

Resistencia a la carbonatación de puentes de hormigón armado con 50 años de vida en servicio en ambiente rural

[Carbontacion resistance of concrete bridges with 50 years of life in service in rural environment]

F. H. Iloro¹, N. O. Ortega², L. Esperjesi¹, and L. P. Traversa¹

¹Laboratory Training Multidisciplinary for Research Technological (LEMIT),
Commission for Research Scientific (CICBA),
La Plata, Buenos Aires, Argentina

²Engineering Department,
Universidad Nacional del Sur,
Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Corrosion is the most frequent and critical pathology in reinforced concrete structures, the reinforced steel bars lost the locally passive protection; ion chloride or widespread carbonation. The carbonation is the main process of reducing the service life of concrete in urban, rural or mixed atmospheres, free from other aggressive agents. The carbonation resistance is direct function of the characteristics of the emplacement (concentration of CO₂, HR, etc.) and the pore grid of concrete (water ratio / cement material, content and type of cement, curing, etc.). In this work the carbonation resistance (RCA) is evaluated and estimated the time of depassivation of the reinforced steel of concrete highway bridges executed with a service life > 50 years, emplaced in a rural environment class A1 (CIRSOC 201) executed with Normal Portland Cement (CPN). The influence of the quality of concrete is analyzed macro and microclimate. The results show a downward trend RCA by model Duracrete and the cement contain rules the carbonation resistance by granting the alkaline reserve under the same microclimatic conditions in most of the structures.

KEYWORDS: durability, carbonation resistance, depassivation, Duracrete.

1 INTRODUCTION

Las obras de hormigón armado interactúan con los ambientes de emplazamiento, originando a lo largo de su vida en servicio algunas patologías que pueden afectar su seguridad, su funcionalidad y/o su estética. Dentro de estos comportamientos anormales, la corrosión de las armaduras es tal vez la patología más importante por el porcentaje de estructuras afectadas, alcanzando un valor promedio a nivel internacional y local del orden del 20% [1-5]. Sin embargo, últimos relevamientos informados han indicado porcentajes más elevados cercanos al 40% [6].

La corrosión se origina por la despasivación de las barras de refuerzo debido al ataque de agresivos como el ion cloruro o por carbonatación. La carbonatación es la reacción química del CO₂ atmosférico con los productos alcalinos del hormigón principalmente con el hidróxido de calcio (Ca(OH)₂) originando la disminución del pH a valores < 9 dejando a la barras en condiciones de corroerse [7]. El proceso de corrosión presenta dos periodos, siendo el más significativo y difícil de detectar el periodo de iniciación (Pi) tiempo que tardan las sustancias agresivas y las reactivas en ponerse en contacto. En algunas

reacciones el Pi es elevado ya que las velocidades de transporte de las sustancias agresivas en el hormigón es lenta. En el caso de la corrosión es el tiempo en que el frente carbonatado tardan en llegar hasta la armadura y despasivarla. Cuando comienzan a detectarse los signos (manchas de óxido, fisuras, desprendimientos, colapso) comienza el periodo de propagación, tiempo durante el cual se producen las reacciones cuyos resultados pueden llevar a un deterioro inaceptable para la seguridad, funcionalidad o estética de la estructura [8].

Las condiciones del medio ambiente de emplazamiento influyen en el proceso de carbonatación, definidas como condiciones mesoclimáticas como la humedad relativa y la concentración de CO₂, en la estructuras se originan microclimas particularmente en los elementos en contacto con agua de lluvia donde el hormigón superficial pasa a un estado saturado atenuando así la difusión del CO₂.

La resistencia efectiva a la carbonatación del hormigón está gobernada por su porosidad, el tiempo y tipo de curado, la razón a/mc y el contenido y tipo de cemento determinan la calidad de la porosidad. El cemento otorga la reserva alcalina o cantidad de material carbonatable (CMC), los cementos normales u ordinarios otorgan mayor R_{ca} poseen mayor cantidad de OCa, los cementos adicionados confieren menor resistencia a la carbonatación si bien reducen en forma significativa la porosidad por las reacciones puzolánicas. Metha et al concluyen que existe una competencia entre las reacciones puzolánicas y las del CO₂ con el CSH, disminuyendo así la resistencia a la carbonatación [7]. Experiencias desarrolladas han verificado que el 75 % del CaO existente en el ligante participa en la carbonatación, prediciendo así la cantidad total de CO₂ que puede reaccionar con un mortero u hormigón [9], ecuación 1

$$CO_2 \text{ reac.} = 0,75 \times CUC \times CaO \times MCO_2/MCa \quad \text{ecuación 1}$$

CUC: Contenido de cemento en kg/m³

CaO: Contenido de CaO del cemento, en porciento

MCO₂: Peso molecular del CO₂,

MCaO: Peso molecular del CaO

DuraCrete propone una clasificación de los hormigones de acuerdo a la R_{ca} obtenida a partir del ensayo acelerado, definida como se indica en la ecuación 2 [10]. En la Tabla 1 se presenta la clasificación CAR y su vinculación con la R_{ACC,0} (expresada en distintas unidades) y la R_{ACC,0}⁻¹. De acuerdo a esta clasificación a mayor CAR mayor es la resistencia del hormigón a la carbonatación.

$$CAR = 1 / R_{ACC,0}^{-1} = (\zeta / x_c)^2 \quad \text{ecuación 2}$$

CAR: resistencia a la carbonatación [kg/m³/m²/s].

R_{ACC,0}⁻¹: inversa de la resistencia a la carbonatación [m²/s/kg/m³] determinada en el ensayo acelerado.

ζ: constante que para las condiciones de ensayo propuestas en la metodología toma el valor de 420 (s/kg/m³)^{0.5}.

x_c: depósito de carbonatación medido en el ensayo [m].

Tabla 1: Clasificación de la resistencia a la carbonatación propuesta por DuraCrete.

Clasificación	R _{ACC,0}		R _{ACC,0} ⁻¹ [10 ⁻¹¹ m ² /s/kg/m ³]
	[10 ¹⁰ kg/m ³ /m ² /s]	[kg.año/m ⁵]	
CAR - 0.1 Baja resistencia	CAR = 0.1	31.7	100
CAR - 0.5 Buena resistencia	CAR = 0.5	159	20
CAR - 1 Buena resistencia	CAR = 1.0	317	10
CAR - 5 Muy buena resistencia	CAR = 5.0	1585	2
CAR - 10 Excelente resistencia	CAR = 10.0	3170	1

Para interpretar la clasificación CAR se debe considerar que el modelo propuesto por DuraCrete para inferir el avance de la carbonatación, basado en un enfoque semi probabilístico (utilizando coeficientes de seguridad), presentado en la ecuación 3.

$$x_{c(t)} = ((2 \cdot C_{s,ca} \cdot t) / (R_{ca}))^{0.5} \tag{ecuación 3}$$

Donde $x_{c(t)}$ representa el valor de los depósitos de carbonatación; $C_{s,ca}$ es la concentración de CO₂ en la superficie del hormigón; t el tiempo que el hormigón ha estado en contacto con el CO₂ y R_{ca} es resistencia efectiva a la carbonatación definida según la ecuación 4.

$$R_{ca} = R_{ACC,0} / (k_{e,ca} \cdot k_{c,ca} \cdot (t_0 / t)^{2 \cdot n_{ca}} \cdot \gamma_{Rca}) \tag{ecuación 4}$$

$R_{ACC,0}$: resistencia a la carbonatación determinada mediante ensayos acelerados.

$k_{e,ca}$: factor ambiental, depende del material y medio de exposición.

$k_{c,ca}$: factor de curado, considera el tiempo de curado.

t_0 : edad del hormigón cuando se realiza el ensayo acelerado (28 días).

n_{ca} : factor de edad, depende del material y medio de exposición.

γ_{Rca} : factor de seguridad para la resistencia a la carbonatación.

Los puentes carreteros evaluados se hayan emplazados en ambientes rurales de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. Estas estructuras tenían, al momento del relevamiento, una edad de 50 años aproximadamente y presentan similar morfología estructural. El clima predominante es templado, con una temperatura media entre 13° y 17° C, un promedio de lluvias anuales de 1100 mm y una humedad relativa elevada. La clasificación del ambiente según el CIRSOC 201-2005 [11] es clase A2. Se extrajeron muestras de hormigón de elementos protegidos y no protegidos del agua de lluvia, se determinó la profundidad de carbonatación y la concentración de CO₂ in situ.



Fig. 1: Tipología estructural de los puentes evaluados.

2 CAMPAÑA EXPERIMENTAL

Las estructuras evaluadas corresponden a 30 (treinta) carreteros están conformadas por losas apoyadas sobre vigas con varios tramos y distintas luz entre apoyos, la altura promedio de los pilares de 5 m y los anchos de calzada de 13 m aproximadamente.

En los puentes se midieron las concentraciones de CO₂ y la profundidad de carbonatación y se extrajeron muestras de hormigón para determinar en laboratorio la composición (tipo y proporciones de materiales utilizados en la dosificación) y su caracterización mediante la cuantificación de la densidad y la porosidad, calculada como el volumen de agua absorbido en 24 horas, en relación al volumen de la muestra.

2.1 CONCENTRACIÓN DE CO₂ ATMOSFÉRICO

Empleando un equipo Marca TESTO, modelo 445, con sonda infrarroja se determinó la concentración de CO₂ en las proximidades de las zonas de extracción. Se realizaron 25 lecturas por puente, el valor informado corresponde al promedio, Tabla 2

2.2 PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN

Mediante teñido con fenolftaleína en disolución al 1% en alcohol etílico se cuantificó la profundidad de carbonatación empleando un calibre Vernier, la estimaciones se realizaron según RILEM [12]. Tabla 2

2.3 CONTENIDO DE CEMENTO

Se efectuó la estimación de las proporciones de los hormigones según la Norma ASTM C 1084-97 (Standart Test Method for Portland-Cement Content of Hardened Hydraulic-Cement Concrete) [13]. Para verificar el error del método se analizaron hormigones de los cuales se poseen las proporciones originales y se compararon con las estimadas, determinándose un error del 6 ± 1 % en la determinación en la cantidad del agregado y en el contenido de cemento [14]. Complementariamente se determinó el agua combinada (Wt) según el método Powers [15] y la absorción en inmersión de agua y la densidad saturada superficie seca según norma IRAM 1674. Tabla 3.

2.4 PERIODO DE PROPAGACIÓN

Para inferir el tiempo de inicio de la corrosión (t_i) se utiliza la ecuación 5, que surge de despejar el tiempo (t) en la ecuación 2 y reemplazar el avance de la carbonatación ($x_{c(t)}^d$) por el espesor de recubrimiento medido in situ (r), al que se le sustrae un término que representa el margen de seguridad (Δx) y toma el valor de 8 mm para un costo de reparación bajo respecto del costo de diseño y construcción. Tabla 2

$$t_i = \left[\frac{((r - \Delta x)^2 \cdot R_{0,ca})}{(2 \cdot C_{s,ca} \cdot k_{e,ca} \cdot k_{c,ca} \cdot (t_0 / t)^{2.nca} \cdot \gamma_{Rca})} \right]^{1/(1-2n)} \quad \text{ecuación 5}$$

2.5 RESISTENCIA EFECTIVA A LA CARBONATACION (RCA)

Para estructuras existentes con vida en servicio mayor a 10 años, la R_{ca} se determina a partir de la ecuación 4, considerando que los parámetros $k_{e,ca}$, $k_{c,ca}$ y n están implícitos en la R_{ca} . Esta metodología no requiere de ensayos acelerados, se corresponde con la composición del hormigón, las tareas de colocación y curado a las que ha estado sometido y con el meso y micro clima de exposición. Según se observa en la ecuación 3, sólo se requiere determinar la profundidad del frente carbonatado (x_c), la concentración de CO₂ del medio ($C_{s,ca}$) y la edad (t) de la estructura. Tabla 2.

La resistencia a la carbonatación de estructuras existentes obtenida a partir de la determinación de la R_{ca} podría asemejarse a la resistencia a compresión del hormigón in situ obtenida en testigos extraídos de las estructuras. La ecuación 3 permite inferir el valor de la R_{ca} para elementos de hormigón interiores o exteriores protegidos de las precipitaciones, porque para estos microclimas se asume que el avance de la carbonatación se ajusta a la ley de la raíz cuadrada del tiempo. Para elementos en contacto con las precipitaciones, el mayor contenido de humedad en el hormigón dificulta el ingreso del CO₂, se reduce significativamente la carbonatación y su avance se aparta de la ley de la raíz cuadrada del tiempo. Este comportamiento no ha sido correctamente interpretado por el modelo DuraCrete. Para contemplar el micro clima asociado a la exposición directa con la lluvia, otros modelos [16], [17] incorporan un término denominado función ambiental (W) que tiene en cuenta la orientación y geometría de los elementos estructurales, el promedio anual de días con una cantidad mínima de precipitación de 2.5 mm por día y la dirección del viento cuando se producen las precipitaciones.

La ecuación 3 ha sido utilizada para inferir la R_{ca} de 30 puentes, estas experiencias forman parte de un trabajo más amplio realizado con la finalidad de evaluar los puentes en servicio y obtener información respecto de parámetros vinculados a la durabilidad. Algunos de los datos relevados han sido utilizados para caracterizar el comportamiento de los hormigones respecto de la carbonatación.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se presentan los valores determinados in situ: concentración de CO₂ en el medio ($C_{s,ca}$), recubrimientos (r) y el avance del frente carbonatado real (x_{cRp} y x_{cRnp}). También, se incorporan los valores que surgen del modelo DuraCrete,

referidos a la resistencia a la carbonatación del hormigón $R_{0,ca}$, el frente carbonatado inferido ($x_{C_{Mp}}$ y $x_{C_{Mnp}}$) y los tiempos de inicio de la corrosión (t_{ip}). Los subíndices “p” y “np” representan las condiciones protegido y expuesto a la lluvia, respectivamente.

Tabla 2: Determinaciones realizadas in situ y las que surgen por aplicación del modelo.

Puente	Determinaciones in situ				Aplicación del modelo			
	$C_{s,ca}$ [ppmv]	r [mm]	x_{C_R} [mm]		$R_{0,ca}$ [kg.año/m ⁵]	x_{C_M} [mm]		t_{ip} [años]
			$x_{C_{Rp}}$	$x_{C_{Rnp}}$		$x_{C_{Mp}}$	$x_{C_{Mnp}}$	
1	386	30	20	5	70	24	3	42
2	357	35	15	10	100	19	2	118
3	359	35	31	5	50	27	3	50
4	356	30	20	5	90	20	2	63
5	373	30	15	0	200	14	1	93
6	339	40	13	1	150	15	2	310
7	385	35	30	5	40	31	3	36
8	367	30	15	0	160	15	2	125
9	365	30	13	1	170	15	1	135
10	370	30	10	0	250	12	1	215
11	386	40	30	7	35	33	4	46
12	360	35	25	8	40	30	3	40
13	367	40	15	4	180	14	2	359
14	356	30	14	3	140	16	2	112
15	368	35	23	5	80	21	2	85
16	375	40	20	1	70	23	2	112
17	373	35	18	5	70	23	2	74
18	365	40	23	5	50	27	3	76
19	368	30	21	6	75	22	2	49
20	363	35	28	3	75	22	2	82
21	370	40	22	5	75	22	2	121
22	358	35	27	8	40	30	3	38
23	365	40	24	6	70	23	2	115
24	372	35	25	3	75	22	2	79
25	375	40	28	4	40	30	3	55
26	367	30	20	6	80	21	2	53
27	375	35	23	5	70	23	2	73
28	364	40	25	3	70	23	2	115
29	371	35	27	4	70	23	2	73
30	374	35	25	4	65	24	2	66

De acuerdo a la clasificación CAR, el 73% de los puentes poseen una resistencia baja respecto de la carbonatación por presentar valores inferiores a 0.76×10^{10} kg/m³/m²/s. En estas estructuras, para una edad de 50 años, el avance del frente carbonatado se encuentra entre 20mm y 30mm, valores que están próximos al espesor de recubrimiento de 35mm especificado por el CIRSOC 201-205 o por las distintas normas europeas para la clase de exposición XC3 (moderada humedad, elementos exteriores protegidos de la lluvia). Conviene tener presente que los puentes cumplen una función de importancia socio-económica para el país y deberían alcanzar una vida en servicio próxima a los 100 años.

La profundidad de carbonatación real versus la estimada aplicando el modelo DuraCrete poseen una buena correlación lineal lo cual confirma la validez del modelo propuesto fig. 2. Sin embargo para los elementos en contacto con agua de lluvia el modelo subestima el comportamiento real. Debe considerarse quizás que las estructuras con más de 20 años en servicio han estado expuestas a variaciones de las condiciones ambientales, principalmente el régimen de precipitaciones.

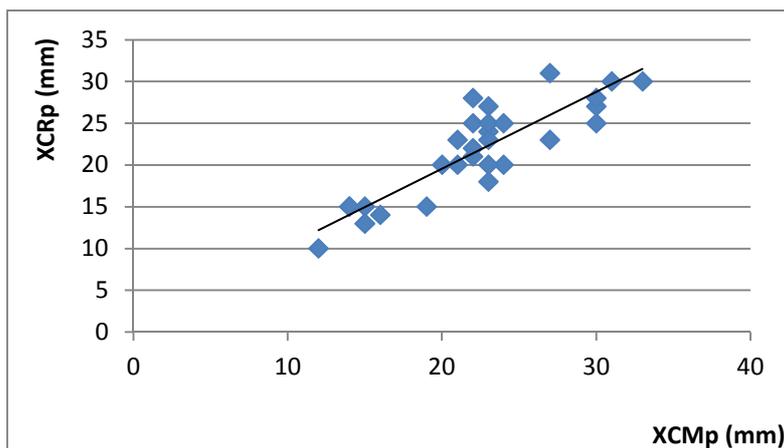


Fig. 2 : Relación entre profundidad de carbonatación real (XCRp) versus el modelo DuraCrete (XCMp)

Los resultados obtenidos en las determinaciones con el método ASTM revelan que algunos hormigones poseen elevadas razones a/cm Tabla 3, debe recordarse por la época de construcción de los puentes el hormigón se realizaba a pie de obra con lo cual los procedimientos de calidad eran difíciles de aplicar. El contenido de cemento determinado muestra variaciones considerables en todos los puentes inclusive a los prescritos en los reglamentos modernos de construcción como el CIRSOC que prescribe un contenido mínimo de 280 Kg/m³.

El cemento empleado en todos los puentes corresponde a un cemento portland normal, norma IRAM 50.000 [18]. Si se correlacionan la profundidad de carbonatación real con las propiedades determinadas se observa que el contenido de material carbonatable (CMC) determinado con ec. 1, se verifica que existe una correlación lineal, mayor profundidad a menor contenido de CMC, fig. 3.

Si bien se puede esperar un comportamiento durable poco aceptable por las razones de a/cm, el tipo de cemento empleado permite ofrecer una mayor disponibilidad de OCa, aletargando el proceso difusivo del CO₂ hacia las barras.

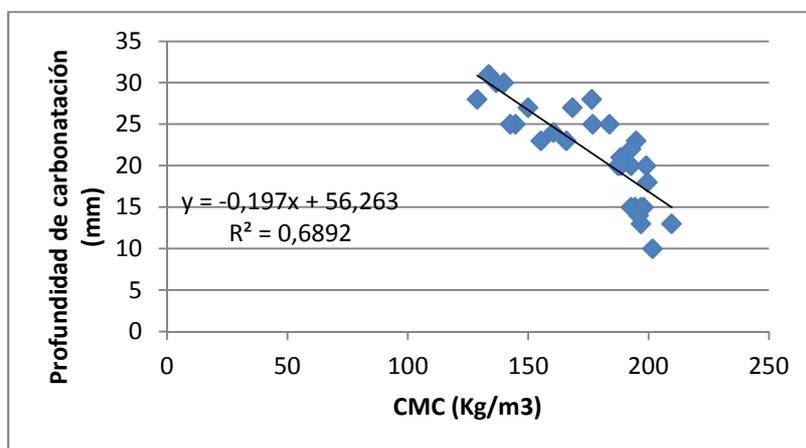


Fig. 3: Correlación profundidad de carbonatación real versus contenido material carbonatable (CMC)

Tabla 3: Determinaciones realizadas

Puente	dsss	Abs. (%)	CUC	CMC	Wt (l)	w/cm
			(Kg/m ³)			
1	2400	6,5	365	192,7	241	0,66
2	2400	5,7	375	198,0	206	0,55
3	2410	6,1	253	133,6	162	0,64
4	2400	4,4	377	199,1	191	0,51
5	2350	4,3	368	194,3	184	0,50
6	2480	4,0	373	196,9	169	0,45
7	2360	6,3	265	139,9	210	0,79
8	2350	4,6	373	196,9	182	0,49
9	2390	6,3	397	209,6	242	0,61
10	2420	4,2	382	201,7	180	0,47
11	2400	5,9	259	136,8	201	0,78
12	2380	6,1	274	144,7	209	0,76
13	2410	4,5	365	192,7	185	0,51
14	2400	4,4	371	195,9	167	0,45
15	2400	4,7	369	194,8	207	0,56
16	2360	5,2	355	187,4	199	0,56
17	2370	6,0	378	199,6	223	0,59
18	2390	7,1	294	155,2	214	0,73
19	2370	6,5	357	188,5	245	0,69
20	2400	4,0	334	176,4	172	0,51
21	2400	4,3	365	192,7	187	0,51
22	2370	6,8	284	150,0	204	0,72
23	2410	5,3	304	160,5	173	0,57
24	2400	4,0	348	183,7	176	0,51
25	2390	6,1	244	128,8	168	0,69
26	2390	4,2	357	188,5	182	0,51
27	2400	5,6	314	165,8	194	0,62
28	2410	5,3	270	142,6	165	0,61
29	2400	4,3	319	168,4	176	0,55
30	2380	5,5	335	176,9	203	0,61

4 CONCLUSIONES

Los puentes estudiados emplazados en un ambiente rural con una concentración promedio de CO₂ de 368 ppmv, en un clima templado, con una temperatura media entre 13° y 17° C, un promedio de lluvias anuales de 1100 mm y una humedad relativa elevada presentan una baja resistencia a la carbonatación según la clasificación del Modelo DuraCrete.

El Modelo DuraCrete para la resistencia a la carbonatación representa con bastante aproximación la profundidad real para elementos protegidos del agua de lluvias, este modelo se emplea para predecir la Rca a partir del ensayo acelerado de carbonatación. Para los elementos que se encuentran en contacto el Modelo subestima la profundidad por lo cual debería ajustarse con un coeficiente que contemple los ciclos de mojado del hormigón que modifican su estado higroscópico.

Los puentes presentan bajas Rca pero los tiempos para el inicio del período de propagación en la mayoría de los casos alcanzan y superan los 100 años, el CIRSOC prescribe para las estructuras de infraestructura una vida útil de 100 años.

De las propiedades de los hormigones evaluadas, el contenido de cemento influye en forma significativa ya que aporta la reserva alcalina para la Rca, en los casos estudiados se trata de un cemento portland normal por la cual la cantidad de material carbonatable es máxima.

REFERENCIAS

- [1] N. G. Maldonado "Patología, durabilidad y calidad de hormigones para viviendas de interés social y la normativa nacional en zona de elevado riesgo sísmico". *16ª Reunión Técnica AATH, Mendoza, Argentina, 2006*.
- [2] A. A. Di Maio, J.D. Sota y L.P. Traversa. "Patología de estructuras de hormigón. Análisis de algunos casos mas relevantes ocurridos en la Argentina en los últimos años". *Proc. III Congreso Iberoamericano de Patología de la Construcción y V Congreso Iberoamericano de Control de Calidad. La Habana, Cuba, 1999*.
- [3] L.P. Traversa, A. Gioivambattista, A.A. Di Maio y L. Eperjesi. "Performance of concrete structures in Argentine environments". *Proc. Symposium Structures for the Future. The Search for Quality". IABSE, Río de Janeiro, Brasil, 1999*.
- [4] GEHO. Grupo Especial del Hormigón, Proc. Encuentro sobre Patologías de Estructuras de Hormigón. Boletín 10. Madrid, España, 1992.
- [5] D. Dal Molin "Fisuras en Estructuras de Concreto Armado: Análisis das manifestacoes típicas e levantamento de casos ocurridos no Estado do Rio Grando do Sul". Curso de postgrado, Universidad Federal de Rio Grando do Sul, Porto Alegre, Brasil, 1988.
- [6] L.P Traversa "Evaluación y diagnóstico de Puentes de Hormigón Armando ubicados en ambientes rurales y marinos". *16ª Reunión Técnica AATH, Mendoza, Argentina, 2006*.
- [7] P. K. Mehta y P.J. M. Monteiro "Concreto: estructuras, propiedades y materiales". IBRACON, San Pablo, 674 p. 2008
- [8] L. P. Traversa "Patología de las estructuras de hormigón armado". *Ciencia y Tecnología del Hormigón N°11. 2004*
- [9] B. Lagerblad "Carbon Dioxide Uptake During Concrete Life Cycle, State of the Art". Swedish Cement and Concrete Research Institute – CBI, www.cbi.se.
- [10] DuraCrete. "Final technical report. General guidelines for durability design and redesign". Contract BRPR-CT95-0132, Project BE95-1347. (2000).
- [11] CIRSOC 201-2005 Proyecto del Reglamento Argentino para la Construcción.
- [12] RILEM Concrete permanent Committee CPC 18 (1984). Measurement of hardened Concrete Carbonation Depth. *Materiaux et Construction Vol. 17 N° 102, p.p. 435-440*.
- [13] Norma ASTM C 1084-97. "Standard test method for portland-cement content of hardened hydraulic cement concrete". (1997).
- [14] Iloro F. H. "Sustentabilidad del hormigón armado: Fijación de CO₂ en estructuras en servicio ubicadas en ambientes rurales". V Congreso Internacional y 19a Reunión Técnica Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón. Noviembre 2012. Bahía Blanca. Argentina.
- [15] T. C. Powers "The non Evaporable Water Content of Hardened Portland – Cement Paste. Its Significance for Concrete Research and its Method of Determination". *ASTM Bulletin, pp 68 - 75. 1949*.
- [16] International Federation for Structural Concrete fib. "Model code for service life design, bulletin 34". ISBN 2-88394-074-6. (2006).
- [17] fib Bulletin 65. "Model Code 2010, Final draft-Vol. 2". ISBN 978-2-88394-105-2. (2012).
- [18] Norma IRAM 50000 "Cemento, Cemento para uso general. Composición, características, evaluación de la conformidad y condiciones de recepción". IRAM. Buenos Aires, 31 p.