

Evaluación de la carbonatación de concreto modificado con polímero, utilizando agregado grueso y tereftalato de polietileno reciclados

Mendivil Escalante, J. M.^{1*}, Gómez Soberón, J. M.², Castro Beltrán, A.¹, Corral Higuera, R.¹, Arredondo Rea, S. P.¹, Almaral Sánchez, J. L.¹

¹Facultad de Ingeniería Mochis, Programa de Doctorado en Ciencias de la Ingeniería, Sinaloa, México.

²Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España

*e-mail autor responsable: josemiguelmendivil@hotmail.com.mx.

RESUMEN

En este trabajo de investigación se han estudiado diferentes mezclas de concreto modificado con polímero, constituidas por agregado natural (AN) y un remplazo parcial de agregado grueso de concreto reciclado (AGR) del 25 %, con la adición de 9, 13 y 17% de resina polimérica sintetizada a partir de botellas de tereftalato de polietileno (PET por sus siglas en inglés) post-consumo a través de procesos de reciclaje mecánico y químico. Las probetas de concreto fabricadas fueron expuestas en una cámara de carbonatación acelerada por un lapso de nueve semanas y se determinó el avance del frente de carbonatación y constantes de carbonatación mediante mediciones periódicas por el método de indicador ácido-base con solución de fenolftaleína. La durabilidad del concreto es un factor de gran importancia en la evaluación de la eficiencia de éstos, por lo tanto se estudió la porosidad debido a que juega un papel determinante ya que representa el medio de incorporación de agentes agresivos como el CO₂ para los elementos de concreto. De manera general se encontró que la adición de la resina polimérica permite reducir las constantes de carbonatación del concreto, otorgándole mayor durabilidad.

Palabras claves: Concreto modificado con polímero, agregados reciclados, tereftalato de polietileno, carbonatación.

ABSTRACT

In this research we have studied different concrete modified with polymer consisting of natural aggregate (NA) and a partial replacement of recycled coarse aggregate of concrete (AGR) of 25%, with the addition of 9, 13 and 17% of polymeric resin synthesized from bottles of polyethylene terephthalate (PET for short English) post-consumption processes through mechanical and chemical recycling. The concrete specimens produced were exposed in an accelerated carbonation chamber for a period of nine weeks and progress carbonation front and carbonation constants determined by periodic measurements by the method of acid-base indicator phenolphthalein solution. The durability of concrete is a factor of great importance in assessing the efficiency thereof therefore the porosity was studied because it plays a role as it represents the means of incorporation of aggressive agents such as CO₂ for elements concrete. In general it was found that the addition of the polymeric resin reduces constants concrete carbonation, giving durability.

Keywords: Polymer modified concrete, recycled aggregates, polyethylene terephthalate, carbonation.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente en el área del concreto, es necesario mejorar las características de este material, tal como lo es la durabilidad. El concreto reciclado (CR) es un material compuesto resultado de la mezcla de agregados pétreos naturales y agregados reciclados (AR) graduados y unidos con una pasta de cemento [1,2].

El CR surge con la necesidad de reciclaje de los residuos de construcción. Muchos países desarrollados y otros en vías de desarrollo, experimentan a partir de estas prácticas el ahorro de recursos naturales porque se aumenta la vida útil de los rellenos sanitarios y evita la explotación de recursos naturales no renovables [3].

Una de las alternativas que se ha considerado con la finalidad de mejorar las propiedades del concreto y a su vez brindar una opción de contribución en la sustentabilidad del medio ambiente es la utilización del tereftalato de polietileno (PET por sus siglas en inglés) mediante la elaboración de resinas de poliéster insaturado. El PET es un polímero cuyas moléculas consisten en cadenas largas de unidades repetidas que sólo contienen carbono (C), oxígeno (O) e hidrógeno (H), todos elementos orgánicos. El hecho de encontrar los residuos de este material en las botellas usadas, nos permite tener una amplia fuente de este material reciclable para diferentes aplicaciones como lo es tema de la presente investigación [4].

La utilización de polímeros en el concreto, comenzó aproximadamente 50 años atrás y poco a poco se han convertido en un sustituto adecuado para elementos de concreto [5]. El concreto modificado con polímero (PMC por sus siglas en inglés) es una mezcla de concreto convencional con una resina polimérica, cuyo polímero puede ser PET [6]. El PMC se utiliza cada vez más como una alternativa de aplicación tanto en estructuras, pavimentos, puentes, tuberías de aguas residuales, reparación y revestimiento de superficies dañadas de concreto, siendo un material que presenta buenas propiedades de durabilidad [7].

La durabilidad, según la American Concrete Institute (ACI), es la capacidad para resistir las acciones del medio, el ataque químico, la abrasión o cualquier otro proceso que pueda causar deterioro. El concreto es durable cuando retiene las condiciones originales de forma, calidad y aptitud de servicio, luego de su exposición al medio ambiente [8]. La penetración de agua que transporta al agente agresivo depende de la porosidad, estructura de poros y su grado de conectividad, dando lugar a los mecanismos de absorción capilar, permeabilidad y difusión [9].

2. EXPERIMENTAL

2.1 Materiales

Los materiales utilizados para la síntesis de la resina de poliéster insaturado fueron: botellas de PET post consumo, hidróxido de sodio en solución al 50%, propilenglicol (PG) con pureza de 99.5%, acetato de zinc con pureza de 99.99%, estireno con 99% de pureza, todos los anteriores marca Aldrich Chemical, anhídrido maleico (AM) con pureza de 99%, ácido adípico (AA) con pureza de 99%, peróxido de metil etil cetona (MEKP) con pureza del 99%, naftenato de cobalto con pureza de 99% y estireno, todos los anteriores con marca Fluka Analytical, para la fabricación de los especímenes de concreto se empleó cemento portland compuesto (CPC 30R) con las características físico-químicas especificadas en ASTM C150[37], agua potable, agregado

grueso reciclado, agregado grueso natural, agregado fino natural, aceite lubricante y agua potable. Para la caracterización de los especímenes se utilizó fenolftaleína en solución al 1%.

2.2 Obtención de hojuelas de PET reciclado

El reciclaje del PET se inició mediante el acopio de diferentes tipos de botellas post-consumo. Se eliminaron las etiquetas y anillos para evitar la presencia de otros materiales; Se realizó la molienda de las botellas en un equipo de 5 HP con corte tipo tijera. Posteriormente, las hojuelas fueron lavadas con una solución de sosa caustica y agua al 50% para eliminar posibles impurezas.

2.3 Etapa de la Glicolisis

La glicolisis, se llevó a cabo en un reactor, se agregaron hojuelas de PET, propilenglicol (PG) (50% en peso del PET) como solvente y acetato de zinc (0.5% en peso del PET) como catalizador, posteriormente se realizó la programación del reactor utilizando rampas de temperatura desde 25°C a 200°C, la reacción se mantuvo durante 8 horas con agitación constante de 165 rpm. Al producto se le denominó BR-1.

2.4 Síntesis de la resina

Para la síntesis de la resina se utilizó el producto obtenido de la glicolisis (BR-1), se adicionó anhídrido maleico (MA) y ácido adípico (AA), en una relación molar de 1.1:0.5:0.5. Se programó el reactor controlando los tiempos y temperaturas con rampas de 25 °C cada 20 minutos hasta alcanzar 200°C y se continuó la reacción durante 8 horas, con agitación constante de 165 rpm.

2.5 Obtención del agregado grueso reciclado (AGR)

Se realizó el acopio de material de escombros proveniente de la demolición de pavimentos; se inició con la reducción de las piezas, con una máquina retroexcavadora con rotomartillo, se continuó disminuyendo el tamaño de las piezas de concreto con marro hasta obtener un tamaño que permitiera la introducción del material en el área de alimentación de la trituradora de mandíbula. Una vez obtenido el material triturado, se procedió a realizar el cribado, por medio de mallas mecánicas, después se seleccionó el material con tamaño máximo de ¾". Posteriormente se realizaron pruebas preliminares tanto al agregado grueso reciclado (AGR) como al agregado natural (AN), tales como análisis granulométrico, para agregado fino y grueso, también se obtuvieron el módulo de finura, peso volumétrico suelto y compacto, densidad y absorción.

2.5 Fabricación de especímenes de RPC

El proceso inició con pesando los materiales para las mezclas en balanza de 1gr de precisión (cemento, agua, agregado grueso natural y reciclado, agregado fino natural y la resina) colocando dichos materiales en recipientes. La preparación de los agregados finos y gruesos consistió en la saturación durante 24 horas, permitiendo que los agregados llegaran a una condición de humedad óptima para evitar la disminución del agua de mezclado por absorción. Después se realizó la revoltura de la mezcla en revolvedora. Se procedió revolviendo el cemento y el agregado fino, se

adicionó el agregado grueso (reciclado y natural, según sea el caso) y se revolvió hasta que quedaron perfectamente mezclados. Después se adicionó el agua, se dejó reposar durante 30 segundos para que ésta fuera absorbida por los materiales, se continuó haciendo la batida, luego se adicionó la resina en estado líquido y se mezcló hasta tener una consistencia homogénea. La realización de los especímenes consistió en el llenado de cilindros de 10 cm x 20 cm en 3 capas con 25 golpes, compactación con varilla punta de bala y tamaño máximo de agregado de $\frac{3}{4}$ ". Cabe mencionar que la trabajabilidad de las mezclas mostró un decremento con la adición de la resina, notando dificultad en la compactación principalmente en la mezcla con mayor contenido de resina. Una vez fabricadas las probetas, se cubrieron con una película plástica y se dejaron fraguar durante 24 horas en condiciones de laboratorio. Transcurridas las 24 horas, se procedió a desmoldar los especímenes y se introdujeron en una pila con agua, con la finalidad de obtener un curado óptimo de 28 días.

2.5 Exposición en la cámara de carbonatación acelerada

El objetivo de exponer los especímenes a un proceso de carbonatación acelerada es debido a que los procesos de carbonatación natural son generalmente muy lentos a causa del bajo contenido en CO₂ de la atmósfera, del orden de 0,04% en volumen, de forma que en determinados concretos muy densos, los efectos pueden aparecer hasta después de varias décadas. Por lo tanto se empleó una "cámara de carbonatación acelerada" (ver Figura 1) de tal manera que en su interior se genere un ambiente propicio para que se lleve a cabo la carbonatación de manera más rápida, con una concentración mayor de CO₂ a la del medio ambiente y existe capacidad para almacenar durante el período estipulado las probetas (ver Figura 2).

La cámara de carbonatación está elaborada a partir de un marco metálico y paredes de acrílico de 4 mm de espesor y sus dimensiones son: 1.80 m de largo, 0.60 m de ancho y 0.60 m de alto.

Las condiciones internas de la cámara se describen en la Tabla 1.



Figura 1. Cámara de carbonatación.

Tabla 1. Parámetros para realizar la exposición en la cámara de carbonatación.

Variable	Valor
Capacidad de la cámara (m ³)	0.648
Temperatura promedio	37±3
Flujo de CO ₂ promedio (m ³ /min)	0.00944
Humedad relativa promedio	60 ± 10



Figura 2. Especímenes expuestos dentro de la cámara de carbonatación.

El flujo de CO₂ se obtuvo de la toma directa de un tanque comercial (ver Figura 3) con capacidad de 20 kg, instalado a la cámara de carbonatación, introduciendo un flujo fijo del gas. Para determinar el tiempo óptimo de flujo de CO₂ para llenar la cámara de carbonatación se utilizó un cálculo reportado, descrito a continuación:

$$\begin{aligned}
 V_{CAM} &= 0.64684 \text{ m}^3 \\
 V_{CO_2 (25\%)} &= 0.160921 \text{ m}^3 = 5.682871 \text{ ft}^3 \\
 \text{Flujo de CO}_2 &= 20 \text{ ft}^3/\text{h} \\
 Q &= 20 \text{ ft}^3/\text{h} \\
 Q &= V/t \dots \dots \dots \text{Ecuación 1} \\
 t &= V/Q = 5.682871 \text{ ft}^3 / 20 \text{ ft}^3/\text{h} = 0.28414 \text{ h} \\
 t &= 0.28414 \text{ h} = 17.0486 \text{ min.}
 \end{aligned}$$



Figura 3. Tanque comercial de CO₂

La cámara está equipada con dos ventiladores colocados en los extremos, con la finalidad de que exista una correcta circulación del aire y CO₂ (ver Figura 4). El control de la temperatura se realizó por medio de un foco instalado en el interior de la cámara, y permaneció encendido de manera permanente.



Figura 4. Colocación de ventiladores dentro de la cámara de carbonatación.

Para controlar la humedad relativa se colocaron dos recipientes con glicerina dentro de la cámara, debido a que por sus propiedades higroscópicas absorbe la humedad en exceso (ver Figura 5). Una vez que la glicerina se saturaba de humedad se realizaba el cambio y con la finalidad de reutilizarla se calentaba hasta eliminar la humedad absorbida.



Figura 5. Glicerina para el control de la humedad.

Los parámetros de humedad y temperatura se monitorearon de forma permanente, debido a la instalación de un termohigrómetro colocado dentro de la cámara (ver Figura 6).



Figura 6. Termohigrómetro.

2.6 Determinación de la carbonatación

El avance de carbonatación en los especímenes de concreto se determinó por el método de la vía de humedad con la solución de indicador ácido – base.

2.6.1 Preparación de la solución:

Se pesó 1 gr de fenolftaleína, 49 gr de alcohol etílico y se agregaron en un vaso de precipitados con agitación hasta disolver completamente. Posteriormente se pesó 50 gr de agua destilada y se agregó a la solución de fenolftaleína y alcohol etílico y se agitó hasta que se mezclaron completamente y se vertió la solución en un frasco con atomizador, dicha solución se almacenó y se utilizó en cada fecha de prueba.

2.6.2 Procedimiento:

Cada semana se obtuvieron rodajas de 1 cm de espesor aproximadamente de cada espécimen expuesto (ver Figura 7), limpiando el polvo la superficie con ayuda de una brocha. Después se aplicó la solución de fenolftaleína con el atomizador en la superficie de cada rodaja de manera uniforme, se dejó reposar la muestra durante un tiempo no mayor de 15 minutos (ver Figura 8), se procedió a realizar las mediciones de la profundidad de carbonatación (dimensión de la zona incolora) con el vernier, procurando obtener dichos valores con la mayor precisión posible. Se tomaron 8 medidas (4 máximos y 4 mínimos) con la finalidad de obtener resultados estadísticamente más confiables.



Figura 7. Procedimiento de corte de especímenes.



Figura 8. Aplicación de la solución de fenolftaleína.

2.6.3 Modelo para calcular las constantes de carbonatación.

Uno de los modelos más sencillos que permiten predecir la velocidad de carbonatación del concreto armado es como ya se dijo, el que relaciona la profundidad de carbonatación con la raíz cuadrada del tiempo de exposición.

$$X_{CO_2} = K_{CO_2} * (t_0)^{0.5} \text{ (Ley de Fick).....Ecuación 2}$$

Dónde:

X_{CO_2} = Profundidad de carbonatación, en mm
 K_{CO_2} = Constante de carbonatación, en mm/año^{0.5}
 $(t_0)^{0.5}$ = Tiempo en años.

Con los resultados de una determinación de profundidad de carbonatación es posible predecir la progresión de la misma y el tiempo en el cual la carbonatación alcanzará el refuerzo del concreto si se conoce la profundidad de éste.

Ejemplo:

$$K_{CO_2} = X_{CO_2} / (t_0)^{0.5} \dots\dots\dots \text{Ecuación 3}$$

Además:

$$t = (X_{CO_2} / K_{CO_2})^2 \dots\dots\dots \text{Ecuación 4}$$

3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1 Avance del frente de carbonatación en el concreto

El monitoreo del avance del frente de carbonatación se realizó cada semana durante 9 semanas, en cuyo período se obtuvo una severa carbonatación en algunos de los especímenes. En la Figura 9 se muestran las imágenes del ensayo realizado a los 7 días de exposición. Se observa los especímenes presentaron una coloración rosa en la totalidad de superficie estudiada, con lo que aún no se presenta el ingreso del CO₂ en el concreto y por lo tanto no se ha presentado disminución del pH por proceso de carbonatación, indicando el buen estado de los especímenes.

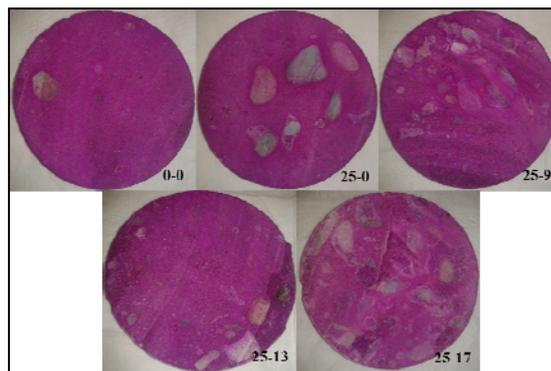


Figura 9. Muestras con indicador de fenolftaleína después de la primera semana de exposición

En la Figura 10 se muestra el avance del frente de carbonatación a los quince días de exposición, observando que las cinco mezclas en estudio (0-0, 25-0, 25-9, 25-13 y 25-17) han iniciado con el proceso de carbonatación debido al ingreso de CO₂, lo cual se determina por la ausencia de coloración en los primeros milímetros de la superficie de cada espécimen indicando la

disminución del pH. Es posible notar que la muestra de referencia 0-0 tiene una carbonatación menos avanzada comparada con la muestra 25-0 y una menor diferencia para el caso de las muestras 25-9, 25-13 y 25-17.

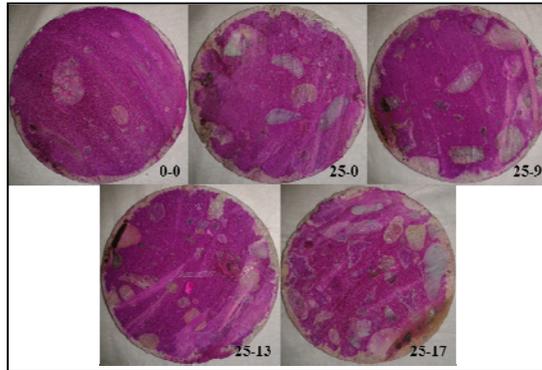


Figura 10. Muestras con indicador de fenolftaleína después de la segunda semana de exposición

En la Figura 11, se muestra el avance del frente de carbonatación a los veintidós días de exposición. Es posible observar un notorio cambio para las cinco muestras en estudio, presentando mayores valores la muestra 25-0, lo cual se debe a que está constituida por 25% de AGR, significando que posee una fracción de agregado adherido a mortero antiguo el cual es más poroso e influye en que el concreto fabricado con dicho porcentaje de sustitución sea más poroso y permita el ingreso de CO_2 con menor dificultad. El empleo de los distintos valores de adición de resina polimérica ha permitido que en cierta medida se disminuya el ingreso de CO_2 al rellenar y trancar parte de los poros interconectados y de esta manera disminuir el efecto de la carbonatación.

En las Tablas 2 y 3 se presentan los coeficientes de carbonatación (K) obtenidos semanalmente en las dos primeras mediciones. Para el cálculo de los coeficientes se utilizó la Ley de Fick.

Tabla 2. Constantes de carbonatación correspondientes a la primera semana de exposición en la cámara de carbonatación.

Muestra	Tiempo en días	Tiempo en años	Profundidad promedio (mm)	Constante de carbonatación K ($\text{mm/año}^{1/2}$)
0-0	7	0.0192	0.000	0.000
25-0	7	0.0192	1.040	7.500
25-9	7	0.0192	0.256	1.850
25-13	7	0.0192	0.245	1.770
25-17	7	0.0192	0.257	1.850

Tabla 3. Constantes de carbonatación correspondientes a la segunda semana de exposición en la cámara de carbonatación.

Muestra	Tiempo en días	Tiempo en años	Profundidad promedio (mm)	Constante de carbonatación K (mm/año ^{1/2})
0-0	15	0.0411	1.375	6.780
25-0	15	0.0411	2.225	10.980
25-9	15	0.0411	1.318	6.500
25-13	15	0.0411	1.324	6.530
25-17	15	0.0411	1.223	6.030

En las Figuras 11 y 12 se muestran las gráficas correspondientes a los resultados del cálculo de las constantes de carbonatación K para las primeras semanas de estudio.

Se puede observar que las constantes de carbonatación son menores para la muestra de referencia 0-0, presentando constantes mayores en la muestra 25-0 durante las 9 semanas de prueba debido a la mayor porosidad de dicha muestra. A partir del día de exposición número 15 se observa que la muestra 25-9, 25-13 y 25-17 tienen una constante de carbonatación semejante disminuyendo conforme se aumenta la adición de resina polimérica y presentando constantes de carbonatación menores que la muestra 25-0.

A partir del día de exposición número 29 se observa el inicio de una tendencia, en la que las constantes de carbonatación de las muestras 25-9, 25-13 y 25-17 se encuentran por debajo de la constante de la muestra 0-0. Se puede observar en el resto de las gráficas que se conserva la tendencia antes señalada al disminuir la constante de carbonatación presentada en la muestra 25-0 a valores similares al de la muestra 0-0. Dicho efecto se atribuye a que se ha disminuido la porosidad al adicionar los distintos porcentajes de resina polimérica, teniendo resultados óptimos en la mezcla 25-13 ya que al aumentar el porcentaje de resina polimérica no se presentan más disminuciones en las constantes.

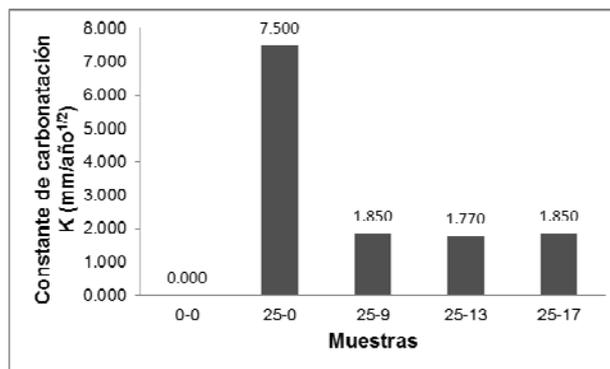


Figura 11. Constantes de carbonatación de la primera semana

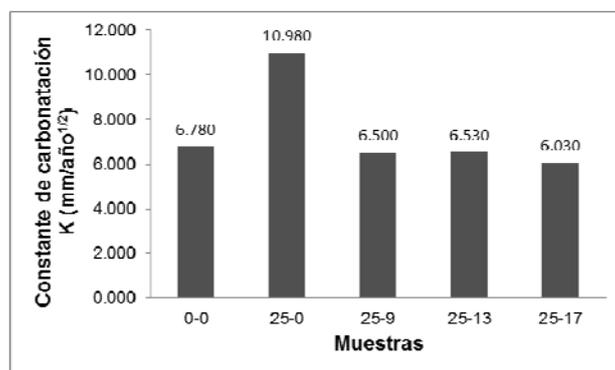


Figura 12. Constantes de carbonatación de la segunda semana

Se puede observar de manera gráfica que las constantes de carbonatación obtenidas son menores para la mezcla 25-0, con una tendencia de aumento conforme se aumenta el porcentaje de resina adicionado. Se puede observar un comportamiento similar en los especímenes 0-0, 25-9, 25-13 y 25-17 a partir de la segunda semana. Esto se debe a que como anteriormente se mencionó la sustitución parcial de AN por AGR hace que las probetas presenten mayor porosidad y por lo tanto mayor facilidad al ingreso de CO₂, dicho efecto se ve contrarrestado al adicionar la resina polimérica se efectúa el relleno y obstaculización de rutas conductivas continuas, dificultando el ingreso de CO₂ y otros agentes contaminantes.

En la Tabla 4 se presenta un resumen de los coeficientes de carbonatación para cada semana de exposición y tipo de mezcla realizada.

Tabla 4. Resumen de constantes de carbonatación

MUESTRAS	K (mm/año ^{1/2})								
	7 días	15 días	22 días	29 días	36 días	43 días	50 días	57 días	66 días
0-0	0.00	6.78	11.12	14.69	14.58	16.11	17.35	18.86	20.36
25-0	7.50	10.98	14.56	17.52	24.68	26.66	31.77	32.08	32.37
25-9	1.85	6.50	12.42	15.43	16.05	17.74	18.62	20.31	21.65
25-13	1.77	6.53	12.22	15.02	13.91	15.50	17.26	18.51	19.42
25-17	1.85	6.03	11.51	14.99	13.95	15.24	17.43	19.37	19.23

Los promedios de las constantes de carbonatación que se obtuvieron, se utilizaron para la determinación del tiempo remanente, es decir, el tiempo que tardaría el frente de carbonatación en alcanzar una varilla de refuerzo introducida en los especímenes empleando los distintos espesores propuestos.

4. CONCLUSIONES

- La mezcla 25-9 presenta un comportamiento muy similar a los efectos de carbonatación acelerada que la mezcla convencional 0-0 y valores por debajo de las mezclas con el mismo porcentaje de agregado reciclado pero sin adición de resina.
- Las mezclas 25-13 y 25-17 presentan mejores resultados de carbonatación, al obtener los valores menores en comparación con el resto de los especímenes estudiados. Se encontró una diferencia poco significativa al incrementar del 13 al 17% de adición de resina polimérica, con lo que se propone que la mezcla 25-13 es la que presenta mayor eficiencia.
- Mediante la estimación del tiempo remanente se obtuvo la misma tendencia anteriormente descrita, en donde la mezcla 25-13 muestra los mejores resultados en cuanto a proyección del tiempo y durabilidad.

AGRADECIMIENTOS

Universidad Autónoma de Sinaloa por prestar sus instalaciones para la realización del proyecto, CONACYT por la beca otorgada al becario con # 57090 con # CVU 374801.

5. REFERENCIAS

- Goñi S. Andrade C. (1990). "Synthetic concrete pore solution chemistry and rebar corrosion rate in the presence of chlorides", *Cement and Concrete Research* 25, 4: pp. 525-539.
- Castro, P. (1998). "Corrosión en Estructuras de Concreto Armado", Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C.
- Neville, A. (1999) *Tecnología del Concreto*, Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto A. C.
- Bedoya, C.M. (2003) "El Concreto Reciclado con Escombros como Generador de Hábitats Urbanos Sostenibles", Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.
- Jo, B. W. (2006) "Mechanical Properties of Polyester Polymer Concrete Using Recycled Polyethylene Terephthalate", *ACI Journal*.
- Jamshidi, M. (2010) "A Comparative Study on Physical/ Mechanical of Polymer Concrete and Portland Cement Concrete", *Asian Journal of Civil Engineer*.
- Fowler D.W. (1999) "Polymers in Concrete: A Vision for the 21st Century", *Cement and Concrete Composites*.
- Garas, V. (2003) "Review of Polymer Concrete Properties", Department of Civil and Environmental Engineering.
- González, M., (2001) "Guía Introductora a la Durabilidad", Informado por el Comité ACI 201.
- Becker, E., (2011) "Durabilidad del hormigón", *Tendencias del Mercado*, Loma Negra C.I.A.S.A.
- López Celis, et.al. (2006) "Durabilidad de la Infraestructura de Concreto Reforzado expuesta a diferentes ambientes urbanos de México", *Secretaría de Comunicaciones y Transporte*, No. 292.

Goñi S. Andrade C. (1990). "Synthetic concrete pore solution chemistry and rebar corrosion rate in the presence of chlorides", *Cement and Concrete Research* 25, 4: pp. 525-539.

Feliú S. Andrade C. (1992). *Manual de Inspección de Obras Dañadas por Corrosión* (Madrid, España: CSIC): p. 76

Rejón S. (2000). "Efectividad de imprimaciones al refuerzo del concreto bajo diferentes condiciones superficiales", Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Yucatán: p. 35.

De Coss R. Murrieta G. P. Castro P. (1998). "Effect of weather cycles on chloride diffusion in porous concrete" in: P. Castro, O. Troconis, C. Andrade (Eds.), *Rehabilitation of Corrosion Damaged Infrastructure*, NACE International: pp. 285-293, Houston: TX (USA)

Los trabajos se enviarán en formato Microsoft Word, únicamente por correo electrónico, sin exceder 1.0 MB de tamaño, no se aceptan archivos comprimidos, se enviarán a:

cici.fim@uas.edu.mx

En caso de emplearse material con derechos reservados, el autor deberá incluir el permiso escrito del poseedor de los derechos así como reconocer el origen y al poseedor del derecho en un pie de página.

Para cualquier aclaración de dudas, se pueden dirigir al correo anteriormente mencionado.