitar la exposición a la luz para garantizar esto se colocaron en lugares controlados a estos aspectos. Son sellados con Parafilm y su tapa para evitar alguna filtración.

Figura 4

Especímenes colocados en frascos con las mezclas 2, 3 y 4 que contienen Peróxido de Hidrógeno



Después de someterse al ambiente húmedo por 2 días se revisa el estado en que se encuentren cada espécimen revisando cada hora por 2 días seguidos. En la tabla 2 se muestran los resultados de la revisión visual de cada pieza después de las 48 horas. Los especímenes fueron nombrados bajo las siguientes nomenclaturas, el primer número corresponde al número de espécimen, seguido del número de mezcla y la última letra es para diferenciar entre “s” de solera y “v” de varilla.

Tabla 2

Resultados de observaciones de las varillas y soleras sometidas al ambiente húmedo

Varillas		Soleras	
especimen	Observaciones	Especimen	Observaciones
1-1-V	Muestra oxidada, agua amarilla y partículas flotando	1-1-S	Muestra oxidada, agua amarilla y partículas flotando
2-1-V	Muestra oxidada, agua amarilla y partículas flotando	2-1-S	Muestra oxidada, agua amarilla y partículas flotando
3-1-V	Muestra oxidada, agua amarilla y partículas flotando	3-1-S	Muestra oxidada, agua amarilla y partículas flotando
1-2-V	Presencia de burbujas unidas al espécimen	1-2-S	Presencia de burbujas unidas al espécimen
2-2-V	Presencia de burbujas unidas al espécimen	2-2-S	Presencia de burbujas unidas al espécimen
3-2-V	Presencia de burbujas unidas al espécimen	3-2-S	Presencia de burbujas unidas al espécimen
1-3-S	Presencia de burbujas unidas al espécimen	1-3-S	Presencia de burbujas unidas al espécimen
2-3-V	Presencia de burbujas unidas al espécimen	2-3-S	Presencia de burbujas unidas al espécimen
3-3-V	Presencia de burbujas unidas al espécimen	3-3-S	Presencia de burbujas unidas al espécimen
1-4-V	Casi nada de burbujas	1-4-S	Casi nada de burbujas
2-4-V	Casi nada de burbujas	2-4-S	Casi nada de burbujas
3-4-V	Casi nada de burbujas	3-4-S	Casi nada de burbujas

Fuente: elaboración propia.

En la figura 5 se puede mostrar la oxidación que presentan los especímenes cuando están sometidos únicamente a agua destilada. Donde es claro el nivel de oxidación incluso en el color de la mezcla.

Figura 5

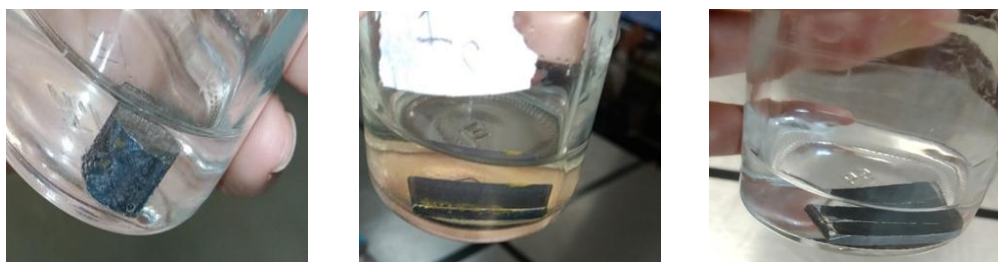
Grado de oxidación de varillas y soleras sometidas a agua destilada



En la figura 6 se muestra el resultado de someter los especímenes con agua destilada y Peróxido de Hidrógeno. Donde puede observarse que el peróxido de hidrógeno no genera oxidación en los materiales. Ya que las muestras y la mezcla se mantienen sin cambios

Figura 6

Grado de oxidación de varillas y soleras sometidas a agua destilada y Peróxido de Hidrógeno



En base a los resultados obtenidos se pudo demostrar que el mejor ambiente húmedo para los especímenes fue el agua destilada porque provoca corrosión en el acero al carbono, dando muestras de oxidación desde las primeras 4 horas de la exposición de las varillas y soleras en la mezcla 1. Esto a diferencia de las muestras que estaban sometidas en las mezclas 2, 3 y 4 que no presentaron muestras de oxidación en ninguna presentación.

Protección del acero

La acción preventiva a la corrosión del acero se realiza por medio de microorganismos mediante la bacteria pseudomonas aeruginosa; esta bacteria se produce en el carbonato de calcio (CaCO_3) por lo tanto, es la que se aplica para analizar su efecto mediante una simulación agregando un recubrimiento al acero por medio del carbonato de calcio (CaCO_3).

El carbonato de calcio que se usa en esta investigación es en polvo por lo que será necesario diluirlo en agua de grifo para que sea posible aplicarlo en las varillas y soleras, para que sea posible aplicarlo y que se tenga suficiente adherencia.

Para saber la cantidad de Carbonato de Calcio que tiene que ser diluida con el agua de grifo, se realiza un experimento con diferentes dosificaciones de Carbonato de Calcio y agua para definir cuál es la que presenta la mejor protección a la corrosión en el acero. Se realizan 3 dosificaciones diferentes en donde en la primera se considera 1:1 es decir se coloca un mililitro de agua de grifo y 1 miligramo de

Carbonato de Calcio (CaCO_3), la segunda dosificación es 1:1.5, es decir, 1 miligramo de CaCO_3 y 1.5 mililitros de agua, la última dosificación es 1:2, con 1 miligramo de CaCO_3 y 2 mililitros de agua. Cada dosificación se mezcla hasta tener una pasta homogénea y que sea posible aplicar al acero.

Se cortan 3 trozos de varillas corrugada de 3/8" de 1 cm de largo, se les unta la mezcla del CaCO_3 y el agua de grifo, cada varilla con una mezcla diferente, una vez que 3 las varillas están untadas con la mezcla del CaCO_3 se someten al ambiente húmedo de agua destilada para acelerar su proceso de oxidación por 12 horas.

Después de transcurridas las 48 horas se revisa el pH del agua destilada obteniendo los resultados de la tabla 3 donde es claro que el agua se vuelve más alcalina conforme aumenta la relación $\text{CaCO}_3 - \text{H}_2\text{O}$.

Tabla 3

Valores de pH del agua usada para acelerar la oxidación

Valores de pH		
Relación $\text{CaCO}_3 - \text{H}_2\text{O}$	pH inicial	pH final
1:1	8.5	8.617
1:1.5	8.5	8.687
1:2	8.5	8.757

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con el experimento se encontró que la mejor adherencia y el mejor comportamiento de protección a la oxidación fue la mezcla 1:1.5 ya que los especímenes en esta mezcla fueron los que presentaron menor oxidación. Por lo tanto, es la mezcla se usa para realizar la investigación de la protección del acero a la oxidación.

Metodología de ensayo

Con el ambiente húmedo determinado y el tipo de protección que se le dará al acero se procede a realizar ensayos para establecer cómo es posible proteger el acero para evitar la corrosión. Para la investigación se utilizaron 9 especímenes de varillas de 3/8" de 40 cm de longitud y 9 especímenes de solera de 1" X 1/8" de 40 cm de longitud.

La metodología consiste en someter las varillas y las soleras a un ambiente húmedo para acelerar la corrosión y ver si se ve afectada la resistencia a la tensión del acero. De las 9 varillas que se usan para el experimento 3 serán expuestas al ambiente húmedo con agua destilada sin proteger otras 3 serán sometidas al mismo ambiente húmedo colocando 1 capa de Carbonato de Calcio CaCO_3 , y las últimas 3 serán sometidas a agua destilada con 2 capas de CaCO_3 . El mismo procedimiento se realiza con las 9 soleras.

Para untar el CaCO_3 a las varillas y soleras se prepara la mezcla en un recipiente agregando 1000 ml de agua de grifo y se le agregan 667 grs de CaCO_3 para cumplir con la dosificación de 1:1.5. La manera de mezclar el CaCO_3 es agregar los 1000 ml en partes, es decir, de 200 ml de agua y 133 grs de CaCO_3 mezclar con un agitador hasta que esté homogénea. Y repetir el procedimiento hasta alcanzar los 1000 ml de agua y los 667 grs de CaCO_3 y ya pueda ser aplicada a los especímenes.

El procedimiento para aplicar una capa de recubrimiento de CaCO_3 con agua de grifo a los 3 especímenes es introducir la pieza a la mezcla y permanecer ahí por 15 segundos, sacarla y dejarla

secar por 5 minutos. Para los otros 3 especímenes que llevan 2 capas de protección, la primera capa se introduce la pieza en la mezcla permanece ahí 15 segundos se saca y se deja secar por 5 minutos, después se vuelve a meter 15 segundos y nuevamente se deja secar por 5 min.

Ya que los especímenes tienen la protección serán colocados en frascos de cristal de 48 cm de alto y 10 cm de diámetro que previamente fueron llenados de agua destilada para que el acero sea sometido al ambiente húmedo y acelerar la oxidación.

Se dejan los especímenes durante 96 horas para ver su evolución haciendo supervisiones cada 24 horas. Se realiza una revisión visual de las piezas y se revisa el PH del agua. Una vez concluidas las 96 horas se sacan los especímenes del agua destilada y se toma lectura del PH del agua.

Cuando las muestras estén completamente secas se realizará un ensayo a tensión en una prensa universal según la norma NMX-B-172-CANACERO-2013.

En la imagen 7 se muestra el resultado del espécimen 1 de control transcurridas 24 horas. Donde se observa que ya empieza a presentar corrosión. Se muestran los resultados de acuerdo con la observación por horas, la imagen a) corresponde a las primeras 24 horas, b) a las 48 horas, c) a las 72 horas y d) a las 96 horas. En la imagen 7 se puede observar que el óxido empieza a formarse desde las primeras 24 horas y va avanzando conforme transcurre el tiempo.

Figura 3

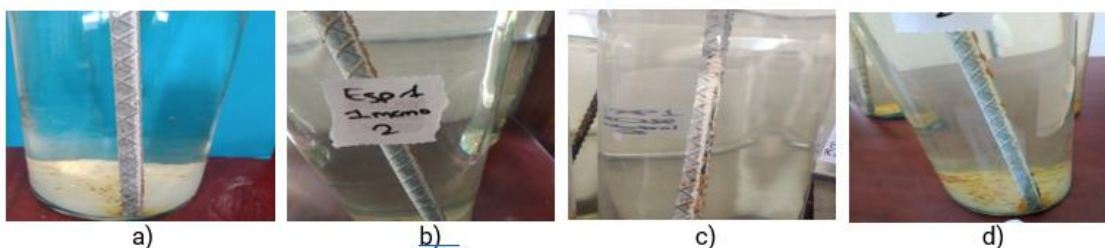
Varilla de 3/8" sometidas al ambiente húmedo de agua destilada sin CaCO₃



En la imagen 8 se puede observar los resultados del experimento para los especímenes que tienen una capa de CaCO₃, la imagen a) corresponde a las primeras 24 horas, la b) a las 48 horas, c) a las 72 horas y d) a las 96 horas. Se puede ver cómo se presenta algún óxido en algunas partes, pero menos que las que no tienen protección.

Figura 3

Varilla de 3/8" sometidas al ambiente húmedo de agua destilada con una capa de CaCO₃



En la imagen 9 se muestran los resultados del experimento para los especímenes que tienen dos capas de CaCO₃, la imagen a) corresponde a las primeras 24 horas, la b) a las 48 horas, c) a las 72 horas y d) a las 96 horas. Se puede ver cómo se presenta algún óxido en algunas partes, pero si es menos que las que no tienen protección y las que tienen una capa de protección.

Figura 9

Varilla de 3/8" sometidas al ambiente húmedo de agua destilada con 2 capas de CaCO₃



RESULTADOS

Después de transcurridos las 96 horas y dejando secar las muestras se someten a ensayo a tensión todos los especímenes. En la tabla 4 se presentan los resultados de los ensayos de las muestras donde E1 se refiere a las varillas de 3/8" y las E2 a las soleras de 1"X1/8". La muestra con C es la que no tiene protección de CaCO₃. La muestra con 1M es la que tiene 1 capa y el 2M es la muestra con 2 capas, de cada uno se tienen 3 especímenes. Es decir, entonces que E1.1M.1 corresponde al espécimen de varilla de 3/8" con 1 capa de CaCO₃ espécimen 1.

Tabla 4

Resultados de resistencia a la tensión y PH

Espécimen	Grupo	Muestra	PH inicial	PH final	Resistencia a la tensión
E1	C	E1.C.1	8.314	7.207	50.5900
E1	C	E1.C.2	8.314	6.902	50.1000
E1	C	E1.C.3	8.314	6.915	50.3210
E1	1	E1.1M.1	8.262	8.598	49.1885
E1	1	E1.1M.2	8.262	8.938	49.9886
E1	1	E1.1M.3	8.262	9.220	49.4503
E1	2	E1.2M.1	8.027	9.086	50.1000
E1	2	E1.2M.2	8.027	8.990	51.0987
E1	2	E1.2M.3	8.027	9.155	50.6477
E2	C	E2.C.1	8.314	6.830	22.8155
E2	C	E2.C.2	8.314	7.201	24.0398
E2	C	E2.C.3	8.314	7.189	22.7623
E2	1	E2.1M.1	8.262	9.350	25.4563
E2	1	E2.1M.2	8.262	9.145	24.6782
E2	1	E2.1M.3	8.262	9.066	23.3391
E2	2	E2.2M.1	8.027	9.448	24.6574
E2	2	E2.2M.2	8.027	9.300	24.8430
E2	2	E2.2M.3	8.027	9.454	23.0824

Fuente: elaboración propia.

DISCUSIÓN

En los resultados se observa que el pH si tiene un efecto negativo en la corrosión de acero al carbono ya que un pH bajo acelera la corrosión del acero, en cambio un pH alto desacelera el proceso de oxidación. Tomando en cuenta este principio, y al observar la alcalinidad alcanzada por las muestras de los especímenes analizados que contaban con el recubrimiento dado (como la simulación de la acción metabólica de la bacteria *pseudomonas aeruginosa*), se puede determinar la efectividad del carbonato de calcio para desacelerar el proceso electroquímico de oxidación y corrosión en el acero al carbono.

Por otro lado, analizando la resistencia a la tensión mostrada por cada uno de los especímenes y tomando un promedio de cada tipo de muestra, se puede definir que, la implementación de carbonato de calcio, ayudó no solo en la prevención de la corrosión, sino que lo protegió al grado de no afectar la resistencia a la tensión de cada espécimen.

Acercas del pH, enfatizando en las muestras del control, se volvió ácido el medio húmedo en 2 de ellas, y la otra se mantuvo en básico, sin embargo, tuvieron un nivel muy próximo a convertirse en neutro (con un valor de 7), se nota muy claro que el pH disminuye ya que el inicial fue de 8.

El promedio de los resultados de las resistencias a la tensión de las varillas de 3/8" de cada grupo de 3 es:

Control 50.337 kN

1 capa de recubrimiento 49.5424 kN

2 capas de recubrimiento 50.6154 kN

Aunque la diferencia es poca se puede notar que si hay una mayor resistencia en los especímenes que tienen 2 capas de CaCO₃ en comparación con los que no tienen y los que tienen 1 capa.

En el caso del espécimen de solera, haciendo un promedio de capacidad de carga de cada grupo diferente (control, una capa de recubrimiento y dos capas de recubrimiento), serían:

Control 23.2058 kN

1 capa de recubrimiento 24.4912 kN

2 capas de recubrimiento 24.1943 kN

A diferencia de los especímenes de varillas en el caso de las soleras la mayor resistencia se presenta en las que tienen 1 capa de CaCO₃ y no en la que tiene 2 capas de protección. Si bien, la simulación de la producción de *pseudomonas aeruginosa* mediante carbonato de calcio funcionó adecuadamente, debe hacerse una realización con la bacteria implementada directamente sobre el concreto y la varilla, ya que se desconoce si la acción de la bacteria pueda llegar a provocar corrosión microbiana como mencionan diversos autores (Medina-Custodio et al., 2009) o en su defecto los efectos contrarios que tendrían las mismas bacterias en el acero (Alasvand et al., 2014).

RECOMENDACIONES

Realizar la comprobación de la efectividad de la aplicación de la bacteria *Pseudomonas aeruginosa* al ser implementada en el concreto con fines de protección a la corrosión.

Revisar que la presencia de la bacteria en el concreto reforzado no afecte la resistencia que tengan estos elementos de carga en conjunto.

Es necesario revisar si al aplicar el CaCO_3 no se afecta la adherencia entre el concreto y acero.

Se recomienda hacer el estudio ahora sometiendo las muestras al ambiente húmedo, pero por más de 96 horas para ver su comportamiento.

CONCLUSIÓN

La implementación del carbonato de calcio en el acero, como parte de la simulación del resultado metabólico de la bacteria *Pseudomonas aeruginosa*, fue benéfico para el acero al carbono, ya que lo protegió al retardar el proceso de oxidación y corrosión del medio húmedo al cual se sometió, mientras que, por otro lado, lo protege de no perder sus propiedades de resistencia a la tensión.

REFERENCIAS

Alasvand Zarasvand, K., & Vittal, R. (2014). Microorganisms: Induction and inhibition of corrosion in metals. *International Biodeterioration & Biodegradation* (Vol. 87).

Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción. Plan de manejo de residuos de la construcción y la demolición [archivo PDF]

Castañeda Valdés, A. (2008). Caracterización de la corrosión en el acero de refuerzo del hormigón armado en presencia de iones cloruro. *Revista cenic. Ciencias Químicas*, 39 (1), 56-57.

Deyab, M.A. (2018) Efficiency of cationic surfactant as microbial corrosion inhibitor for carbon steel in oilfield saline water. *Journal of Molecular Liquids*, 255,550,555.

Gabriela, Reyes. (2013). Comportamiento de la Corrosión en Aleaciones Expuestas a Nuevos Catalizadores. (Tesis de maestría). Universidad Autónoma del Estado de Chihuahua. Chihuahua, Chihuahua.

Gerdau Corsa. (2015). Principios de protección de estructuras metálicas en situación de fuego y corrosión [archivo PDF]

Grupo Sika. (2015). Guía para el mantenimiento y protección de elementos metálicos [archivo PDF]

Hernández - Oroza, A., y Guerra - Bouza, D. (2015). Influencia del micro-ambiente en el interior de una edificación sobre la corrosión del acero de refuerzo. *Revista CENIC. Ciencias Químicas*, 46 , 45-55.

Herrera-Hernández, H., Franco-Tronco, M., Miranda-Hernández, J., Hernández-Sánchez, E., & Espinoza-Vázquez, A., y Fajardo, G. (2015). Gel de aloe-vera como potencial inhibidor de la corrosión del acero de refuerzo estructural. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 6 (3), 9-23.

Medina-Custodio, O., Ortiz-Prado, A., Jacobo-Armendáriz, V., y Schouwenaars-Franssens, R. (2009). Corrosión microbológica en aceros de bajo carbono. *Ingeniería. Investigación y Tecnología*, X (1), 9-19.

Norma Mexicana NMX-B-506-CANACERO.2011. Industria siderurgia-varilla corrugada de acero para refuerzo de concreto-especificaciones y métodos de prueba.

Rodríguez, S., Abreu, A., y Cepero, A. (2002). Evaluación de tres oxazolinas como inhibidores de la corrosión mediante técnicas electroquímicas. *Revista CENIC. Ciencias Químicas*, 33 (2), 65-70.

Sandianes-Vega, B., Uruchurtu-Chavarín, J., Calderón-Secada, O., y Calderón-Sánchez, O. (2012). Estudio de un inhibidor de corrosión en medio ácido. *Tecnología Química*, XXXII (2), 113-120.

Todo el contenido de **LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades**, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia [Creative Commons](#) 