31-3-2023

INFORME CARBONATACIÓN

PROYECTO: ESTUDIO DE PATOLOGIA MEGABIBLIOTECA FACATATIVA



G

IDICOL S.A.S
www.idicol.com / Email: contactenos@idicol.com
IDICOL S.A.S – Calle 70 A No 52-27 / PBX: 7551341

Bogotá, 31 de marzo de 2023
ID Informe: I-0007431-2023

Señor:
CAISAN INGENIERIA SAS
OBRA: ESTUDIO DE PATOLOGIA MEGABIBLIOTECA FACATATIVA
ID OBRA: OB-001694
BOGOTÁ D.C

Apreciados:

El informe que presentamos a continuación muestra los resultados de ensayos de carbonatación realizados en muestras extraídas en columnas y vigas del Edificio Amalfi de la Universidad Iberoamericana.

Autoriza,

John Alexander Rodríguez
Firmado digitalmente por John Alexander Rodríguez
Fecha: 2023.04.03 19:25:46 -05'00'

ING. JOHN ALEXANDER RODRÍGUEZ
Departamento de Ingeniería

GUIA DE INGRESO / GMD-0000464

1. CARBONATACIÓN

La alta alcalinidad del hormigón, que promueve la formación de una capa de óxidos sobre el acero, es debida principalmente a la portlandita formada durante la hidratación de los compuestos anhidros del cemento y a los hidróxidos de sodio y potasio presentes. Estas sustancias sitúan el pH de la fase acuosa contenida en los poros del hormigón en valores entre 12,6 y 14, en el extremo más alcalino de la escala de pH. El descenso de la alcalinidad se produce principalmente por reacción de los compuestos de carácter básico de la fase acuosa del hormigón, hidróxidos de sodio, potasio y calcio, con los componentes ácidos de la atmósfera, dióxido de carbono (CO2) y de azufre (SO2), para formar carbonatos, sulfatos y agua. Puesto que el CO2 se encuentra en mayor proporción en el aire que el SO2, este proceso de descenso de la alcalinidad se denomina genéricamente carbonatación.

Además del efecto en la corrosión del refuerzo, la carbonatación puede dar lugar a aumentos en las resistencias a tracción y a compresión de las zonas afectadas, así como a tensiones y microfisuración. Asimismo, dado que durante la reacción el CO2 atmosférico se fija de forma irreversible, la carbonatación del hormigón es también muy importante desde el punto de vista medioambiental.

Las moléculas de CO2 penetran en el hormigón a través de los poros capilares no saturados de agua y posteriormente se disuelven en la fase acuosa contenida en esos poros. Los iones $CO3^{2-}$ generados reaccionan con los iones Ca^{2+} presentes formando carbonato cálcico (CaCO3). Esta reacción se puede producir tanto con los iones Ca^{2+} de la portlandita como con los del gel C-S-H. Las reacciones simplificadas son las siguientes:

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \overset{H_2O}{\longleftrightarrow} CaCO_3 + H_2O$$

$$C\text{-}S\text{-}H + CO_2 \overset{H_2O}{\longleftrightarrow} CaCO_3 + SiO_2 \cdot xH_2O$$

La carbonatación del C-S-H produce una descalcificación del gel y una polimerización de los silicatos, llegando en último término a formar, junto con el carbonato cálcico, un gel de sílice hidratado. El CaCO3 precipita en la mayoría de los casos en forma de calcita, aunque en determinadas condiciones se pueden generar también los polimorfos aragonito y vaterita.

Además de la portlandita y el C-S-H, las fases hidratadas AFm y AFt, aluminatos y sulfoaluminatos, también sufren transformaciones como resultado de la presencia del CO2. La carbonatación de la fase tipo AFt denominada ettringita da lugar a la formación de CaCO3, yeso y gel de alúmina. El comportamiento de las fases AFm en presencia de CO2 varía en función de su composición y de la concentración de aluminatos y sulfatos.

Los principales factores que hay que considerar en la carbonatación del hormigón son la porosidad, el tipo y la cantidad de cemento, el nivel de compactación, el tipo y el tiempo de curado, la relación agua/cemento, y las condiciones ambientales. La porosidad del hormigón es un parámetro fundamental en la carbonatación, puesto que la red de poros constituye el camino de avance del CO2 proveniente del exterior. A su vez, la porosidad está condicionada por el tipo y la cantidad de cemento, el nivel de compactación, el

tiempo y tipo de curado y la relación agua/cemento. Un mal curado o una mala compactación del hormigón pueden dar lugar a una elevada porosidad, especialmente en la superficie externa del hormigón. En general, y dentro de unos límites aceptables de hidratación, una baja relación agua/cemento produce un hormigón menos permeable por la formación de poros pequeños no interconectados.

El tipo de cemento también influye en las condiciones de avance de la carbonatación, ya que el contenido en aluminatos y álcalis de las adiciones puede modificar la velocidad de avance del frente. La cantidad necesaria de CO2 para bajar el pH hasta rangos casi neutros, en los que las armaduras dejan de estar protegidas, variará en función de la reserva alcalina que el cemento aporte al hormigón, la cual depende tanto del tipo como de la cantidad de cemento utilizado.

Las condiciones ambientales determinan el contenido de humedad en el hormigón, que a su vez determina el grado de saturación de agua en los poros, parámetro fundamental en el proceso de carbonatación. A humedades bajas, por debajo del 50%, la velocidad de carbonatación se reduce por la necesidad de una presencia mínima de agua para la reacción de la portlandita, mientras que a humedades muy altas el agua de los poros dificulta la difusión del CO2 a través de ellos. Así, la carbonatación presenta un máximo para humedades relativas alrededor del 50-60%. También la temperatura influye en el contenido de humedad del hormigón y en la difusión del CO2. Además, la mayor o menor concentración de dióxido de carbono en el ambiente de exposición modifica la velocidad de reacción y la evolución del agua dentro del hormigón.

INDICADOR DE pH DISOLUCIÓN DE FENOLFTALEÍNA

El indicador de pH de fenolftaleína permite diferenciar tres zonas de pH, inferior a 8, donde la disolución se torna incolora, entre 8 y 9,5, donde adquiere una tonalidad rosa suave, y mayor de 9,5, donde adquiere un color rojo púrpura intenso.



El ensayo de coloración por fenolftaleína se realizó fracturando la probeta en dos, según la norma UNE 112-011-94. Nada más romper la probeta, se retiró el polvo superficial de las caras recién fracturadas con un pincel e inmediatamente a continuación se aplicó mediante un pulverizador la disolución de fenolftaleína al 1% en alcohol etílico. En pocos minutos se produce la coloración de las diferentes zonas y mediante un calibre se mide la profundidad de carbonatación.

Con gusto daremos información adicional o aclaración a cualquier inquietud relacionada con este informe.

2. CONCLUSIONES

- Debido a que el frente de carbonatación no ha avanzado considerablemente con relación a la profundidad del acero de refuerzo, la posibilidad de que por efectos de corrosión se genere agrietamiento del concreto y por ende deterioro de la estructura y pérdida de la capacidad estructural es mínimo.

ANEXO I. RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO

CORROSIÓN EN ARMADURAS. DETERMINACIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN EN HORMIGONES ENDURECIDOS Y PUESTOS EN SERVICIO

UNE 112-011

Código	UNE 112-0101	**Versión**	1.0	**Actualización**	2017-01-22	**Página**	1 de 2
ID Informe	I-0007431-2023	Fecha de recepción	2023-03-25	Fecha de ensayo	2023-03-29	ID Laboratorista	LAB003
Cliente	CAISAN INGENIERIA SAS						
Dirección	CRA 85 # 88-05		Ciudad	BOGOTÁ	Departamento	BOGOTÁ	País	COL
ID Obra	OB-001694	Obra	ESTUDIO DE PATOLOGIA MEGABIBLIOTECA FACATATIVA				

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

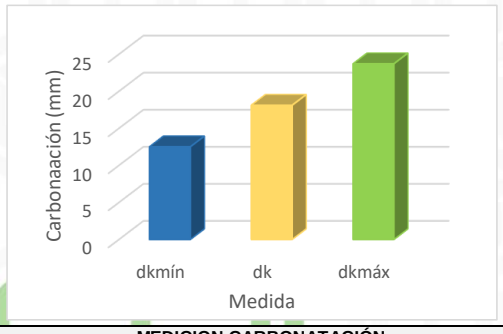
Localización	No.6						
ID Prueba	1	Elemento para análisis	SI	Tipo de elemento	Núcleo concreto	Reactivo	Fenoftaleina 1%

RESULTADOS DE MEDICIONES

Penetración media (mm)	dk	18.1	Penetración máxima (mm)	dk máx	23.7	Penetración mínima (mm)	dk min	12.5

GRAFICAS





MEDICION | **MEDICION CARBONATACIÓN**

OBSERVACIONES

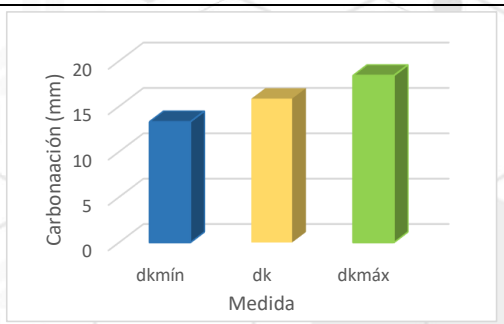
INFORMACIÓN DEL ENSAYO

Localización	No. 16						
ID Prueba	2	Elemento para análisis	SI	Tipo de elemento	Núcleo concreto	Reactivo	Fenoftaleina 1%

RESULTADOS DE MEDICIONES

Penetración media (mm)	dk	15.9	Penetración máxima (mm)	dk máx	18.4	Penetración mínima (mm)	dk min	13.3





MEDICION | **MEDICION CARBONATACIÓN**

OBSERVACIONES

FIN DEL INFORME DE ENSAYO

Los resultados reportados corresponden fielmente a las características de la muestra de ensayo entregada.

Se prohibe la reproducción del informe de ensayo, excepto en su totalidad sin la autorización escrita del laboratorio

IDICOL S.A.S - Calle 70 A No 52 - 27 - Bogotá - Colombia / PBX 7551341

www.idicol.com - email: contactecnos@idicol.com

INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO

CORROSIÓN EN ARMADURAS. DETERMINACIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN EN HORMIGONES ENDURECIDOS Y PUESTOS EN SERVICIO

UNE 112-011

Código	UNE 112-0101	**Versión**	1.0	**Actualización**	2017-01-22	**Página**	1 de 2
ID Informe	I-0007431-2023	Fecha de recepción	2023-03-25	Fecha de ensayo	2023-03-29	ID Laboratorista	LAB003
Cliente	CAISAN INGENIERIA SAS						
Dirección	CRA 85 # 88-05		Ciudad	BOGOTÁ	Departamento	BOGOTÁ	País	COL
ID Obra	OB-001694	Obra	ESTUDIO DE PATOLOGIA MEGABIBLIOTECA FACATATIVA				

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

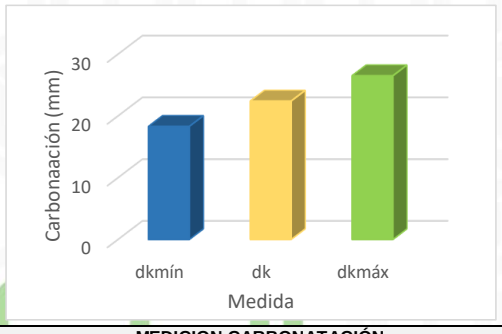
Localización	No.17						
ID Prueba	1	Elemento para análisis	SI	Tipo de elemento	Núcleo concreto	Reactivo	Fenoftaleina 1%

RESULTADOS DE MEDICIONES

Penetración media (mm)	dk	22.4	Penetración máxima (mm)	dk máx	26.5	Penetración mínima (mm)	dk min	18.3

GRAFICAS





MEDICION	MEDICION CARBONATACIÓN

OBSERVACIONES	

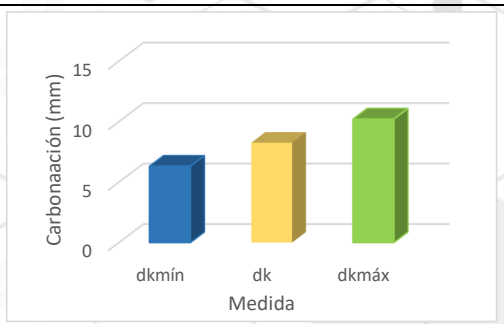
INFORMACIÓN DEL ENSAYO

Localización	No. 14						
ID Prueba	2	Elemento para análisis	SI	Tipo de elemento	Núcleo concreto	Reactivo	Fenoftaleina 1%

RESULTADOS DE MEDICIONES

Penetración media (mm)	dk	8.3	Penetración máxima (mm)	dk máx	10.2	Penetración mínima (mm)	dk min	6.3





MEDICION	MEDICION CARBONATACIÓN

OBSERVACIONES	

FIN DEL INFORME DE ENSAYO

Los resultados reportados corresponden fielmente a las características de la muestra de ensayo entregada.

Se prohibe la reproducción del informe de ensayo, excepto en su totalidad sin la autorización escrita del laboratorio

IDICOL S.A.S - Calle 70 A No 52 - 27 - Bogotá - Colombia / PBX 7551341

www.idicol.com - email: contactecnos@idicol.com

INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO

CORROSIÓN EN ARMADURAS. DETERMINACIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN EN HORMIGONES ENDURECIDOS Y PUESTOS EN SERVICIO

UNE 112-011

Código	UNE 112-0101	**Versión**	1.0	**Actualización**	2017-01-22	**Página**	1 de 2
ID Informe	I-0007431-2023	Fecha de recepción	2023-03-25	Fecha de ensayo	2023-03-29	ID Laboratorista	LAB003
Cliente	CAISAN INGENIERIA SAS						
Dirección	CRA 85 # 88-05		Ciudad	BOGOTÁ	Departamento	BOGOTÁ	País	COL
ID Obra	OB-001694	Obra	ESTUDIO DE PATOLOGIA MEGABIBLIOTECA FACATATIVA				

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

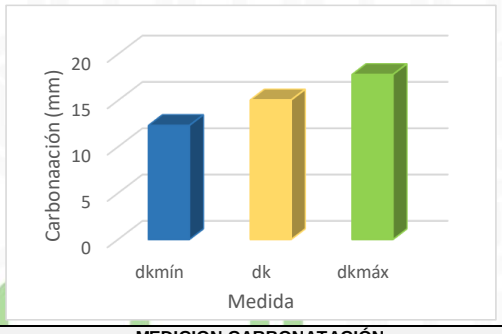
Localización	No.10						
ID Prueba	1	Elemento para análisis	SI	Tipo de elemento	Núcleo concreto	Reactivo	Fenoftaleina 1%

RESULTADOS DE MEDICIONES

Penetración media (mm)	dk	15.1	Penetración máxima (mm)	dk máx	17.8	Penetración mínima (mm)	dk min	12.3

GRAFICAS





MEDICION | **MEDICION CARBONATACIÓN**

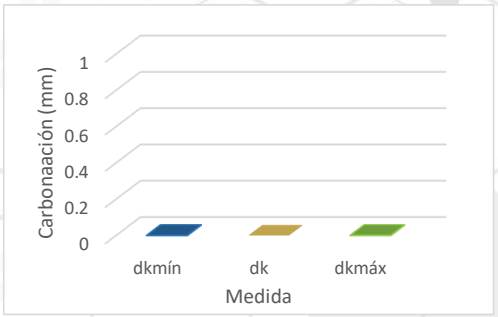
OBSERVACIONES

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

Localización							
ID Prueba	2	Elemento para análisis	SI	Tipo de elemento	Núcleo concreto	Reactivo	Fenoftaleina 1%

RESULTADOS DE MEDICIONES

Penetración media (mm)	dk	0.0	Penetración máxima (mm)	dk máx		Penetración mínima (mm)	dk min	



MEDICION | **MEDICION CARBONATACIÓN**

OBSERVACIONES

FIN DEL INFORME DE ENSAYO

Los resultados reportados corresponden fielmente a las características de la muestra de ensayo entregada.

Se prohibe la reproducción del informe de ensayo, excepto en su totalidad sin la autorización escrita del laboratorio