

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

MAESTRÍA “TECNOLOGÍAS DE EDIFICACIÓN”

“TRABAJO DE TITULACIÓN EXAMEN COMPLEXIVO”

PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE MAGÍSTER EN

“TECNOLOGÍAS DE EDIFICACIÓN”

**“ANÁLISIS PATOLÓGICO DE LA CARBONATACIÓN DE
MUELLES EN AMBIENTE SALINO, CASO MUELLE No 2 DE LA
BASE NAVAL DE GUAYAQUIL”**

AUTOR: CARMEN MARITZA CRUZ CORONEL

TUTOR: ING. JORGE MANZANO VELA, MSC.

GUAYAQUIL – ECUADOR

SEPTIEMBRE 2016

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA	
FICHA DE REGISTRO ESTUDIO DE CASO EXAMEN COMPLEXIVO	
TÍTULO: Análisis Patológico de la Carbonatación de Muelles en Ambiente Salino, Caso Muelle No 2 de la Base Naval de Guayaquil	
AUTOR/ES: Ing. Carmen Maritza Cruz Coronel	REVISORES:
INSTITUCIÓN: Universidad de Guayaquil	FACULTAD: Arquitectura y Urbanismo
PROGRAMA:	
FECHA DE PULICACIÓN:	NO. DE PÁGS: 104
ÁREA TEMÁTICA: Patología de la Construcción	
PALABRAS CLAVES: Patología, carbonatación, muelle, hormigón, reparación	
RESUMEN: El presente estudio de investigación analiza específicamente la carbonatación como patología presentada en la estructura de hormigón del muelle No 2 del área operativa de la Base Naval Guayaquil (BASUIL), perteneciente a la Armada del Ecuador. El análisis emplea básicamente el método científico cualitativo, cuantitativo y experimental del estudio de caso junto con la técnica de observación participativa, recolección de información documental y pruebas no destructibles in situ, con las que se verifica que el estado actual del muelle es bueno en cuanto a su resistencia y existiendo indicios de carbonatación en dos de los cinco pilotes estudiados; así como también en la losa y en la viga lo que comprobaría que su última reparación efectuada en el 2010 principalmente, con morteros de alta resistencias físicas y mecánicas a base de polímeros acrílicos han dado buenos resultados. Se determina como aspecto deficiente la falta de mantenimiento por no haber recibido protección desde su reparación última, lo cual generaría un deterioro progresivo del mismo y como consecuencia su inoperatividad parcial o total. En contribución a los problemas encontrados, se propone lineamientos para la identificación y técnicas de protección para detener el proceso de la carbonatación del muelle No 2 de BASUIL, la misma que podrá ser aplicada en otros muelles del área operativa y en cualquier otra obra portuaria de características y afectación similar.	
N° DE REGISTRO(en base de datos):	N° DE CLASIFICACIÓN: N°
DIRECCIÓN URL (estudio de caso en la web)	
ADJUNTO URL (estudio de caso en la web):	
ADJUNTO PDF:	SÍ <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTORES/ES:	Teléfono: 0998512952 E-mail: maritza-cruz@hotmail.es
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Nombre:
	Teléfono:

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del estudiante Ing. Carmen Maritza Cruz Coronel, del Programa de Maestría/Especialidad **TECNOLOGÍAS DE EDIFICACIÓN**, nombrado por el Decano de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo CERTIFICO: que el estudio de caso del examen complejo titulado “**ANÁLISIS PATOLÓGICO DE LA CARBONATACIÓN DE MUELLES EN AMBIENTE SALINO, CASO MUELLE No 2 DE LA BASE NAVAL DE GUAYAQUIL**”, en opción al grado académico de Magíster (Especialista) en **TECNOLOGÍAS DE EDIFICACIÓN**, cumple con los requisitos académicos, científicos y formales que establece el Reglamento aprobado para tal efecto.

Atentamente,



Ing. Jorge Manzano Vela, MSC.
TUTOR

Guayaquil, 19 de agosto de 2016

CERTIFICACIÓN DE GRAMÁTICO

Quien suscribe el presente certificado se permite informar que, después de haber leído y revisado gramaticalmente el contenido del Trabajo de Titulación Examen Complexivo de la **ING. CARMEN MARITZA CRUZ CORONEL**, cuyo tema es: **“ANÁLISIS PATOLÓGICO DE LA CARBONATACIÓN DE MUELLES EN AMBIENTE SALINO, CASO MUELLE N°2 DE LA BASE NAVAL DE GUAYAQUIL”**, previo a la obtención al grado académico de **MAGÍSTER EN TECNOLOGÍAS DE EDIFICACIÓN**.

Me permito testimoniar, que es un trabajo de acuerdo a las normativas morfológicas sintácticas, según normas narrativas vigentes.

Atentamente,



MSc. Ana María Bravo Zambrano

Registro N° 1006-13-86032340

DEDICATORIA

A mi padre, a la memoria de mi madre
y a mi hijo

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme dado la fortaleza necesaria para el término de esta etapa de mi vida, a la Armada del Ecuador y a la Dirección de Ingeniería Civil y Portuaria por su patrocinio, a mi familia y amigos por su apoyo en la realización de este estudio de caso.

A mis maestros de Postgrado y en especial a mi Tutor Ing. Jorge Manzano Vela, por su paciencia y perseverancia para la culminación de este trabajo de investigación.

TRIBUNAL DE GRADO

.....

PRESIDENTE DE TRIBUNAL

.....

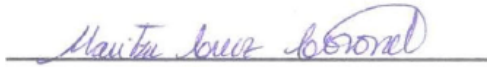
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL”

A handwritten signature in blue ink, reading "Carmen Maritza Cruz Coronel", is written over a horizontal line.

FIRMA

Ing. Carmen Maritza Cruz Coronel

ABREVIATURAS

BASUIL	Base Naval de Guayaquil
DIGMAT	Dirección general del material
DINCYP	Dirección de Ingeniería Civil y Portuaria
PH	Potencial hidrógeno
COGMAR	Comando General de la Marina
CODESC	Comando de Escuadra Naval
NEC	Normas Ecuatorianas de la Construcción
CO₂	Dióxido de Carbono
INOCAR	Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador
HR	Humedad relativa

TABLA DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	iii
CERTIFICACIÓN DE GRAMÁTICO	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
TRIBUNAL DE GRADO	vii
DECLARACIÓN EXPRESA.....	viii
ABREVIATURAS	ix
TABLA DE CONTENIDOS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1
Desarrollo	7
1 Marco teórico.....	7
1.1 Teorías generales	7
1.2 Teorías sustantivas	11
1.3 Referentes empíricos.....	13
2 Marco metodológico.....	18
2.1 Metodología:	18

2.2	Método de estudio de casos.	19
2.3	Premisa.....	20
2.4	Cuadro de categorías, dimensiones, instrumentos y unidades de análisis (CDIU) 20	
2.5	Descripción de las unidades de análisis	21
2.6	Gestión de datos.....	22
2.7	Criterios éticos de la investigación	23
3	Resultados.....	24
3.1	Antecedentes de la unidad de análisis.....	24
3.2	Presentación de los resultados	24
4	Discusión	31
4.1	Contrastación empírica	31
4.2	Limitaciones.....	32
4.3	Líneas de investigación.....	32
4.4	Aspectos novedosos del estudio de caso.....	33
	Conclusiones y recomendaciones	38
	Referencias Bibliográficas.....	41
	Anexos	45
	ANEXO A. Uno	45
	ANEXO B. Dos	48
	ANEXO C. Tres.....	50

ANEXO D.	Cuatro	63
ANEXO E.	Cinco	65
ANEXO F.	Seis	66
ANEXO G.	Siete.....	68
ANEXO H.	Ocho	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Árbol de Problemas.....	46
Figura 2 Ubicación Muelle No 2 BASUIL.....	47
Figura 3 Proceso de carbonatación del concreto con acero de refuerzo.....	47
Figura 4 Zonas de niveles de agua en los pilotes	48
Figura 5 Perfil de carbonatación.....	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	CDIU del estudio de caso.....	20
Tabla 2	Clasificación de la Patologías en el Hormigón sus causas y efectos.....	49
Tabla 3	Características físicas del agua del estero del Muerto en Guayaquil.....	49
Tabla 4	Características de las unidades a flote que acoderan en el muelle No 2.....	50

MEMORIA FOTOGRÁFICA

Foto 1	Vista aérea de ubicación de los diez muelles del área operativa de la Base Naval Guayaquil.....	51
Foto 2	Viga de muelle No 1 con acero expuesto y desprendimiento del hormigón.....	51
Foto 3	Plataforma del dolphin del muelle No 2.....	52
Foto 4	Pilote del dolphin del muelle No 2.....	52
Foto 5	Pilote del muelle No 5.....	53
Foto 6	Losa del muelle No 2.....	53
Foto 7	Limpieza, delimitación del área a reparar y eliminación de recubrimientos.....	54
Foto 8	Prueba para determinar la carbonatación en pilote.....	54
Foto 9	Pintado de varillas de acero con inhibidor de corrosión.....	55
Foto 10	Limpieza abrasiva en el pilote.....	55
Foto 11	Pintada de la superficie sana del hormigón con adhesivo epóxico para unir hormigón fresco y endurecido.....	56
Foto 12	Encofrado del pilote para fundir con mortero expansivo más árido (grout).....	56
Foto 13	Prueba de carbonatación con aplicación de fenolftaleína en viga.....	57
Foto 14	Prueba de carbonatación con fenolftaleína en losa de dolphin.....	57
Foto 15	Armado y fundición de sobre losa de 10cm con conectores y malla $f'c=35\text{Mpa}$..	58
Foto 16	Aplicación tipo pintura de recubrimiento a base de resina epóxica.....	58
Foto 17	El muelle pintado con recubrimiento a base de resina epóxica.....	59
Foto 18	Reacción leve en prueba de Carbonatación con fenolftaleína en pilote.....	59
Foto 19	Reacción leve en prueba de Carbonatación con fenolftaleína en losa.....	60
Foto 20	Reacción positiva a la fenolftaleína en un pilote.....	60
Foto 21	Prueba con el martillo esclerométrico en pilote.....	61
Foto 22	Prueba de Ultrasonido en pilote.....	61

Foto 23 Estado actual de vigas muelle No 2 BASUIL.....	62
Foto 24 Estado actual de losa muelle No 2.....	62
Foto 25 Estado actual de Pilotes muelle No 2.....	63

RESUMEN

El presente estudio de investigación analiza específicamente la carbonatación como patología presentada en la estructura de hormigón del muelle No 2 del área operativa de la Base Naval Guayaquil (BASUIL), perteneciente a la Armada del Ecuador. El análisis emplea básicamente el método científico cualitativo, cuantitativo y experimental del estudio de caso junto con la técnica de observación participativa, recolección de información documental y pruebas no destructibles en sitio, con las que se verifica que el estado actual del muelle es bueno en cuanto a su resistencia y existiendo indicios de carbonatación en dos de los cinco pilotes estudiados; así como también en la losa y en la viga lo que comprobaría que su última reparación efectuada en el 2010 principalmente con morteros de alta resistencias físicas y mecánicas a base de polímeros acrílicos han dado buenos resultados. Se determina como aspecto deficiente la falta de mantenimiento por no haber recibido protección desde su reparación última, lo cual generaría un deterioro progresivo del mismo y como consecuencia su inoperatividad parcial o total. En contribución a los problemas encontrados, se propone lineamientos para la identificación y técnicas de protección para detener el proceso de la carbonatación del muelle No 2 de BASUIL, la misma que podrá ser aplicada en otros muelles del área operativa y en cualquier otra obra portuaria de características y afectación similar.

/Palabras claves:

Patología, carbonatación, muelle, hormigón, reparación

ABSTRACT

This research study specifically analyzes the carbonation as presented in the concrete structure of the Pier No 2 of the operative area of Guayaquil Naval Base (BASUIL), belonging to the Navy of Ecuador. Analysis employs basically the qualitative, quantitative and experimental scientific method of case study along with the technique of participatory observation, collection of documentary information and not destructible evidence on site that verifies that the current state of the dock is good in terms of its resistance and there are signs of carbonation in two of the five studied piles; as well as also in the slab and beam that would prove his last repair in 2010 mainly mortar of high physical and mechanical resistance based on Acrylic polymers have given good results. Lack of maintenance is determined as poor appearance since this spring not given of maintenance since its last repair, which would generate a progressive deterioration of the same and as a result its total or partial outage. Contribution to the problems encountered, proposes guidelines for identification and protection techniques to stop the process of carbonation of the dock No 2 to BASUIL, which can be applied in other springs of the operative area and any other port characteristics and similar involvement work.

Keywords:

Pathology, carbonation, Pier, concrete, repair

INTRODUCCIÓN

La Armada del Ecuador, es una rama de las fuerzas armadas ecuatorianas, cuya misión fundamental es la de desarrollar las capacidades marítimas y proveer la seguridad integral en los espacios acuáticos que fortalezcan el poder naval y que contribuyan a la defensa de la soberanía y la integridad territorial; y, con su contingente apoyar al desarrollo marítimo nacional y a la seguridad pública y del Estado (Armada del Ecuador, 2010).

Tiene como visión de largo plazo obtener la capacidad para controlar de forma integral los espacios marítimos del país, y el compromiso para el desarrollo de los mismos, con talento humano profesional con alto sentido de pertenencia. Consecuente con su misión y visión, la Armada del Ecuador debe tener como una de sus prioridades mantener sus instalaciones portuarias en buenas condiciones con el fin de cumplir con los objetivos institucionales.

La Dirección de Ingeniería Civil y Portuaria (DINCYP), reparto subordinado a la Dirección General del Material (DIGMAT), es la encargada de administrar la gestión de infraestructura de la Armada del Ecuador, a través de los procesos de planificación, supervisión, ejecución, mantenimiento preventivo y correctivo de edificaciones e instalaciones portuarias de los repartos o bases navales de todo el país; siendo necesario de que se disponga de lineamientos para identificar, detener y reparar para evitar el avance de la carbonatación que ha sido y es una de las principales causas de deterioro de las estructuras de hormigón de los muelles.

Para la presente investigación se tomará como estudio de caso el muelle No 2 del área Operativa de la Base Naval de Guayaquil, el mismo que tiene una antigüedad aproximada de treinta y cinco años de construcción el cual fue

reparado en el año 2010, en el que se realizarán ensayos no destructivos para verificar el estado del mismo con respecto a la carbonatación; además de la resistencia a la compresión de algunos elementos del muelle como valor agregado a este estudio.

La delimitación del problema

Los muelles del área operativa de la Base Naval de Guayaquil se encuentran ubicados a lo largo del estero del Muerto y Caracol, por su edad que van de 35 a 25 años de construcción y por encontrarse en un ambiente salino han presentado deterioro en sus estructuras de hormigón realizándose reparaciones en los mismos, tal es el caso del muelle No 2, por lo que se requiere analizar su estado desde el punto de vista de la carbonatación, como patología principal del mismo.

Por lo antes expuesto se determinó el siguiente problema central: **Patología de la Carbonatación en la estructura de hormigón del muelle No2 de la Base Naval Guayaquil por ambiente salino.**

A partir del problema encontrado, se elaboró el árbol de problemas el mismo que se detalla en el anexo A figura 1, identificando las relaciones causa/efecto. Al encontrarse el muelle ubicado en la confluencia del estero del Muerto con el Caracol tal como puede observarse en la figura 2 del anexo A, está asentado sobre sistemas estuarinos acuosos de ambiente salino. Los factores climáticos del lugar como humedad relativa de entre el 50% y 75%, aumentos de temperatura y concentraciones altas de dióxido de carbono (CO₂) determinan el nivel de agresividad del ambiente; por lo tanto ésta agresividad es la que incide en la difusión de este elemento (CO₂) al interior de los poros del hormigón produciendo reacciones en el hormigón como la baja de su PH y por lo tanto la

despasivación del acero para finalmente ocasionar la carbonatación. Otra causa importante es la permeabilidad del hormigón que permite el ingreso fácil del CO₂ a través de la red de sus poros produciendo la patología antes descrita (Santiago Hurtado, 2010)

A pesar de existir la Directiva General Permanente COGMAR-LOG-004-2012-O (ARMADA DEL ECUADOR, 2012) la misma que regula el mantenimiento para todas las obras de la Armada, este no ha sido realizado en el muelle después de su reparación (año 2010) ya sea por falta de recursos o porque los altos mando han dado prioridad a realizar al mantenimiento de otras obras inherentes al bienestar del personal. La DINCYP al desconocer o no poseer directrices sobre la identificación, técnicas de protección y reparación que permitan detener y/o eliminar esta patología, se facilita que el proceso de carbonatación se siga desarrollando en las estructuras del muelle en cuestión.

Las causas indicadas en los párrafos anteriores producen el problema central de la presente investigación que es **la Patología de la Carbonatación en la estructura de hormigón del muelle No 2 de la Base Naval Guayaquil en ambiente salino.**

Al encontrarse la estructura del muelle con medio o alto grado de carbonatación implica que se desarrolle en forma uniforme la corrosión de las varillas de acero, lo cual disminuiría su capacidad portante de carga impidiendo en forma parcial o total la operatividad del mismo; lo que conlleva a que las unidades a flote no pudieran acoderarse a los mismos por las bajas condiciones de seguridad. Así mismo, un estado muy deteriorado de los diferentes elementos de hormigón donde existan, fisuras, grietas, erosiones, puede ocurrir desprendimientos del hormigón como del hierro con la posibilidad de producirse

accidentes tanto de usuarios como visitantes de esta área, pudiendo llegar a ser mortales o con riesgo de quedar con invalidez o discapacidad permanente.

Formulación del problema

¿Cómo contribuir a la reducción de la patología de la carbonatación en estructuras de hormigón armado de obras portuarias de la Base Naval de Guayaquil, a través de lineamientos para mantenimiento, reparación y protección de los elementos estructurales, identificados con la carbonatación como patología que afecta a la estructura de hormigón del muelle No 2, ubicado en la Base Naval de Guayaquil al sur de la ciudad?

Justificación

El presente trabajo se realiza para que la Armada por medio de su reparto técnico DINCYP encargado de las construcciones y mantenimiento de edificaciones y obras portuarias cuente con los procedimientos necesarios para realizar la prevención, protección y eliminación de la carbonatación presente en todas sus infraestructuras portuarias a partir del caso estudio del muelle No 2 de la Base Naval Guayaquil, lo cual permitirá a la Armada del Ecuador mantener estas estructuras operativas que son muy importantes a fin de cumplir con su misión institucional, lo que evitaría hacer grandes desembolsos de dinero en la construcción de nuevas infraestructuras portuarias; más aún ahora que en los actuales momentos el gobierno nacional atraviesa por dificultades económicas.

Así mismo, con este trabajo se pretende orientar y guiar al personal técnico encargado de la planificación y ejecución del mantenimiento y reparación del muelle No 2 de la Base Naval Guayaquil y aplicarlo en el resto de muelles de esta

área operativa y otros de similares características y condiciones dentro del país. En definitiva, se trata de minimizar los daños maximizando los tiempos de duración del hormigón del muelle.

Objeto de estudio

La presente investigación tiene como objeto analizar la patología de la carbonatación en estructuras de hormigón armado de obras portuarias de la Base Naval Guayaquil, producto del ambiente salino en las que se encuentran.

Campo de investigación

Como campo de acción de este estudio está dirigido, específicamente, a la carbonatación como patología que afecta a la estructura de hormigón del muelle No 2, ubicado en la Base Naval de Guayaquil al sur de la ciudad, por encontrarse en un ambiente salino.

Objetivo general

Analizar el estado de carbonatación en la estructura de hormigón del muelle No 2 de la Base Naval Guayaquil mediante pruebas con reactivos químicos, análisis documental, bibliografía referente, fotografías y normas técnicas vigentes con el fin de emitir lineamientos técnicos para detectar, detener y eliminar esta patología.

Objetivos específicos

- Revisar las teorías y referentes empíricos con relación a la carbonatación producida en obras portuarias y documentación que se requieren para el desarrollo de la presente investigación.

- Realizar el análisis del estado actual del muelle mediante inspecciones, pruebas con reactivos químicos, levantamiento de datos, ensayos no destructibles, y otros que determinen el estado actual del hormigón del muelle.
- Emitir lineamientos técnicos para detectar, detener y eliminar esta patología con el fin de preservar estas estructuras portuarias.

La novedad científica

En base al análisis de los resultados se proponen lineamientos para identificar técnicas de protección y reparación que permitan detener y/o eliminar el proceso de carbonatación que puedan generarse para el caso de estructuras de hormigón de muelles implantados en ambiente salinos. Los lineamientos deben ser considerados como recomendaciones en base al análisis realizado en el Muelle No 2 de la Base Naval de Guayaquil, la misma que dispondrá el ente técnico de la DINCYP, y servirá para que pueda ser aplicada en todos los muelles de BASUIL y el resto de instalaciones portuarias con similares características que posea en el país la Armada del Ecuador.

DESARROLLO

1 MARCO TEÓRICO

1.1 TEORÍAS GENERALES

De acuerdo a lo indicado en (Broto, 2006, pág. 31) utiliza la palabra patología como ciencia de estudio de problemas constructivos, su desarrollo y soluciones, siendo necesario conocer su origen, causas, evolución, síntomas y su estado final pero en secuencia inversa para el estudio del problema; es decir en primer lugar observar el daño, luego el síntoma, proceso y finalmente determinar la causa. Este procedimiento posibilitaría determinar la técnica de reparación y las acciones para la prevención; siendo de mucha importancia saber el tipo de daño ocurrido ya que de esto depende la reparación adecuada.

El hormigón es un material heterogéneo ya que es una mezcla de diversos elementos como son el cemento, áridos, agua y en algunos casos aditivos, al ser incorporada una armadura de acero se convierte en hormigón armado lo cual le da la resistencia a la tracción que necesita para ser usado en forma estructural. En ambos casos se producen patologías generadas por diversos factores que modifican su estructura interna y comportamiento; siendo algunas innatas derivadas de sus componentes, fabricación y ejecución, otras pueden haberse producido a lo largo de su vida útil y finalmente generarse lesiones como resultado de accidentes o imprevistos (Broto, 2006, pág. 117). En la tabla 2 del anexo B se establece una clasificación de las patologías en el hormigón con sus causas y sus consiguientes efectos.

Las deficiencias del hormigón están ligadas a las deficiencias de sus componentes, por lo tanto éstos deben cumplir ciertas propiedades como lo

especifican los capítulos 3 y 10 de la Norma Ecuatoriana de la Construcción vigente (NEC, 2015). De igual manera ocurre con los procesos de fabricación y ejecución del hormigón que afectan directamente a la calidad del hormigón, debiendo cumplir lo indicado en el apéndice normativo 1: control de calidad de obras de hormigón del capítulo 9 de la (NEC, 2015), para obtener hormigones durables.

En cuanto a la influencia del ambiente, el grado de agresividad del mismo está relacionada con acciones físicas como son el agua, el viento y cambio de temperaturas; químicas por la presencia del CO₂, sales como cloruro y sulfatos en ambientes salinos y biológicas como algas, hongos y bacterias que actúan sobre las estructuras de hormigón generando lesiones químicas como carbonatación y corrosión así también lesiones físicas como fisuras, grietas, expansión, disgregación y finalmente desprendimientos (Broto, 2006, pág. 141).

La causa de una patología en el hormigón por defecto o deterioro del acero se refieren a la corrosión tipo laminar que pueda tener el mismo antes de ser colocado en la obra, sin realizar la limpieza y protección respectiva, así como un inadecuado corte, doblado y colocación (Broto, 2006, pág. 153). Impactos como choques, movimientos sísmicos producidos y sobrecargas colocadas sobre la estructura de hormigón son otras de las causas que producen lesiones como grietas, desprendimientos y desgastes en este elemento.

Las estructuras de hormigón de muelles construidas en medio salino también son atacadas por agentes de tipo biológico como son microorganismos vivos, moluscos, hongos, algas, líquenes, musgos siendo su proceso patológico es de tipo químico ya que producen sustancias nocivas al material que se adhieren en este caso el hormigón y lo penetran a través de las fisuras o puntos débiles

produciendo la disgregación del mismo, disminuyendo su capacidad resistente y facilitando el ingreso de otros agentes exteriores agresivos como el agua salada saturando los poros del hormigón (Broto, 2006, pág. 35)

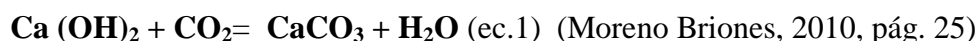
Para el presente caso de estudio que es el muelle No 2, obra portuaria implantada en un medio salino, es importante indicar que:

La consideración del ambiente como factor que incide en la durabilidad de las estructuras de hormigón resulta relevante en el caso de las construcciones sometidas a ambiente marino (...). Los factores externos que determinan el nivel de agresividad del ambiente son, humedad relativa, temperatura, amplitud térmica y la presencia de sustancias agresivas disueltas en aguas y gases. (Falabella, 2006, pág. 72)

La alta alcalinidad del hormigón (12,5) es el elemento que posibilita la formación de una capa protectora de óxido pasivante alrededor del acero. El ingreso de una alta cantidad de cloruros desde el medio exterior elimina esta capa pasiva del acero en forma localizada y de picadura; y si los componentes del hormigón no tienen una cantidad de cloruros suficientes para alcanzar este límite el proceso de corrosión se inicia cuando estas sales llegan al acero en suficiente cantidad. El daño localizado avanzado reduce la sección de las armaduras sin síntomas externos, siendo necesaria la presencia de oxígeno y de humedad para que la reacción electroquímica se desarrolle.(Y.A. Villagrán Zaccardi, 2010)

El contenido de dióxido de carbono en el aire promedia el valor de 0,03%, pudiendo llegar al 0,1% en ambientes agresivos. El dióxido de carbono presente en la atmósfera se difunde entre las pequeñas porosidades que el hormigón contenga adentrándose hacia el interior de la estructura, disminuyendo el PH del hormigón al reaccionar directamente con el hidróxido de calcio (u otros hidróxidos concurrentes) para obtener carbonato de calcio de acuerdo a la ecuación de equilibrio (ec.1). La carbonatación que comienza a través de los poros

se muestra luego como un frente en paralelo al área externa. (Ver fig. 3 del anexo A).



La carbonatación es necesario determinarla cuando existen cloruros en el concreto:

En el concreto nuevo que tiene un pH de 12 a 13, se requieren aproximadamente de 7,000 a 8,000 partes por millón (ppm) de cloruros para comenzar la corrosión del acero ahogado. Sin embargo, si el pH baja a un rango de 10 a 11, el umbral de cloruro para la corrosión es significativamente menor -100 ppm o menos-. Por esta razón, una investigación de la condición para la mayoría de las estructuras de concreto en proceso de corrosión debe siempre incluir un análisis de la profundidad de carbonatación. (Montani, 2000)

Diferentes agentes afectan la velocidad de la carbonatación, entre los principales está: la humedad relativa del concreto, la concentración del CO₂ libre en el ambiente atmosférico, la temperatura y la permeabilidad del hormigón. La carbonatación es más acelerada con humedades entre 50% y 75% cuando los poros están parcialmente saturados de agua, dando lugar al ácido carbónico y mayor difusión del CO₂, en cambio con humedades relativas menor a 50% no existe la cantidad necesaria de agua en los poros para la disolución del hidróxido de calcio; y con humedades relativas mayor del 75% los poros saturados de agua no permiten el ingreso del CO₂. Por otro lado un contenido bajo de CO₂ en la atmósfera origina un proceso lento de carbonatación en el concreto. En cuanto a la incidencia de la temperatura un aumento de la misma produce que las reacciones dentro del concreto sean más rápidas (Burgos Sánchez, 2012)

La permeabilidad del hormigón es un factor primordial en la carbonatación, ya que la red de poros es el camino de avance del CO₂ procedente del exterior;

estando la porosidad supeditada al tipo y la cantidad de cemento, al nivel de compactación, al tiempo y tipo de curado y la relación agua/cemento. En general una baja relación de agua/cemento, cantidad adecuada de cemento, uso de puzolanas o cenizas volantes, una buena compactación y curado producirá un hormigón poco permeable dificultando el ingreso del CO₂ al interior del mismo (Pérez Méndez, 2010)

1.2 TEORÍAS SUSTANTIVAS

A través del tiempo se ha considerado al hormigón armado como material de construcción de infinita vida útil, pero en la actualidad el número de estructuras afectadas por la corrosión de la armadura ha ido incrementándose en forma muy notoria. En las estructuras de hormigón armado de las obras portuarias, el agua de mar ayuda a que los procesos de corrosión se apresuren como consecuencia de la concentración de cloruros y/o carbonatación en el hormigón debido a la agresividad característico del ambiente marino (González Armijos & Peña Estrella, 2003)

Los muelles están conformados por diferentes elementos estructurales como son: vigas, losas, pilotes, dolphins y pantallas protectoras. Siendo en los pilotes en los que se deben diferenciar cuatro zonas en los cuales se desarrolla la corrosión de manera diferente de acuerdo como se observa en la figura 4 del anexo A; ya que parte de este elemento se encuentra sumergido en el agua. La primera zona es la que siempre se encuentra sumergida en el agua y donde no se produce corrosión porque no hay presencia de oxígeno elemento necesario para que esta se produzca, la segunda es la zona de cambio de nivel de marea mínima y máxima (zona de carrera) donde el hormigón no alcanza a secarse, por lo que se

encuentra saturado, los cloruros y CO_2 avanzan lentamente por difusión, tardando mucho hasta llegar a la armadura y corroerla (Bermúdez Odriozola, 2007, pág. 1).

La zona inmediata superior al nivel máximo de marea denominada zona de salpicaduras donde se humedece y seca sucesivamente, los cloruros ingresan por succión capilar para continuar profundizándose por difusión produciéndose la corrosión ya que en esta zona hay oxígeno y alta humedad. En la cuarta zona correspondiente a la aérea los cloruros y CO_2 ingresan por difusión de la niebla salina, el recorrido es más lento por lo que demora bastante en alcanzar las armaduras, produciéndose la corrosión siempre y cuando exista oxígeno y humedad (Bermúdez Odriozola, 2007, pág. 2).

De acuerdo con (Galán García, 2011, pág. 5) la prueba más empleada para medir la carbonatación en su objeto de prevenir la corrosión es el uso de un indicador de PH como es una solución alcohólica de fenolftaleína al 1% , la misma que al aplicarla sobre la superficie del hormigón previamente pulida y libre de polvo se puede determinar si el PH de esa zona es mayor de 9 en donde el hormigón adquiere una tonalidad púrpura que significaría que la pasividad del acero se mantiene. Caso contrario si el PH es menor de 8 la superficie del hormigón se mantiene incolora lo que significa que ya el proceso de carbonatación existe con riesgo de corrosión en la armadura. Esta reacción lo podemos observar en la figura 5 del anexo A.

Por medio del procedimiento anterior se mide la profundidad de carbonatación, de acuerdo a las normas UNE 112011:1994 [38] y UNE-EN 14630:2007. El cálculo de la profundidad de carbonatación se fundamenta en la ecuación de difusión de la ley de Fick donde la profundidad de carbonatación es

proporcional a la raíz cuadrada del tiempo, lo que puede expresarse en la siguiente ecuación:

$$X = K \times \sqrt{t} \quad (\text{ec.2})$$

Donde: X es el espesor o profundidad de la capa carbonatada en mm, K es una constante de la velocidad del progreso de la carbonatación en mm/año^{1/2} y t es el tiempo en años de la edad del hormigón. Esta ecuación se la emplea para pronosticar las profundidades a diferentes edades del hormigón, evaluando la constante de proporcionalidad o velocidad de carbonatación para un determinado tiempo (Galán García, 2011, pág. 6).

1.3 REFERENTES EMPÍRICOS

La Armada del Ecuador a través de la DINCY, contrató la consultoría para la reparación de sus diez muelles del área operativa de la Base Naval de Guayaquil (BASUIL), ubicada al sur de la ciudad, a la compañía SÍSMICA Ingenieros Consultores en diciembre del año 2003 la que entregó el estudio final en abril del 2004 y reposa en los archivos de la DINCYP. Siendo algunos de estos muelles construidos hace más de treinta y cinco años y en un medio salino como son el estero del Muerto y Caracol, cuya ubicación se muestra en la foto1 del anexo C; presentaban un alto grado de deterioro como puede apreciarse en las fotos 2-3- 4-5 y 6 del mismo anexo.

Para la elaboración del estudio la Consultora recopiló toda la información existente como diseños y reparaciones anteriores, estudio de suelo, siendo muy escasa por la edad de estas estructuras. Así mismo, se realizó el levantamiento geométrico, y de daños de la superestructura y pilotes ubicados en las zonas críticas, evidenciándose que las estructuras de los muelles presentaban distintos

daños por diversas causas: fisuras y agrietamientos en las uniones viga-pilote (columna) que normalmente son producidas por excesos de cargas, fisuras en los pilotes especialmente en la zona de fluctuación entre el nivel de la baja y alta marea, mayormente longitudinales provocadas por la exposición a los sulfatos y la reacción álcali-sílice, determinadas así por su coloración característica. Estas reacciones químicas, que debilitan al hormigón son favorecidas por la presencia de organismos y microorganismos marinos adheridos a la superficie del concreto, observados en todos los muelles.

Fisuras y desprendimientos producidos por la corrosión del acero de refuerzo debido a la carbonatación del hormigón, determinadas por su coloración característica, en algunos muelles como el caso del No1 y 2 el hierro inferior y parte de los estribos de la mayoría de las vigas había desaparecido. Fisuras plásticas con patrones ortogonales en las caras superiores de las plataformas de los muelles, provocadas por deficiencias de curado durante la etapa constructiva, con desprendimientos y exposición del acero de refuerzo. Cabe indicar que las reparaciones anteriores fueron realizadas sólo con hormigones de cemento portland y aditivos acelerantes y plastificantes.

Para la determinación de los parámetros de diseño efectuó perforaciones y estudio de suelos, revisión y determinación de las cargas verticales de diseño a partir de los datos reales y según normas de diseño, así como el modelo estructural de la situación, estableciendo necesidades de reparación, diseño de la solución recomendada y presupuestos. El consultor elaboró varias alternativas de solución: la primera reforzamiento con fibra de carbono y aumento de secciones de pilotes, la segunda aumentando las dimensiones y armado de los pilotes y vigas; diseñando una nueva estructura alrededor de la existente para no demolerla,

luego realizó el diseño cambiando el valor R del espectro de diseño de 1 a 4 que sería la tercera alternativa, en la cuarta con un valor de $R=3$ y pilotes cuadrados y algunos inclinados pero estas soluciones eran demasiado costosas para la Armada y por último una quinta alternativa la más económica consistente en reforzar las estructuras existentes, reparando los sectores deteriorados para que puedan resistir exclusivamente las cargas de servicio y un sismo moderado (SÍSMICA Ingenieros Consultores, 2004).

Desde el año 2004 hasta el 2010 se han realizado las reparaciones de los diez muelles de BASUIL aplicando esta última solución de acuerdo a los planos del Anexo D con diferentes tipos de reparación según el grado de deterioro de los distintos elementos. En el anexo C se muestran las fotos 7-8-9-10-11-12-13 y 14 del muelle No 2 referente al proceso de reparación, donde se aplicaron procedimientos establecidos en el estudio como limpieza y delimitación del área a reparar, eliminar recubrimientos, verificación de continuidad del acero, realizar su limpieza, reemplazar la longitud faltante con el traslape respectivo, colocar inhibidor de corrosión, eliminación del hormigón dañado previo realizar prueba con el reactivo de fenolftaleína para verificar que se llegó hasta el hormigón sano sin la presencia de la carbonatación y rellenar con mortero para reparación, preparado con polímeros acrílicos modificados y granulometría específica de alta resistencia a la compresión y a la flexión a los 28 días para las reparaciones menores, adicionando agregado grueso tamaño máximo de 12 mm. en un porcentaje no mayor al 25% del peso para las reparaciones mayores, previo se aplicó un epóxico adhesivo entre hormigón fresco y endurecido (DINCYP, 2010).

Para el caso de la recuperación de las losas de las plataformas se fundió una capa de compresión de 10cm sobre la estructura existente demoliendo

previamente la parte carbonatada, se realizó el trabajo anterior en cuanto a limpieza, se colocaron conectores de acero y pegante epóxico, el hormigón con contenido de cemento de 380 kg/m³ tipo II con adición de micro sílice al 5% del peso y de resistencia a la compresión de 35Mpa. Finalmente como protección para los ataques de agentes externos (dióxido de carbono, cloruro y sulfato) se aplicó dos manos de un recubrimiento a base de resinas epóxicas sin solventes para superficies aéreas y sumergidas lo que se indica en las fotos 15-16-17 del anexo C. Se realizaron pruebas de laboratorio para evaluar la resistencia de los morteros de reparación de alta resistencia con agregados y empleados los cuales dieron en las muestras sustraídas valores mínimos de 375 kg/cm² a los 28 días como se muestra en el informe de rotura en el anexo E (DINCYP, 2010).

Luego de una construcción o reparación de una obra juega un papel muy importante el mantenimiento que recibirá, más aún si se trata de una obra portuaria donde por sus funciones que realiza debe permanentemente permanecer operativa y segura ya que por diversos factores físicos, químicos y mecánicos a las que está expuesta puede disminuir de manera gradual, parcial o totalmente la resistencia del hormigón de todos los elementos que lo conforman, por lo que un mantenimiento planificado proporcionará un grado de operatividad, seguridad y de servicio adecuado (Pacheco Quintana, 2013, pág. 28).

Para este caso se determinan tres tipos de mantenimiento predictivo preventivo, y correctivo. El predictivo está orientado a predecir futuras fallas y se lo realiza utilizando equipos y demás elementos para ensayos y pruebas. El preventivo deberá obedecer a un plan planificado, dado por el constructor, debiéndose realizar en forma periódica de las instalaciones para detectar y solucionar situaciones que pueden originar fallas en la estructura. Y por último el

correctivo destinado a realizar acciones de reparación y producen paralización de actividades o la no utilización de las instalaciones debiendo realizar un plan de contingencia para que las unidades a flote continúen con sus tareas de maniobras (Pacheco Quintana, 2013, págs. 29-30).

2 MARCO METODOLÓGICO

2.1 METODOLOGÍA:

Para la elaboración de este estudio de caso del Análisis patológico de la Carbonatación en el Muelle No 2 de la Base Naval de Guayaquil se ha basado en la investigación científica utilizando la metodología cualitativa-cuantitativa y experimental, con el propósito de verificar el grado de afectación en cuanto a la carbonatación, patología muy frecuente en estas estructuras portuarias expuestas a ambientes agresivos. Para lograr este fin y tomando como base la metodología cualitativa se requirió hacer en primer lugar una revisión documental de las teorías generales y sustantivas existentes mediante consulta bibliográfica, Luego se realizó el análisis de la documentación, memoria fotográfica, plano de reparación de los referentes empíricos que corresponde al estudio contratado por la Armada para la Reparación de los muelles 1-2-3-4-5A-5B-6-7-8-9 y 10 de la Base Naval de Guayaquil y el Informe del departamento de fiscalización de la DINCYP sobre la ejecución la obra Mantenimiento del muelle No 2 y sus tres dolphins, documentación de hechos reales que reposan en los archivos de la DINCYP.

Como tercer paso por medio de un laboratorio de suelos calificado se realizaron pruebas químicas con reactivos (fenolftaleína) para verificar el estado y grado de carbonatación del hormigón y ensayos no destructibles para la determinación de la resistencia a compresión actual de los diferentes elementos del muelle. Como parte de investigación al problema planteado se aplicó la metodología experimental y cuantitativa ya que se realizaron pruebas y ensayos de material no destructible, obteniendo como resultado datos cuantitativos que sirvieron para la toma de decisiones.

Por último para determinar la importancia del tema se elaboró un cuestionario con cuatro preguntas inherentes al tema de estudio y en modalidad de entrevistas a cuatro profesionales técnicos de Oficiales de la DINCYP involucrados en la planificación, ejecución y mantenimiento de las edificaciones terrestres y portuarias de la Armada del Ecuador como son: al Director de Ingeniería Civil y Portuaria (Oficial Arquitecto), al Jefe del Departamento de Fiscalización de la DINCYP (Oficial Ingeniero Civil), al Jefe del Departamento de Planificación de la DINCYP (Oficial Ingeniero Civil), Jefe de Mantenimiento de la DINCYP (Oficial Ingeniero Civil).

2.2 MÉTODO DE ESTUDIO DE CASOS.

Se considera que el estudio de casos es una forma investigativa que actualmente es utilizada con gran amplitud y con buenos resultados. Su finalidad es estudiar con particularidad una unidad de análisis concreta tomada de un universo como población, en este caso el Muelle No 2 de BASUIL, al que se realizará el análisis patológico de la Carbonatación. Como apoyo para el desarrollo de este estudio se elaborará un cuadro (CDIU) a partir del árbol de problemas, con las causas que más se asemejen, determinando las categorías ligadas con el tema del problema y luego delimitar las dimensiones de donde se adquirirá la información de éstas, empleando los instrumentos de levantamiento de información como documentación existente, pruebas químicas, ensayos no destructivos y entrevistas para el referido caso, por medio de la correspondiente unidad de análisis vinculadas con el campo como: medio ambiente de implantación, casos relacionados con el tema, datos resultantes de pruebas y ensayos no destructivos, la estructura del muelle donde se realiza el análisis y

personal técnico involucrado en la construcción y mantenimiento de estas obras portuarias.

2.3 PREMISA.

Si se realiza el análisis del estado de carbonatación del muelle No 2 de la Base Naval de Guayaquil, proporcionará información relevante para tomar las acciones necesarias para su recuperación o mantenimiento y emitir procedimientos y técnicas que orienten y dirijan al personal técnico de la DINCYP encargado de la construcción y mantenimiento de infraestructuras terrestres y portuarias de la Armada del Ecuador, en la prevención, detección y reparación para el caso de la carbonatación y por lo tanto se podrá contar con estructuras libres de esta patología aumentando la seguridad en las mismas.

2.4 CUADRO DE CATEGORÍAS, DIMENSIONES, INSTRUMENTOS Y UNIDADES DE ANÁLISIS (CDIU)

Tabla 1
CDIU del estudio de caso

CATEGORÍA	DIMENSIONES	INSTRUMENTOS	UNIDAD DE ANÁLISIS
Clima	Humedad relativa (50-75)%, Aumento de temperatura Concentración del CO2 en la atmósfera	Datos medidos y disponibles en la WEB	Medio Ambiente del lugar de implantación del muelle
Medio ambiente Salino y acuoso	Salinidad y Agresividad	Revisión Documental y Análisis químico	Datos resultantes del estudio de análisis
Patología Constructiva	Despasivación del acero Carbonatación	Revisión documental Observación de campo. Pruebas Químicas y Ensayos no destructivos	Casos relacionados Datos resultantes de Pruebas y ensayos no destructivos
Normas y Tecnologías Constructivas	Aplicación de Normas y Tecnologías Constructiva	Códigos, Revisión documental Entrevistas	Estructura de Hormigón de Muelle en ambientes salinos Director de DINCYP Jefe de Fiscalización Jefe de Planificación Jefe de Mantenimiento

Elaborado por: Ing. Maritza Cruz C.

2.5 DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES DE ANÁLISIS

Para este estudio de caso se determinaron las siguientes unidades de análisis:

Medio Ambiente: Se analizaron las características climáticas del lugar donde se encuentra implantado el muelle No 2 de BASUIL

Casos relacionados con el estudio: Se revisan casos reales de en esta patología con información recopilada y existente en los archivos de la Institución. (DINCYP)

Datos resultantes del estudio de análisis: Se obtuvieron datos de las características físicas del agua del estero mediante la consulta y revisión de un estudio realizado en el sector, efectuado con análisis de laboratorio.

Datos resultantes de pruebas y ensayos no destructivos: Con los datos resultantes de los análisis realizados se los analiza y se determina el estado de la estructura del muelle y su grado de afectación con respecto a la carbonatación y resistencia como valor agregado a esta investigación.

Estructura de Hormigón de Muelle en ambiente salino: El análisis patológico de carbonatación es realizado en el Muelle No 2 de la Base Naval Guayaquil.

Director de DINCYP: Oficial Superior designado por el Mando Naval, como Director de Ingeniería Civil y Portuaria, encargado directo del proceso de Planificación, Diseño y Fiscalización de las obras civiles y portuarias de la Armada del Ecuador.

Jefe de Dpto. de Fiscalización de DINCYP: Oficial encargado de la Fiscalización de todas las obras civiles y portuarias de la Armada del Ecuador.

Jefe de Dpto. de Planificación de DINCYP: Oficial encargado del Diseño y Planificación de todas las obras civiles y portuarias de la Armada del Ecuador.

Jefe de Dpto. de Mantenimiento de DINCYP: Oficial encargado del Mantenimiento de todas las obras civiles y portuarias de la Armada del Ecuador.

2.6 GESTIÓN DE DATOS

Para este trabajo se hizo una revisión bibliográfica de las teorías y referentes empíricos de estudios contratados por la Armada para la reparación de todos sus muelles del área operativa de la Base Naval de Guayaquil, así como el informe de fiscalización de la ejecución de la reparación del muelle No 2. Además, se realizaron in situ ensayos químicos en cinco pilotes, un tramo de viga y losa del muelle No 2 de BASUIL, mediante la aplicación del reactivo fenolftaleína para determinar el grado de carbonatación de los diferentes elementos de hormigón de los muelles lo que se detalla en las fotos 18, 19 y 20 del anexo C.

Además para complementar estas pruebas y como valor agregado al presente estudio se determinó in situ utilizando metodología no destructiva, la resistencia del hormigón mediante el martillo esclerométrico y el dispositivo Pundit que trabaja con aplicación de ondas ultrasónicas como se muestra en las fotos 21 y 22 del anexo C. Los datos de los ensayos realizados son cuantitativos los mismos que se presentan en el anexo E de este estudio con el gráfico de ubicación respectivo. Adicional a estos datos se investigó en los web datos de las características físicas del agua del estero del Muerto para conocer los valores de su PH, temperatura, salinidad y humedad relativa que son factores que determinan la agresividad del medio ambiente, los mismos que se muestran en la tabla 3 del anexo B.

Por último para determinar la importancia de realizar este análisis patológico, de los materiales y técnicas constructivas aplicables para detener o eliminar esta patología y establecer el tipo de mantenimiento que reciben, se hicieron entrevistas a señores oficiales profesionales arquitectos e ingenieros civiles con puestos jerárquicos de dirección y jefatura de la DINCYP, involucrados en la planificación, fiscalización y mantenimiento de las obras civiles y portuarias de la Armada del Ecuador.

2.7 CRITERIOS ÉTICOS DE LA INVESTIGACIÓN

Para la elaboración de este estudio de caso se utilizó la investigación científica basada en principios éticos y de acuerdo a las leyes de la (Constitución de la República del Ecuador, 2008). Las pruebas realizadas para obtener los datos necesarios para el análisis requerido fueron efectuadas por un laboratorio calificado que siguió los procedimientos de las normas internacionales emitidas para cada ensayo.

Además se obtuvieron valores sobre la intensidad de ciertos elementos climáticos y calidad del agua del estero a partir de pruebas de laboratorio y mediciones realizadas por instituciones especializadas como el INOCAR, información consultada en documentos publicados en la web. Por otro lado las respuestas emitidas por cada entrevistado son de responsabilidad propia, sin haber influenciado en las respuestas de cada entrevistado, por buena voluntad de cada uno de ellos.

3 RESULTADOS

3.1 ANTECEDENTES DE LA UNIDAD DE ANÁLISIS

El muelle No 2 de BASUIL tiene aproximadamente unos 35 años de construcción y se encuentra implantado en la confluencia del estero del Muerto y Caracol, (figura 2 del anexo A) ramales del Estero Salado de Guayaquil, teniendo como coordenadas en el sistema WGS84 UTM 17S:

621.238,81 mE (Latitud)

9'749.984,09 mS (Longitud)

La estructura del muelle es de hormigón armado, su infraestructura está conformada por una losa maciza de ingreso como pasarela (5,30 x 19,00) m y la plataforma principal (13,00x13, 40) m con un espesor de 30 cm la misma que se encuentra sobre vigas cargadoras de (0,40x0,75)m apoyadas por 30 pilotes de (0,40x0, 40) m de longitud 20 m, los cuales han sido agrandado su sección en una longitud de 3,00m desde la parte superior hasta llegar a 0,75m x 0,75m (durante la última reparación). Forma parte de esta instalación tres dolphins o duques de alba de (2,40x2, 40) m por 1,00 m de alto sobre 6 pilote de (0,45x0,45) m, para el amarre de las unidades a flote cuyas características son indicadas en la tabla 4 del anexo B.

3.2 PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

Para realizar el análisis patológico de carbonatación en el muelle No 2 de BASUIL, se hicieron pruebas químicas en el sitio con reactivos (fenolftaleína) en diferentes elementos del muelle obteniendo los resultados del laboratorio de Suelos INGEOMAT los que se indican en el anexo F, donde se determina por muestreo que si existe un grado de carbonatación leve, recién iniciándose en las

vigas este proceso y correspondería al 100% de ellas en todo el muelle, a pesar de que se tomó la muestra en un solo tramo de viga esta es representativa por el estado parecido que se observa con las demás como se puede observar en la foto 23 del anexo C. La losa actualmente presenta fisuras y desgaste en su parte superior (foto 24 del anexo C) determinándose por los resultados de las pruebas que el 100% tiene un grado de afectación leve de carbonatación, también aquí ya se ha iniciado el proceso de la carbonatación.

Con respecto a los pilotes, se hicieron pruebas en cinco de ellos, arrojando los resultados de que dos de ellos tienen grado de afectación leve de carbonatación lo que correspondería al 40% de los pilotes del muelle en general. Los pilotes actualmente se encuentran con suciedades (colores oscuros) y con organismos marinos adherido casi en la totalidad de su longitud como se muestra en la foto 25 del anexo C.

Las entrevistas fueron realizados a oficiales profesionales arquitectos e ingenieros civiles con puestos jerárquicos de dirección y jefatura de la DINCYP, involucrados en la planificación, fiscalización y mantenimiento de las obras civiles y portuarias de la Armada del Ecuador, con el fin de obtener información técnica de personal que ha estado involucrado en los mantenimientos y reparaciones de este muelle y emitan criterios técnicos en base a su experiencias sobre materiales y técnicas a utilizar en las soluciones posibles para detener o eliminar esta patología, además de establecer el tipo de mantenimiento que reciben. A continuación se exponen las entrevistas que se llevaron a cabo cuya guía se detalla en el anexo G:

Entrevistado No 1: Director de Ingeniería Civil y Portuaria

Fecha de entrevista: 02 de agosto 2016

1.- ¿Cree que usted que la carbonatación es una causa que incide fuertemente en la oxidación del acero y la disminución de la vida útil de la estructura del muelle? ¿Por qué?

Sí, porque en caso de que exista corrosión en el acero, este no podría cumplir las funciones para las que está diseñado, por lo que estas instalaciones podrían colapsar si no se toman las precauciones del caso, lo que incidiría directamente en la vida útil de las estructuras de los muelles, además se debería tomar muy en cuenta este punto ya que estas instalaciones están en permanente contacto con agua, y podrían sufrir corrosión del acero, si no está protegido adecuadamente.

2.- ¿Cuáles deben ser los procedimientos más idóneos para disminuir los efectos de la carbonatación en el hormigón del muelle?

Que las instalaciones estén sujetas a un mantenimiento permanente para evitar estos efectos y tener consecuencias posteriores, además que se hagan estudios cada cierto tiempo para ver el comportamiento de las estructuras de los muelles que están expuestas todo el tiempo a muchos agentes externos.

3.- ¿Cuál es la importancia de los materiales de reparación que deben ser utilizados en las reparaciones en las estructuras de los muelles?

Es de suma importancia ya que no es lo mismo que las estructuras estén expuestas al ambiente del estero de los muelles de la base sur, que en otras instalaciones en tierra y que no estén en contacto directo, por lo que su tratamiento es diferente.

4.- Entre los años 2004 y 2010 se realizaron las reparaciones de todos los muelles del área operativa en la Base Naval de Guayaquil. Desde esa fecha ¿han recibido alguna clase de mantenimiento sus estructuras de hormigón?

No han recibido mantenimiento en sus estructuras de hormigón, sólo se han hecho mantenimiento en sus pontones, bitas y escalas.

Entrevistado No 2: Jefe del departamento de Fiscalización

Fecha de entrevista: 02 de agosto 2016

1.- ¿Cree que usted que la carbonatación es una causa que incide fuertemente en la oxidación del acero y la disminución de la vida útil de la estructura del muelle? ¿Por qué?

Sí, porque quita la alcalinidad al hormigón favoreciendo la oxidación del acero con lo que se deteriora la estructura del muelle disminuyendo su vida útil.

2.- ¿Cuáles deben ser los procedimientos más idóneos para disminuir los efectos de la carbonatación en el hormigón del muelle?

La aplicación de productos que impidan el paso del CO₂ al interior del hormigón.

3.- ¿Cuál es la importancia de los materiales de reparación que deben ser utilizados en las reparaciones en las estructuras de los muelles?

Dependiendo de los materiales a utilizar es el costo, porque generalmente se usan epóxicos y materiales cementicios de óptima calidad (Grout),

4.- Entre los años 2004 y 2010 se realizaron las reparaciones de todos los muelles del área operativa en la Base Naval de Guayaquil. Desde esa fecha ¿han recibido alguna clase de mantenimiento sus estructuras de hormigón?

No han recibido mantenimiento por falta de presupuesto o porque se priorizan otras obras.

Entrevistado No 3: Jefe del departamento de Planificación

Fecha de entrevista: 03 de agosto 2016

1.- ¿Cree que usted que la carbonatación es una causa que incide fuertemente en la oxidación del acero y la disminución de la vida útil de la estructura del muelle? ¿Por qué?

Sí, por cuanto la corrosión por carbonatación del hormigón, o debido a la acción de cloruros sobre elementos estructurales expuestos (hormigón, aceros de refuerzo), deterioran paulatinamente la constitución de la estructura del muelle (pérdida del recubrimiento y oxidación de los refuerzos principales de la estructura), disminuyendo su vida útil al incrementar las tensiones radiales ejercidas por los productos de la corrosión, se producen en mayor medida las fisuras en el hormigón armado.

2.- ¿Cuáles deben ser los procedimientos más idóneos para disminuir los efectos de la carbonatación en el hormigón del muelle?

Por aplicaciones de productos con altas resistencias químicas y mecánicas como revestimientos protectores al hormigón.

3.-¿Cuál es la importancia de los materiales de reparación que deben ser utilizados en las reparaciones en las estructuras de los muelles?

Por definición los materiales de construcción, permitirán que la estructura resista la agresividad del ambiente salino, soportar acciones ambientales y condiciones de trabajo, acciones sísmicas, garantizando durabilidad y estabilidad a las estructuras.

4.- Entre los años 2004 y 2010 se realizaron las reparaciones de todos los muelles del área operativa en la Base Naval de Guayaquil. Desde esa fecha ¿han recibido alguna clase de mantenimiento sus estructuras de hormigón?

No se han realizado mantenimiento en sus estructuras de hormigón, sólo sus pontones, pintado de bitas que se lo hace con personal de la Armada. Sin embargo en este año 2016 se han realizado inspecciones visuales donde ya se detectan daños en las estructuras como desprendimiento de recubrimiento en algunos

elementos como losa, plataforma de dolphin y fisuras en pilotes de defensa de algunos muelles.

Entrevistado No 4: Jefe del departamento de Mantenimiento

Fecha de entrevista: 03 de agosto 2016

1.- ¿Cree que usted que la carbonatación es una causa que incide fuertemente en la oxidación del acero y la disminución de la vida útil de la estructura del muelle? ¿Por qué?

Sí afecta agresivamente al acero, debido a que el proceso químico de este agente atraviesa el hormigón por medio de las fisuras existentes llegando al acero de refuerzo, generando la corrosión u oxidación agresiva al mismo, lo que produce que el acero entre en un proceso de expansión ocasionando el desprendimiento del hormigón, lo cual afecta al elemento de hormigón armado, disminuyendo el tiempo de vida útil de un elemento, sobre todo si no es intervenido a tiempo con una reparación técnica.

2.- ¿Cuáles deben ser los procedimientos más idóneos para disminuir los efectos de la carbonatación en el hormigón del muelle?

Como procedimientos idóneos se debe considerar una buena protección o aplicación de recubrimientos especiales con la finalidad de sellar fisuras en los elementos, y en el proceso constructivo exigir al contratista que se construyan respetando las especificaciones técnicas para evitar futuros daños en estos elementos.

3.- ¿Cuál es la importancia de los materiales de reparación que deben ser utilizados en las reparaciones en las estructuras de los muelles?

Que cumplan especificaciones técnicas para que sellen toda fisura en elemento y sobre todo que ofrezcan una buena protección por períodos largos, con la finalidad de protegerlos y evitar gastos.

4.- Entre los años 2004 y 2010 se realizaron las reparaciones de todos los muelles del área operativa en la Base Naval de Guayaquil. Desde esa fecha ¿han recibido alguna clase de mantenimiento sus estructuras de hormigón?

No se han realizado mantenimiento preventivo, permaneciendo los pilotes con agentes marinos que se adhieren a los mismos.

Una vez contestadas las entrevistas se las evaluó utilizando la técnica de ideas frecuentes, así como de forma cualitativa, determinándose que todos los entrevistados coinciden en la importancia del análisis de la patología de la carbonatación por generar la corrosión del acero y disminución de la vida útil de las instalaciones portuarias, así como de las protecciones necesarias, materiales para sus reparaciones, y finalmente se evidencia una falta de mantenimiento en todos ellos desde sus últimas restauraciones.

4 DISCUSIÓN

4.1 CONTRASTACIÓN EMPÍRICA

Al evaluar los resultados obtenidos de las pruebas químicas realizados con el reactivo de la fenolftaleína en los diferentes elementos se concluyó que en el 100% de las vigas y losas ya se ha iniciado el proceso de la carbonatación, así como en un 40% de los pilotes; por lo que se requiere planificar los trabajos necesarios con el fin de detener el proceso de carbonatación mediante la aplicación de productos protectores que impidan el ingreso del CO₂ al interior del hormigón.

De acuerdo al informe (DINCYP, 2010) de fiscalización de la obra Mantenimiento del muelle No 2 se realizaron trabajos de reparación, recuperación y protección de toda la estructura, efectuándose así mismo pruebas químicas in situ con el reactivo de la fenolftaleína en todas las áreas a recuperar, para verificar haber llegado al hormigón sano y proceder a fundir con mortero de reparación de alta resistencia a base de polímeros acrílicos modificados, ya que dicha estructura se hallaba en situación más crítica que la actual.

Los datos resultantes de la valoración de carbonatación indican también que el producto de protección utilizada en la última reparación del muelle ha logrado su objetivo, pues a pesar de no haber recibido el mantenimiento respectivo, que involucra el cambio de protección epóxica de toda su estructura de hormigón y que de acuerdo a su ficha técnica debe hacerse cada 2 años, recién se está iniciando el proceso de carbonatación. Por otra parte, los datos resultantes de la evaluación de resistencias en los diferentes elementos estructurales del muelle indican que se mantienen resistencias altas comparadas con las determinadas en los ensayos de la reparación anterior en el año 2010.

Como punto importante del análisis de la entrevista se evidenció la falta de mantenimiento a este muelle en lo que corresponde a la estructura de hormigón después de su última reparación, sin embargo a pesar de ello su estado no se encuentra muy deteriorado en comparación con la que tenía antes de su última reparación en el 2010.

4.2 LIMITACIONES

En nuestro país no se dispone de un reglamento o código para los análisis y evaluaciones de las patologías constructivas o estructurales para las instalaciones portuarias que es este el caso y específicamente la carbonatación que es la que más comúnmente se produce, debemos basarnos en normas extranjeras y aun así no se cuenta con una guía precisa para estos casos de estructura de hormigón de muelles que se desarrollan en ambientes salinos.

4.3 LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Como este trabajo se refiere a un estudio de caso, la investigación se refiere particularmente a la patología de carbonatación; otras patologías del hormigón deben ser analizadas colateralmente pero no son motivo de este planteamiento. Existen patologías conexas a la carbonatación, que para su estudio pueden tomar como punto de partida este trabajo.

El estudio se circunscribe estrictamente al muelle No 2 de BASUIL, los principios obtenidos pueden ser extrapolados a otras estructuras similares, extrapolación que de igual manera no está considerada en el estudio. Por falta de presupuesto no se puede abarcar otros tipos de patología que afectan a estas estructuras.

4.4 ASPECTOS NOVEDOSOS DEL ESTUDIO DE CASO

Lo novedoso del caso de estudio es haber realizado el análisis de la patología de carbonatación en uno de los muelles de BASUIL, causa principal de la despasivación del acero y su corrosión generada de forma uniforme, tema que la institución de la Armada no se ha preocupado de realizar en todos sus muelles; por lo que este planteamiento lo ponemos a consideración del alto mando, por la importancia de incluir en el Plan Anual de Mantenimiento los respectivos valores que deban invertirse en las pruebas y ensayos para la determinación de esta patología, cuyos resultados servirán para definir el tipo de intervención a realizar en la actualidad en cada uno de los muelles, con el fin de conservar estas instalaciones de gran importancia para las unidades navales, especialmente los ubicados en la Base Naval de Guayaquil donde acoderan casi el 100% de las que se encuentran operativas.

Con el resultado de este análisis patológico de la carbonatación se determinan lineamientos técnicos para detectar, detener y eliminar esta patología, las cuales servirán al departamento de Planificación como guía referencial para la elaboración de sus especificaciones técnicas en la planificación del mantenimiento de los muelles en general.

5. PROPUESTA

Al obtener los resultados del análisis patológico de carbonatación del muelle No 2 de BASUIL donde se evidencia una activación leve de esta patología que ha comenzado por la losa, vigas y ciertos pilotes, la propuesta se engloba a tareas de protección y mantenimiento de acuerdo al siguiente plan de control:

1. Colocar andamio, plataforma u otros elementos, que permitan la permanencia del personal involucrado en los trabajos, de una manera segura. Los trabajadores que intervengan deben saber nadar y estar provistos de los equipos de protección personal como: casco, botas antideslizantes, chalecos reflexivos, cinturón de seguridad con línea de vida, mascarilla para polvo, guantes de caucho, tapones para oídos.

2. Revisar si existen fisuras, grietas o desprendimientos, las mismas que deberán ser reparadas adecuadamente, con morteros de altas resistencias físicas y mecánicas a base de polímeros acrílicos modificados y polvo cementoso gris con arenas de granulometría seleccionada y refuerzo sintético, previa una limpieza, escarificación y delimitación del área.

3. Realizar una limpieza abrasiva de toda la superficie del hormigón del muelle a revestir debiendo estar sana, firme, limpia, libre de polvo, material suelto, óxidos, aceites, grasa, organismos marinos o pinturas para garantizar la adherencia del material de revestimiento escogido con el sustrato. Se utilizarán en forma general equipo de tipo mecánico como hidro-arenado (sandblasting) y luego hidro-lavado pudiendo utilizar herramientas menores para sitios inaccesibles como gratas y cepillos metálicos para remover las materias extrañas.

4. Una vez que el sustrato se encuentre seco, en el mismo día que se ha hecho la limpieza y con el fin de que no se contamine la superficie, aplicar en toda la superficie del muelle que no se encuentre en contacto con el agua, mediante brocha o rodillo un recubrimiento epóxico de dos componentes sin solvente tipo pintura, la cual deberá tener buena adhesión, alta resistencia mecánica, química y a la abrasión; contiene resina epóxica y amina orgánica. La aplicación se la hará en dos capas, preferiblemente de diferente color para control de su aplicación, con un espesor de total de película húmeda y seca de 12 mils +/- 2 mils.

5. De la misma manera, se hará la aplicación en toda la superficie del muelle que se encuentre en contacto con el agua de otro producto también epóxico de dos componentes, de altos sólidos, libres de solvente, que forma barrera de vapor con alta resistencia a la abrasión, al ataque de aguas agresivas y fragua bajo agua. La aplicación será en dos capas cada una de diferente color para control de este procedimiento, colocando la segunda capa una vez seca la primera, siendo el espesor total de la película tanto húmeda como seca de 18 mils +/- 2.

6. El manipuleo y desecho de productos químicos y sus envases utilizados en este trabajo deberán cumplir con las normativas ambientales vigentes en materia de gestión de residuos.

7. Después de aplicarse la protección a los muelles, estos deben ser constantemente monitoreados, ya que el CO₂ ingresa por cualquier fisura del hormigón hacia el interior, por lo que deben tomarse en consideración algunos factores no relacionados al hormigón pero que afectan al mismo:

- Verificar el estado de las defensas del muelle con el fin de evitar que los impactos generen daños a la estructura como fisuras, grietas o desprendimientos.
 - Exigir que los motores de las naves usuarias tengan un afinamiento mecánico que minimicen la producción del dióxido de carbono para que tengan menor incidencia en la contaminación de la estructura portuaria.
 - Impedir que se coloquen sobrecargas no consideradas en el diseño del muelle.
 - Impedir que se realicen trabajos que no correspondan al uso del muelle como la reparación de pontones que usualmente se ejecutan y causan desgaste en la superficie de la losa.
8. Por último se deberán realizar los mantenimientos periódicos diseñando un plan de mantenimiento que deberá ser supervisado por la DINCYP y ejecutado por el reparto usuario con personal calificado y constantemente actualizado en este tema quienes deberán llenar una bitácora con las novedades encontradas, el plan incluirá:
- Verificación del estado de carbonatación de la estructura mediante el ensayo con reactivo de la fenolftaleína se hará cada año; si el avance es mayor a 10 mm, deberá plantearse el plan de seguimiento y delinear nuevas acciones de conservación.
 - Limpieza de organismos marinos adheridos a los pilotes cada año.
 - Verificación de fisuras, grietas o desprendimientos cada mes.

- Aplicación de la pintura protectora en este caso será cada 8 años, debiendo ser chequeada en forma anual.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. La investigación de este estudio mediante el análisis de todo lo que comprende el marco teórico, permitió determinar la importancia de detectar a tiempo la presencia de esta patología de la carbonatación, una de las principales causas del deterioro de la estructuras de hormigón en ambiente salino y desencadenante de otras como la corrosión del acero en mayor grado al ser producida en forma uniforme a lo largo de todo el frente carbonatado.

2. El resultado de las pruebas químicas realizadas con reactivos químicos para diagnosticar el grado de carbonatación de los diferentes elementos estructurales del muelle, permitió determinar que el proceso de carbonatación en las vigas, losa y algunos pilotes ya se ha iniciado en el hormigón.

3. Del análisis de los resultados en lo que respecta a las entrevistas realizadas a profesionales de la construcción que ocupan cargos de dirección y jefatura dentro del reparto técnico de la Armada como es la DINCYP, se pudo confirmar la falta de mantenimiento en sus estructuras de hormigón por parte de la institución, a pesar de existir una Directiva General Permanente (DGP-COGMAR-LOG-004-2012-O); emitida el 30 de julio de 2012) de las Regulaciones para la ejecución y el control del mantenimiento de las instalaciones terrestres de la Armada del Ecuador, donde se indica realizar el mantenimiento preventivo de los muelles en forma anual; sin embargo no tiene lineamientos muy definidos que permitan realizar estos trabajos de forma óptima.

4. La elaboración de lineamientos para identificar, detener, reparar y eliminar el proceso de la carbonatación presente en las estructuras de hormigón

del muelle de estudio permitirá reducir la vulnerabilidad física y funcional que pueda producirse con el tiempo.

Recomendaciones

1. Realizar el análisis patológico de la carbonatación al resto de los muelles del área operativa de BASUIL y de otros repartos de la ARMADA mediante pruebas y ensayos determinados en este estudio, para obtener el estado de los mismos con respecto a la patología de la carbonatación y aplicar las medidas necesarias de protección o reparación de acuerdo a los resultados obtenidos, y de esta manera lograr la preservación de estas estructuras tan importantes y costosas para el país.

2. Al encontrarse activado el proceso de carbonatación en el muelle No 2, es necesario aplicar sobre toda su superficie expuesta una protección que impida el ingreso del CO₂ hacia el interior de su estructura y por lo tanto, retarde la agresividad de esta patología logrando un incremento de la vida útil del muelle.

3. Desarrollar un plan de mantenimiento para el muelle que sea incluido dentro de la DGP-COGMAR-LOG-004-2012 como modificación al mismo donde se especifique claramente el detalle de los trabajos a realizar en la ejecución de sus mantenimientos periódicos, así mismo considerar que el reparto encargado de estos mantenimientos de tipo preventivo disponga de personal calificado y constantemente capacitado para los trabajos a realizar en estas estructuras.

4. Los lineamientos técnicos emitidos en base a lo analizado con respecto a este trabajo de investigación desarrollados en el anexo H deberán ser considerados como especificaciones técnicas para la prevención y solución de los daños producidos por la carbonatación y sus efectos posteriores, por el órgano

técnico de la DINCYP para la planificación del mantenimiento predictivo y correctivo de este muelle No 2 y de los demás que se encuentran ubicados en el área operativa de BASUIL y del resto de muelles que posea la Armada en todo el país.

Referencias Bibliográficas

- Armada del Ecuador. (2010). *Plan Estratégico Institucional*.
- ARMADA DEL ECUADOR. (2012). Directiva General Permanente COGMAR-LOG-004-2012-O. *Regulaciones para la Ejecución y Control del Mantenimiento de las Instalaciones Terrestres de la ARMADA DEL ECUADOR*. Guayaquil, Ecuador.
- Bermúdez Odriozola, M. Á. (Octubre de 2007). *Corrosión de las Armaduras del Hormigón Armado en Ambiente salino: Zona de Carrera de Mareas y Zona Sumergida*. Recuperado el 20 de julio de 2016, de Tesis Doctoral.
- Broto, C. (2006). *Enciclopedia Broto de patologías de la construcción*. Barcelona: Structure.
- Burgos Sánchez, M. S. (2012). *Influencia del tipo de curado en la velocidad de carbonatación en vigas de concreto simple expuestas a un medio marino*. Recuperado el 12 de agosto de 2016, de <http://cdigital.uv.mx/handle/123456789/38463>
- Burgos, L. (2009). *Evaluación de las condiciones físicas, químicas y microbiológicas de las aguas en un tramo del estero salado El Muerto*. Recuperado el 26 de julio de 2016, de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/15807/1/DR.%20L%20UIS%20BURGOS%20-%20INOCAR.pdf>
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Página web oficial de la Asamblea Nacional*. Obtenido de http://www.asambleanacional.gov.ec/documentos/constitucion_de_bolsillo.pdf

DINCYP. (2010). *Informe de Fiscalización de obra: Mantenimiento del Muelle No2 y sus 03 Dolphins*. Fiscalización de Contrato, ARMADA DEL ECUADOR, Guayaquil.

Falabella, M. T. (2006). *Cíclico, Preventivo Y Constante/Cyclical, Preventive and Constant: El Mantenimiento Edificio Y Su Relación Con La Patología Constructiva*. Recuperado el 31 de julio de 2016, de https://books.google.com.ec/books?hl=en&lr=&id=imGoRjd119MC&oi=fnd&pg=PA10&dq=info:_30dWLI-MBAJ:scholar.google.com&ots=JrU-zmRK_K&sig=0AE8sP5WYzHsdywoVyIXvLCq6Yw&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

Galán García, I. (2011). *Carbonatación del hormigón: combinación de CO2 con las fases hidratadas del cemento y frente de cambio de PH*. Recuperado el 15 de agosto de 2016, de <http://eprints.ucm.es/14424/1/T33374.pdf>

González Armijos, J. R., & Peña Estrella, J. J. (enero de 2003). *Inspección y diagnóstico de corrosión en estructuras de hormigón armado para aplicaciones portuarias*. Recuperado el 30 de julio de 2016, de <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/4702>

Google Earth. (13 de junio de 2016).

Montani, R. (diciembre de 2000). *La Carbonatación, Enemigo olvidado del Concreto*. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. *Revista Construcción y Tecnología. México*. Recuperado el 15 de agosto de 2016, de <http://www.imcyc.com/revista/2000/dic2000/carbonatacion.htm>

Moreno Briones, S. H. (2010). *DETERMINACIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN Y PENETRACIÓN DE CLORUROS MEDIANTE EXPERIMENTACIÓN EMPLEANDO PROCESOS DE DIFUSIÓN*

- TÉRMICA EN VARIOS DISEÑOS DE HORMIGÓN*. Recuperado el 12 de agosto de 2016, de www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/90624/D-65987.pdf
- NEC. (2015). *ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO, CÓDIGO NEC - SE - HM*. QUITO: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.
- Pacheco Quintana, G. A. (2013). *Estructuración de una guía metodológica para la inspección, diagnóstico y mantenimiento de los muelles de puertos a partir del caso muelles del puerto de Guayaquil*. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/482>
- Pérez Méndez, L. R. (2010). *Vida útil Residual de Estructuras de Hormigón Armado afectadas por corrosión*. Recuperado el 25 de agosto de 2016, de http://oa.upm.es/5753/1/TESIS_MASTER_LETICIA_RAFAELINA_PEREZ_MENDEZ.pdf.
- Rendón Belmonte, M., Torres Acosta, A. A., Del Valle Moreno, A., Pérez Quiroz, J. T., Lomelí González, G., & Martínez Madrid, M. (2013). *Evaluación de estructuras de concreto reforzado en México, muelles*. Recuperado el 24 de julio de 2016, de <http://www.omniascience.com/monographs/index.php/monograficos/articulo/view/65>
- Santiago Hurtado, G. (2010). *Determinación del Nivel de Corrosión y Perfil de Carbonatación en Vigas de Concreto Reforzado con 3 años de Exposición al Medio Ambiente de la Cd. de Xalapa, Ver.* Recuperado el 12 de agosto de 2016, de <http://cdigital.uv.mx/handle/123456789/30539>
- SÍSMICA Ingenieros Consultores. (Abril de 2004). Estudio para la Reparación de los Muelles 1,2,3,4,5A,5B,6,7,8,9 y 10 del Área Operativa de la Base Naval de Guayaquil. Guayaquil, Guayas, Ecuador.

Y.A. Villagrán Zaccardi, A. D. (junio de 2010). *"Deficiencias Constructivas como Causa de Corrosión en Estructura de Hormigón Armado Ubicada en Ambiente Marino"*. (U.T.N., Ed.) Recuperado el 25 de julio de 2016, de VI CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE PATOLOGÍA Y RECUPERACIÓN DE ESTRUCTURAS 2010: http://www.edutecne.utn.edu.ar/cinpar_2010/Topico%201/CINPAR%2008.pdf

Anexos

ANEXO A. Uno

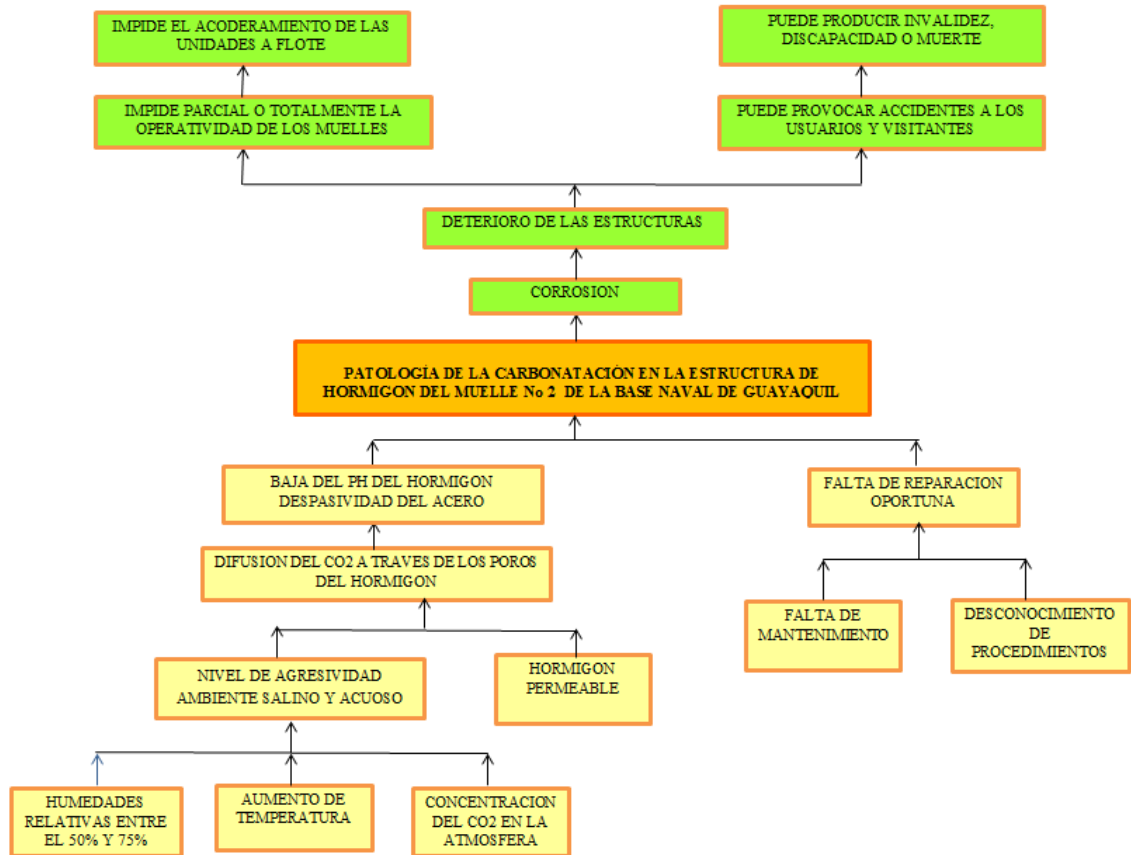


Figura 1 Árbol de Problemas

Elaborado por: Ing. Maritza Cruz Coronel



Figura 2. Ubicación Muelle No 2 BASUIL
Fuente: (Google Earth, 2016)

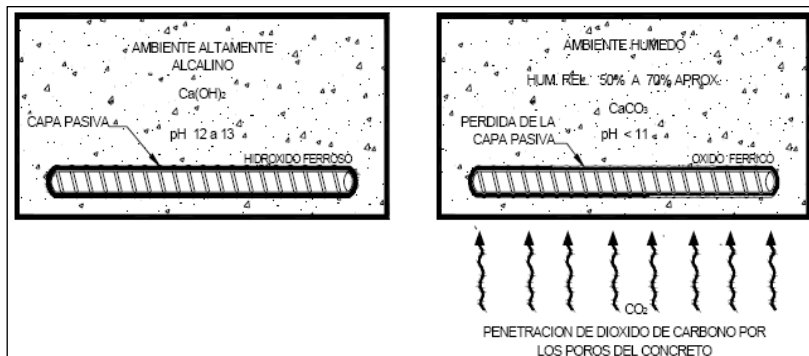


Figura 3: Proceso de Carbonatación del concreto con acero de refuerzo
Fuente:(Burgos Sánchez, 2012)

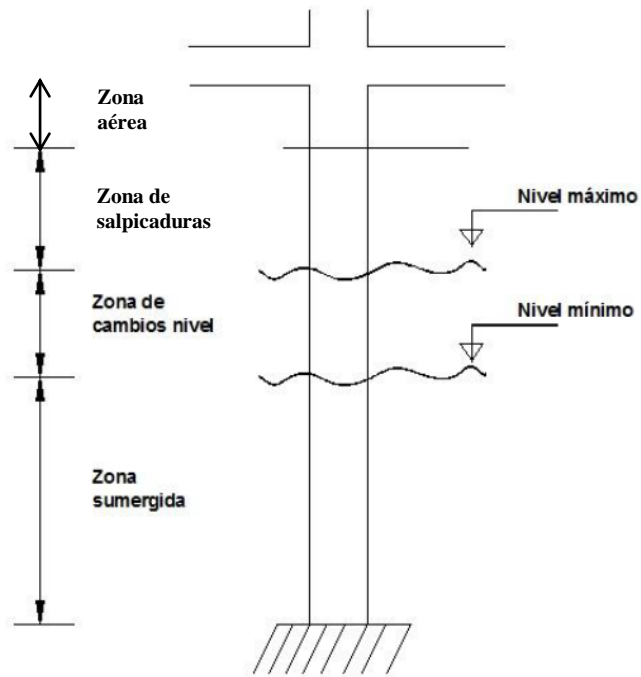


Figura 4: Zonas de niveles de agua en los pilotes
Fuente: (Bermúdez Odriozola, 2007)
Elaborado por: Ing. Maritza Cruz C.

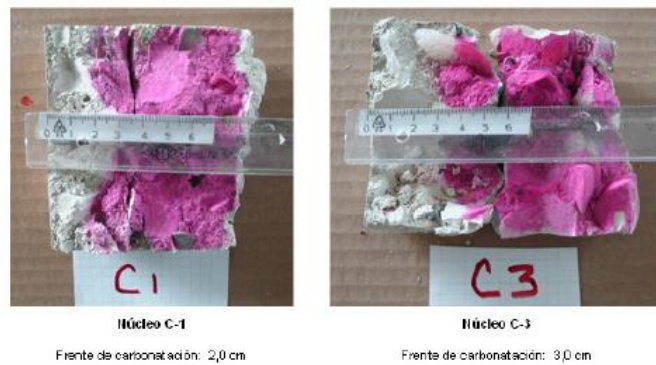


Figura 5: Perfil de carbonatación
Fuente: (Rendón Belmonte, y otros, 2013)

ANEXO B. Dos

PATOLOGÍA	TIPO	CAUSA	EFFECTO
	INNATA O CONGENITA	COMPONENTES DEL HORMIGÓN SIN CUMPLIR REQUISITOS DE NORMAS	PERMEABILIDAD BAJA RESISTENCIA SEGREGACIÓN SANGRADO FISURAS
		FABRICACIÓN Y EJECUCIÓN SIN CONTROL DE CALIDAD	
	PRODUCIDA A LO LARGO DE SU VIDA ÚTIL	INFLUENCIA DEL AMBIENTE: BAJA, MEDIA, ALTA AGRESIVIDAD	BAJA DE SU PH DESPASIVACIÓN DEL ACERO
POR ACCIÓN DE AGENTES EXTERNOS: FÍSICOS QUÍMICOS BIOLÓGICOS		CARBONATACIÓN CORROSIÓN GRIETAS EXPANSIÓN DEGRADACIÓN DESPRENDIMIENTOS	
POR DEFECTO O DETERIORO DEL ACERO: OXIDACIÓN PREVIO ARMADO			
PRODUCIDA POR ACCIDENTES O IMPREVISTOS	POR AGENTES MECÁNICOS COMO: IMPACTOS MOVIMIENTOS SOBRECARGAS	GRIETAS DESPRENDIMIENTOS DESGASTES	

Tabla 1: Clasificación de la Patologías en el Hormigón sus causas y efectos

Fuente: (Broto, 2006)

Elaborado por: Ing. Maritza Cruz C.

	PH	Temperatura °C	Salinidad UPS	HUMEDAD RELATIVA
Flujo	7,97	26,70	23,20	75%
Reflujo	7,93	25,74	24,12	

Tabla 3: Características físicas del agua del estero del Muerto en Guayaquil

Fuente:(Burgos, 2009) INOCAR

Elaborado por: Ing. Maritza Cruz C.

MUELLE	TIPO DE EMBARCACIÓN	ESLORA	MANGA	CALADO	DESPLAZAMIENTO (A PLENA CARGA)
		(m)	(m)	(m)	(Ton.)
No 2	Corbetas	62,30	9,30	2,90	680,00

Tabla 4: Características de las unidades a flote que acoderan en el muelle No 2

Fuente: CODESC Armada del Ecuador

MEMORIA FOTOGRÁFICA



Foto 1: Vista aérea de ubicación de los diez muelles del área operativa de la Base Naval Guayaquil

Fuente: (Google Earth, 2016)



Foto 2: Viga de muelle No 1 con acero expuesto y desprendimiento del hormigón

Nótese que la corrosión es uniforme por lo tanto es producida por la carbonatación del hormigón.

Fuente: (SÍSMICA Ingenieros Consultores, 2004)



Foto 3: Plataforma del dolphin del muelle No 2.
Presenta desprendimiento del hormigón y algunos de los pilotes se encuentran fisurados.
Fuente: (SÍSMICA Ingenieros Consultores, 2004)



Foto 4: Pilote del dolphin del muelle 2
El acero de los estribos y recubrimiento ya no existen.
Fuente: (SÍSMICA Ingenieros Consultores, 2004)



Foto 5: Pilote del muelle No 5

Está agrietado y presenta acero expuesto y corroído con desprendimiento del hormigón.

Fuente: (SÍSMICA Ingenieros Consultores, 2004)



Foto 6: Losa del muelle No 2

El acero de refuerzo de la losa se encuentra expuesto y oxidado en las zonas perimetrales y en la unión con la pasarela de acceso.

Fuente: (SÍSMICA Ingenieros Consultores, 2004)



Foto 7: Limpieza, delimitación del área a reparar y eliminación de recubrimientos
Fuente: (DINCYP, 2010)



Foto 8: Prueba para determinar la carbonatación en pilote.
Aplicando al hormigón del pilote el reactivo de fenolftaleína
para verificar haber llegado al hormigón sano.
Fuente: (DINCYP, 2010)



Foto 9: Pintado de varillas de acero con inhibidor de corrosión
Fuente: (DINCYP, 2010)



Foto 10: Se realiza limpieza abrasiva en el pilote
Fuente: (DINCYP, 2010)



Foto 11: Pintada de la superficie sana del hormigón con adhesivo epóxico para unir hormigón fresco y endurecido.

Fuente: (DINCYP, 2010)



Foto 12: Encofrado del pilote para fundir con mortero expansivo más árido (grout)

Fuente:(DINCYP, 2010)



Foto 13: Prueba de carbonatación con fenolftaleína en viga.

En la viga a reparar se elimina el hormigón hasta dejar 2,5 cm de separación entre varilla y hormigón, se verifica aplicando fenolftaleína que el hormigón no esté carbonatado.

Fuente: (DINCYP, 2010)



Foto 14: Prueba de carbonatación con fenolftaleína en losa de dolphin.

En la losa del dolphin a reparar se elimina el hormigón hasta dejar 2,5 cm de separación entre varilla y hormigón, se verifica aplicando fenolftaleína que el hormigón no esté carbonatado.

Fuente: (DINCYP, 2010)



Foto 15: Armado y fundición de sobre losa de 10 cm con conectores y malla $f'c=35$ Mpa.

Fuente: (DINCYP, 2010)



Foto 16: Aplicación tipo pintura de recubrimiento a base de resina epóxica
Fuente: (DINCYP, 2010)



Foto 17: El muelle pintado con recubrimiento a base de resina epóxica
Fuente: (DINCYP, 2010)



Foto 18: Reacción leve en prueba de Carbonatación con fenolftaleína en pilote.
Fuente: Ensayos realizados por INGEOMAT S.A. 15-08-2016



Foto 19: Reacción leve en prueba de Carbonatación con fenolftaleína en losa.

Fuente: Ensayos realizados por INGEOMAT S.A. 15-08-2016



Foto 20: Reacción positiva a la fenolftaleína en un pilote

Fuente: Pruebas y Ensayos realizados por INGEOMAT S.A. 15-08-2016



Foto 21: Prueba con el martillo esclerométrico en pilote
Fuente: Pruebas y Ensayos realizados por INGEOMAT S.A. 15-08-2016



Foto 22: Prueba de Ultrasonido en pilote
Fuente: Pruebas y Ensayos realizados por INGEOMAT S.A. 15-08-2016



Foto 23: Estado actual de vigas muelle No 2 BASUIL

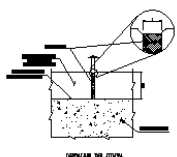
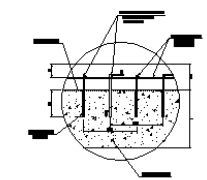
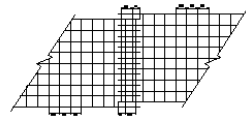
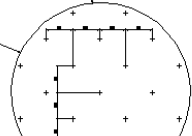
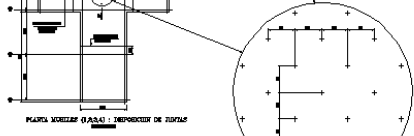
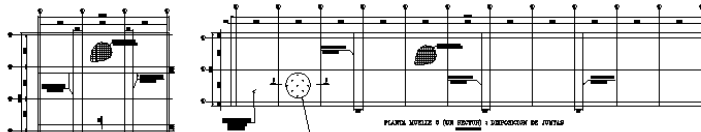


**Foto 24: Estado actual de losa muelle No 2
Presenta desgaste con acero expuesto**



Foto 25: Estado actual de Pilotes muelle No 2

REFORMAMIENTO DEL TABLERO DE LOS MUELLES: 1-2-3-4-5-6
CONCRETO DE CEMENTO AJUSTADO A LA SUPERFICIE ACTUAL



DETALLE 1-2
 Ubicación de la colocación de concreto
 al tablero existente

- UNIDAD DE LA MUESTRA PARA LA SUPERFICIA DE CONCRETO**
- Contenido de cemento: 320 kg/m³
 - Contenido de arena: 600 kg/m³
 - Adición de microsilica: 5% del peso de cemento (16 kg/m³)
 - Agua suficiente colocada en sitio para obtener un asentamiento de 2 ± 10 cm.
 - Tamaño máximo del agregado grueso: 15 mm
 - Resistencia característica a compresión 25 MPa a los 28 días, medida con probetas de 150 x 300 mm en curado normal.

- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO**
- CONCRETOS EN CORRE**
 Una vez realizada la medición de la estructura por el punto 10 se procederá a la colocación de los concretos de serie 1-5. Para ello las concretas se elaborarán con espesores de 100 mm de espesor y de 15 días de curado.
 Una vez realizadas las perforaciones y limpieza de agujeros con aire comprimido se colocarán los concretos que serán dados por medio de un método especial para evitar.
 - ACABADO DE LA SUPERFICIE**
 A continuación se procederá al acabado y pulido de toda la superficie de los muelles y se colocará pintura con aire comprimido.
 - APLICACIONES DE AGUJERO DE BOMBARDEO FREIO A BOMBARDEO FREIO**
 Después del tratamiento de la superficie se aplicará un acabado especial en hormigón fresco y se curará. La aplicación se hará con brocha a mano.
 - SUPERFICIA DE BOMBARDEO**
 Una vez se determine una ligadura se procederá a colocar el hormigón fresco de la sobrecarga. Si el concreto se ha asentado se procederá a aplicar una segunda aplicación sobre la misma y se continuará con el proceso previo.
 - VERIFICADO**
 Para obtener una superficie totalmente de concreto a base de un instrumento manual, para esto se utilizará espátula de cerda plástica.
 - CURADO**
 Inmediatamente después del acabado se aplicará una mezcla de un litro de agua por litro de concreto, se hará en forma regular. Luego de realizado la cura de agua (ver disposición de agua) se procederá a colocar un plástico que se mantendrá por un periodo mínimo de siete (7) días.

CANTIDAD DE MATERIALES / m²

Hormigón 25 MPa: 0.10 m³/m²
 Malla electrodinámica 1.00 m²/m²
 Colorante: 0.20 kg/m²

COMPOSICION TYPICAL

Materiales (m ³)	Hormigón (m ³)	Malla (m ²)	Colorante (kg)
1	0.10	1.00	0.20
2	0.10	1.00	0.20
3	0.10	1.00	0.20
4	0.10	1.00	0.20
5	0.10	1.00	0.20
TOTAL	0.50 m³	5.00 m²	1.00 kg



ANEXO E. Cinco

Informe de Roturas

DE: Ing. Cesar A. Tabarez Cabrera
Asesor Técnico de Aditec Ecuatoriana
 Para: Ing. Nelson Aguilar Peñaloza
 Fecha: 17 de Septiembre del 2010

El día viernes 17 de septiembre del 2010 se procedió a romper cubos de ADITEC GROUT y los resultados fueron los siguientes:

Elemento	Días de Rotura	Edad	Resistencia (Kg/cm ²)
1- Pilote#2(D2)	11 de agosto	14	345
2- Pilote#2(D1)	12 de agosto	14	362
3- Pilote#4(D3)	13 de agosto	14	356
4- Pilote#1(D3)	13 de agosto	14	341
5- Pilote#6(D3)	16 de agosto	14	348
6- Pilote#6(D2)	17 de agosto	14	370
7- Pilote#6(D1)	18 de agosto	14	361
8- Pilote#3(D1)	19 de agosto	14	358

Informe #2
 ... planilla #2 DOLPHINS

Elemento	Día de Toma	Días de Rotura	Edad	Resistencia (Kg/cm ²)
1-Dolphins 2	17 de agosto	14 de sept.	28	386
2-Dolphins 1	19 de agosto	16 de sept.	28	375
3-dolphins 3	20 de agosto	17 de sept.	28	390

Roturas de Cubos de Vigas

Elemento	Día de Toma	Días de Rotura	Edad	Resistencia (Kg/cm ²)
1-Tramo 1 - 2	25 de agosto	14 de sept.	20	370
2-Tramo 3 - 4	27 de agosto	10 de sept.	14	367
3-Tramo 5 - 6 - 7	30 de agosto	14 de sept.	14	353

Los valores aquí mencionados fueron obtenidos en nuestro laboratorio y bajo las normas vigentes



Ing. Cesar A. Tabarez
 Asesor Técnico de Aditec Ecuatoriana

GUAYAQUIL: Km. 4 1/2, Av. Juan Tanco Moreano, Calle 3ra. • TELÉFONOS: (04) 226 2187 - 225 4021 • CASILLA: 09-01-10857
 E-MAIL: servicio@aditec-ec.com
 QUITO: Tadeo Benítez DE 1 - 942 y Vicente Duque • TELÉFONOS: (02) 242 9552 - 280 6774
 CUENCA: Av. de Los Américas y Daniel Alvarado • TELÉFONO: (07) 284 1590

INGEOMAT S.A.

SUELOS - GEOTÉCNIA
& MATERIALES

Garzota Mz. 135 V. 16 - Tel. 5038360- 0998282897 - 0994340172

Módulos Elásticos - Estáticos y Dinámicos de Elementos de Concreto - Esclerometría

Proyecto: EVALUACION ESTRUCTURAL EN ELEMENTOS DE HORMIGON ARMADO UBICADOS EN EL MUELLE #2 BASUIL

Elementos a Prueba:

Método: Ultrasonido - Esclerómetro - No destructivo.

Normas utilizadas: ASTM.C.-597 y ASTM.C.-805; ASTM-D1293

Fecha: AGOSTO DEL 2016

ELEMENTO	Distancia m.	TIEMPO ULTRASONICO			Tiempo Ultrasonido - - (µs)	Velocidad Ultrasonido - (Km/s)	Módulo Elástico Dinámico - - kgf/cm ²	Resistencia a Probable f'c=(E/1500 0) - kgf/cm ²	TOMA DE ESCLEROMET RIA			Resistencia a Probable f'c = kgf/cm ²	Observaciones (Reacción a la fenolftaleína)
PILOTE DEL DOLFIN	0.42	106.10	106.40	106.10	106.2	3.91	275262	337	48	48	46	376	LEVE
PILOTE DE DEFENSA	0.36	81.50	81.30	81.40	81.4	4.42	311530	431	48	48	46	376	POSITIVO
VIGA PERIMETRAL MUELLE #2 LADO IZQUIERDO	0.22	72.40	72.10	72.00	72.2	2.98	209857	196	48	48	50	402	LEVE
LOSA DE MUELLE # 2	0.45	96.20	96.50	96.10	96.3	4.67	323275	482	48	48	48	431	LEVE
PILOTE # 3 DE MUELLE # 2	0.30	77.70	77.50	77.10	77.4	3.87	272908	331	42	42	42	313	POSITIVO
PILOTE # 4 DE MUELLE # 2	0.32	100.50	100.50	100.70	100.6	3.18	224139	223	42	42	42	313	POSITIVO
PILOTE # 5 DE MUELLE # 2	0.26	53.10	53.00	53.60	53.2	4.88	344042	526	42	42	42	313	LEVE

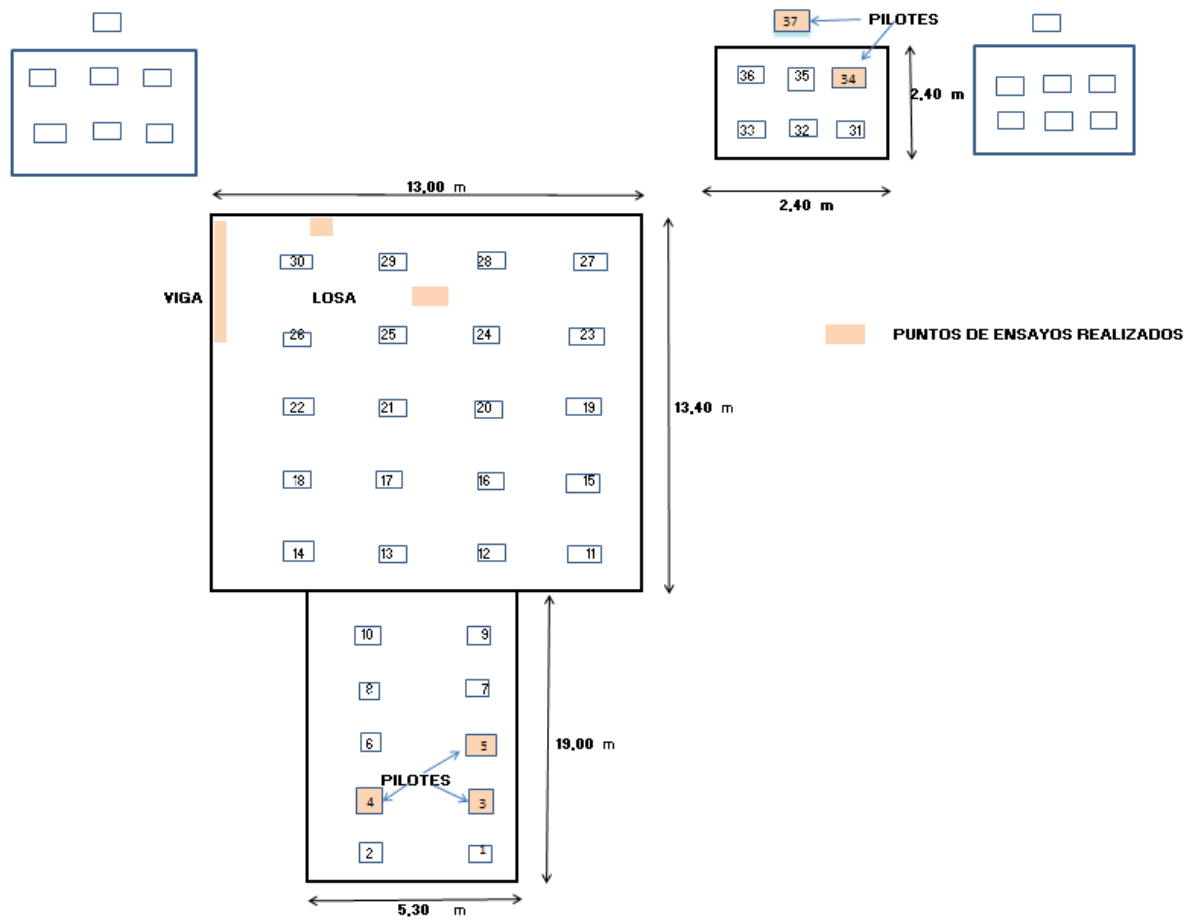
Modulo Elástico Promedio: 281002 kgf/cm² 2526 2524

Resistencia Probable Promedio PUNDIT: 361 kgf/cm²

Resistencia Probable Promedio ESCL.: 361 kgf/cm²

Ing. Msc. Vicente De Paúl León Toledo

CROQUIS CON UBICACIÓN DE PUNTOS DE PRUEBAS Y ENSAYOS



MUELLE No 2 Y SUS TRES DOLPHINS. BASUIL

ANEXO G. Siete

GUÍA DE ENTREVISTA

1.- ¿Cree que usted que la carbonatación es una causa que incide fuertemente en la oxidación del acero y la disminución de la vida útil de la estructura del muelle?

¿Por qué?

2.- ¿Cuáles deben ser los procedimientos más idóneos para disminuir los efectos de la carbonatación en el hormigón del muelle?

3.- ¿Cuál es la importancia de los materiales de reparación que deben ser utilizados en las reparaciones en las estructuras de los muelles?

4.- Entre los años 2004 y 2010 se realizaron las reparaciones de todos los muelles del área operativa en la Base Naval de Guayaquil. Desde esa fecha ¿han recibido alguna clase de mantenimiento sus estructuras de hormigón?

ANEXO H. Ocho

Lineamientos Técnicos

Para emitir los lineamientos técnicos para detectar, detener y eliminar esta patología debemos indicar que a partir de la prueba con el reactivo de la fenolftaleína en los elementos estructurales de hormigón del muelle, se pueden establecer las siguientes situaciones:

Caso 1

En el caso de que recién se inicie el proceso de carbonatación en los elementos estructurales de hormigón del muelle, se procederá como lo indicado en la propuesta de este estudio, dándole protección al hormigón.

Caso 2

Cuando la profundidad de carbonatación ya ha alcanzado el recubrimiento pero sin llegar al acero será necesario eliminar la parte carbonatada y luego rellenar con morteros de altas resistencias físicas y mecánicas a base de polímeros acrílicos modificados y polvo cementoso gris con arenas de granulometría seleccionada y refuerzo sintético. Para este caso, a continuación se detallará la reparación en pilotes, vigas y losa.

Pilotes

El presente procedimiento será aplicado para la reparación de desprendimientos superficiales del hormigón en las caras de los pilotes, en la parte ubicada en la zona de rompimiento del oleaje y de salpicadura.

Procedimiento

1. Colocar andamio, plataforma u otros elementos, que permitan la permanencia del personal involucrado en los trabajos, de una manera segura. Estas plataformas servirán además para acumular los escombros producidos por las demoliciones y retiro de hormigón dañado, de tal forma que no caigan al estero. Se podrá asegurar o arriostrar los andamios en los pilotes vecinos o en el mismo pilote que se trabaja. Adicionalmente puede requerirse la restricción total de la circulación y colocación de carga sobre la losa del muelle en el área de aportación hacia el pilote. Todos estos

requerimientos serán revisados y debidamente autorizados por la Supervisión, y/o Administración.

2. Antes de proceder a la picada, se hará el reconocimiento del tipo de reparación y determinación de la longitud de corte del mismo. Se deberá sujetar una especie de collarín preferentemente metálico alrededor del pilote en una zona que no se encuentre fisurado para seguridad y apoyo de los demás elementos como vigas o cabezales.
3. Limpiar el área, eliminando polvo, organismos adheridos y otros elementos que dificulten la observación detallada del sitio. Cubrir el área cuyos trabajos de revisión puedan concluir dentro del mismo día. Se utilizará detergentes, cepillos, plásticos o metálicos, espátulas metálicas o medios mecánicos como agua a presión o chorro de arena.
4. Identificar la porción de hormigón que se encuentra suelta o en mal estado, incluyendo la existencia de desprendimientos incipientes, en las cuatro caras del pilote.
5. Una vez delimitada el área dañada, generar la forma regular mediante los cortes con sierra (6mm mínimo desde la parte más sobresaliente del daño). En lo posible, para marcar la forma regular y tomar todas las mediciones requeridas para ajuste de cantidades de materiales, una vez ejecutadas las cuatro caras del pilote.
6. Utilizando herramientas manuales o mecánicos de bajo impacto, se eliminará todo el concreto en el mal estado, dejando una superficie rugosa con exposición del agregado grueso. Se eliminará toda partícula suelta, hasta llegar al concreto sano para lo cual se hará la prueba con el reactivo de la fenolftaleína.
7. Limpiar la superficie rugosa eliminando todo vestigio de polvo, grasa, químicos, etc. que puedan influir en la calidad de la unión con el mortero a colocar. Se utilizará agua a presión, hidro-arenado o sandblasting, cepillos manuales y químicos removedores apropiados. El proceso de limpieza debe ser realizado de tal forma que no afecte la rugosidad de la superficie. La colocación del mortero en los pilotes se hará inmediatamente antes de la subida de marea.

8. Luego de la limpieza aplicar sobre toda la superficie de hormigón mediante brocha, rodillo o aspersión manual un inhibidor de corrosión migratorio a base de carboxilatos de amina. (ver recomendaciones del fabricante)
9. Aplicar un epóxico adhesivo entre hormigón fresco y hormigón endurecido que cumpla con las normas ASTM C- 881 Tipo II, grado 2, clase B y C y con especificaciones AASHTO M-235. Proceder a la colocación en capas no menor de 40 mm del mortero sin contracción, de secado rápido, preparado con materiales con polímeros acrílicos modificados y con granulometría específica que permita alcanzar altas resistencias a la compresión, a los 28 días. El tiempo máximo para aplicación de la capa siguiente será de 20 minutos contados desde que se concluya con la capa anterior. En caso de que el fraguado de la capa previa se haya iniciado, se deberá esperar suficiente tiempo para que este se complete y aplicar un epóxico adhesivo entre hormigón fresco y hormigón ya endurecido, antes de la aplicación de capas sucesivas. Se deberá seguir todas las recomendaciones de la hoja técnica del fabricante.
10. Inmediatamente después del desencofrado, se procederá al curado mediante la aplicación de curador químico preparado en base a emulsiones de parafina, que forme una película impermeable al agua y al aire, en el concreto.
11. Se procederá a la remoción de encofrados y estructuras temporales de soporte que hayan sido ancladas en los pilotes.

Vigas

El presente procedimiento será aplicado para la reparación de desprendimientos superficiales del hormigón en las caras laterales e inferiores de las vigas.

Procedimiento

1. Colocar andamio, plataforma u otros elementos, que permitan la permanencia del personal involucrado en los trabajos, de una manera segura. Estas plataformas servirán además para acumular los escombros

producidos por las demoliciones y retiro de hormigón dañado, de tal forma que no caigan al estero.

2. Limpiar el área, eliminando polvo y otros elementos que dificulten la observación detallada del sitio. Cubrir el área cuyos trabajos de revisión puedan concluir dentro del mismo día. Se utilizará detergentes, cepillos plásticos o metálicos o medios mecánicos como agua a presión a chorro de arena.
3. Una vez delimitada el área dañada, marcar una forma regular y tomar todas las mediciones requeridas para ajuste de cantidades de materiales se ejecutarán las tres caras de la viga.
4. Proceder al corte con sierra, con disco de diamante, llegando a una profundidad máxima de 20mm.
5. Utilizando herramientas manuales o equipos mecánicos de bajo impacto, se eliminara todo el concreto en mal estado, dejando una superficie rugosa con exposición del agregado grueso. Se eliminará toda partícula suelta, hasta llegar al concreto sano, lo que se verificará mediante la prueba con fenolftaleína en la superficie del hormigón.
6. Apuntalar el tramo de viga en el que se trabaja, transmitiendo su descarga directamente a los pilotes o al suelo. Restringir la circulación vehicular y peatonal así como la disposición de cargas vivas temporales sobre la losa, en la zona de influencia al tramo de viga en que se trabaja.
7. Limpiar la superficie rugosa eliminando todo vestigio de polvo, grasa, químicos, etc., que puedan influir en la calidad de la unión con el nuevo mortero a colocar. Se utilizara agua a presión, cepillos manuales y químicos removedores apropiados. El proceso de limpieza debe ser realizado de tal forma que no afecte la rugosidad de la superficie.
8. Luego de la limpieza aplicar sobre toda la superficie de hormigón mediante brocha, rodillo o aspersión manual un inhibidor de corrosión migratorio a base de carboxilatos de amina. (ver recomendaciones del fabricante).
9. Aplicar un epóxico adhesivo entre hormigón fresco y hormigón endurecido que cumpla con las normas ASTM C- 881 Tipo II, grado 2, clase B y C y con especificaciones AASHTO M-235. La superficie existente preferiblemente estará ligeramente húmeda, sin empozamientos. Se usará

un producto epóxico cuyo tiempo de reacción sea tal que, permita las labores de fundición antes de haber secado. Al respecto se seguirá las recomendaciones de la hoja técnica del fabricante.

10. Colocar el encofrado metálico o de playwood, removible, apuntándolo contra los pilotes vecinos o asegurándolo en la porción en buen estado de la misma viga.
11. Proceder al relleno de la superficie con mortero para la reparación, preparado con polímeros acrílicos modificados y con granulometría específica que permita alcanzar alta resistencia a la compresión y a la flexión a los 28 días. Se podrá aplicar el producto en capas no menores de 40 mm. El tiempo máximo para aplicación de la capa siguiente será de 20 minutos contados desde que se concluya con la capa anterior. En caso de que el fraguado de la capa previa se haya iniciado, se deberá esperar suficiente tiempo para que este se complete y aplicar un epóxico adhesivo entre hormigón fresco y hormigón ya endurecido, antes de la aplicación de capas sucesivas. Se deberá seguir todas las recomendaciones de la hoja técnica del fabricante.
12. Proceder al retiro del encofrado luego de la 72 horas de la fundición.
13. Una vez desencofrado se procederá al curado mediante la aplicación de curador químico preparado en base a emulsiones de parafina, que formen una película impermeable al agua y al aire, en el concreto.
14. Se procederá a la remoción de encofrados y estructuras temporales de soporte que hayan sido ancladas en los pilotes.
15. Trabajando desde balsas aseguradas, se procederá inmediatamente a rellenar cualquier agujero que se haya practicado en el pilote para soporte del encofrado. Se utilizará mortero expansivo, sin contracción de alta resistencia. Dependiendo del tamaño del agujero se podrá preparar el mortero incluyéndole agregado grueso de tamaño máximo de 12 mm. en un porcentaje no mayor al 25% del peso. De cualquier forma se deberá garantizar que no quede oquedades en la fundición. Se aplicará el mismo curador indicado en el numeral anterior.

Losas

El presente procedimiento será aplicado para la reparación de desprendimientos superficiales del hormigón en las caras superior o inferior de las losas.

Se entenderá por desprendimientos superficiales a la pérdida o daño del hormigón que compromete exclusivamente al recubrimiento del elemento (entre 20 mm y 50 mm de profundidad), sin llegar a involucrar al acero de refuerzo principal.

Procedimiento en cara superior:

1. Colocar andamio, plataforma u otros elementos, que permitan la permanencia del personal involucrado en los trabajos, de una manera segura. Estas plataformas servirán además para acumular los escombros producidos por las demoliciones y retiro de hormigón dañado, de tal forma que no caigan al estero.
2. Limpiar el área eliminando polvo y otros elementos que dificulten la observación detallada del sitio. Cubrir el área cuyos trabajos de revisión puedan concluir dentro del mismo día. Se utilizará detergentes, cepillos plásticos o metálicos o medios mecánicos como agua a presión o chorro de arena.
3. Determinar la porción de hormigón que se encuentra suelta o en mal estado, evaluando el sonido obtenido al aplicar golpes ligeros en su superficie.
4. Una vez delimitada el área dañada, dar el sobre ancho de 6mm mínimo desde la parte más sobresaliente del daño para obtener una forma regular. Marcar la forma regular y tomar todas las mediciones requeridas para ajuste de cantidades de materiales.
5. Proceder al corte con sierra, con disco de diamante, llegando a una profundidad máxima de 20 mm.
6. Utilizando herramientas manuales o equipos mecánicos de bajo impacto, se eliminará todo el concreto en mal estado, dejando una superficie rugosa con exposición del agregado grueso. Se hará la prueba con el reactivo de la fenolftaleína para verificar que se ha llegado al concreto sano.
7. Limpiar la superficie rugosa eliminando todo vestigio de polvo, grasa, químicos, etc. que puedan influir en la calidad de la unión con el nuevo

hormigón a colocar. Se utilizará agua a presión, cepillos manuales y químicos removedores apropiados. El proceso de limpieza debe ser realizado de tal forma que no afecte la rugosidad de la superficie.

8. Luego de la limpieza aplicar sobre toda la superficie de hormigón mediante brocha, rodillo o aspersion manual un inhibidor de corrosión migratorio a base de carboxilatos de amina. (ver recomendaciones del fabricante)
9. Aplicar un epóxico adhesivo entre hormigón fresco y hormigón ya endurecido que cumpla con las normas ASTM C-881 Tipo II, grado 2, clase B y C y con la especificación AASHTO M-235. La superficie existente preferiblemente estará ligeramente humedad sin empozamientos. Se usará un producto epóxico cuyo tiempo de reacción sea tal que permita las labores de fundición antes de haber secado. Al respecto se seguirá las recomendaciones de la hoja técnica del fabricante.
10. Proceder al relleno de la superficie con mortero para reparación, preparado con polímeros acrílicos modificados y con granulometría específica que permita alcanzar alta resistencia a la compresión y a la flexión, a los 28 días. El producto será aplicado en capas sucesivas de espesor máximo de 40 mm. cada una. El tiempo máximo para aplicación de la capa siguiente será de 20 minutos contados desde que se concluya con la capa anterior. En caso de que el fraguado de la capa previa se haya iniciado, se deberá esperar suficiente tiempo para que éste se complete y repetir el numeral 9 antes de la aplicación de capas sucesivas. Se deberá seguir todas las recomendaciones de la hoja técnica del fabricante.
11. Proceder al curado de la superficie. Si esta superficie es de acabado final, se aplicará un curador químico en base a emulsiones de parafina que forme una película impermeable al agua y al aire, en el concreto. Si sobre la superficie se va a colocar hormigón o algún otro tratamiento, se procederá al curado manual por un mínimo de tres días. Para el efecto se coloca yute sobre la superficie y se mantendrá la humedad utilizando agua con características apropiadas para la preparación de hormigones especialmente libre de salinidad.

Procedimiento en cara inferior:

1. Colocar andamios, plataformas u otros elementos, independientes de la influencia de las mareas, que permitan la circulación y permanencia del personal involucrado en los trabajos, de una manera segura. Estas plataformas servirán además para acumular los escombros producidos por las demoliciones y retiro de hormigón dañado, de tal forma que no caigan al estero. Se podrá apuntalar los encofrados en los pilotes del tramo, mediante el uso de equipos apropiados.
2. Ejecutar los pasos 1 a 10 detallados para la reparación de la cara superior de las losas. La consistencia apropiada del producto de relleno, deberá ser obtenida mediante la ejecución de pruebas en el sitio.
3. Una vez concluido el curado y que se haya verificado mediante las pruebas de laboratorio que la resistencia del mortero es correcta, se procederá a la remoción de los sistemas de apoyo de las plataformas utilizadas para la ejecución del trabajo.

Caso 3

Cuando la profundidad de carbonatación ya ha alcanzado el recubrimiento y ya ha llegado al acero será necesario eliminar la parte carbonatada limpiar el acero y reemplazarlo si es necesario luego fundir con hormigón compuesto de morteros de altas resistencias físicas y mecánicas a base de polímeros acrílicos modificados y polvo cementoso gris con arenas de granulometría seleccionada y refuerzo sintético adicionándole piedra como árido grueso. A continuación se detallará la reparación en pilotes, vigas y losa.

Pilotes

El presente procedimiento será aplicado para la reparación de desprendimiento del hormigón en las caras de los pilotes, en la parte ubicada en la zona de rompimiento del oleaje y de salpicadura.

El procedimiento aquí descrito será aplicable a desprendimientos profundos, incluyendo los que han dejado expuesto el acero de refuerzo de los pilotes, aun cuando éste no mantenga su continuidad.

1. Colocar andamio, plataforma u otros elementos, que permitan la permanencia del personal involucrado en los trabajos, de una manera segura. Estas plataformas servirán además para acumular los escombros producidos por las demoliciones y retiro de hormigón dañado, de tal forma que no caigan al estero.
2. Limpiar el área eliminando polvo y otros elementos que dificulten la observación detallada del sitio. Cubrir el área cuyos trabajos de revisión puedan concluir dentro del mismo día. Se utilizará detergentes, cepillos plásticos o metálicos o medios mecánicos como agua a presión o chorro de arena.
3. Identificar la porción de hormigón que se encuentra suelta o en mal estado, incluyendo la existencia de desprendimientos incipientes, en las cuatro caras del pilote.
4. Una vez delimitada el área dañada, generar la forma regular mediante los cortes con sierra (6mm mínimo desde la parte más sobresaliente del daño). En lo posible, para marcar la forma regular y tomar todas las mediciones requeridas para ajuste de cantidades de materiales, una vez ejecutadas las cuatro caras del pilote.
5. Utilizando herramientas manuales o mecánicas de bajo impacto, se eliminará todo el concreto en mal estado, dejando una superficie rugosa con exposición del agregado grueso. Se eliminará toda partícula suelta, hasta llegar al concreto sano para lo cual se hará la prueba con el reactivo de la fenolftaleína. El acero de refuerzo debe permanecer continuo pero debe ser liberado de toda adherencia de hormigón, permitiendo que quede libre un mínimo de 25mm en toda su circunferencia.
6. Limpiar el acero de refuerzo utilizando cepillo metálico y aplicación de desoxidante fosfatizante. La fundición del nuevo hormigón deberá producirse dentro de las 24 horas siguientes a la aplicación del desoxidante, pudiéndose realizar varias aplicaciones de este producto. Una vez limpia la

varilla, medir su diámetro. Se aceptará una pérdida por corrosión no mayor al 25% del diámetro nominal original de varilla. En caso de encontrarse pérdidas mayores, se añadirá nuevas varillas del mismo diámetro nominal original sin cortar las existentes. En caso de encontrarse hierro discontinuo, se procederá a demoler el hormigón hasta descubrir una longitud mínima de 10mm de varilla (de acuerdo al diámetro) para proceder a la soldadura del nuevo hierro, con electrodos E60-11.

7. Limpiar la superficie rugosa eliminando todo vestigio de polvo, grasa, químicos, etc. que puedan influir en la calidad de la unión con el nuevo hormigón a colocar. Se utilizará agua a presión, cepillos manuales y químicos removedores apropiados. El proceso de limpieza debe ser realizado de tal forma que no afecte la rugosidad de la superficie.
8. Luego de la limpieza aplicar sobre toda la superficie de hormigón mediante brocha, rodillo o aspersion manual un inhibidor de corrosión migratorio a base de carboxilatos de amina. (ver recomendaciones del fabricante)
9. Realizar las perforaciones requeridas para la colocación de los pernos que aseguran el encofrado. Se utilizará broca de acero-tungsteno (No usar broca de diamante). Las perforaciones serán autorizadas previamente por la fiscalización o supervisión.
10. Colocar el encofrado para la fundición del nuevo hormigón, incluyendo el sello de caucho en el perímetro del área a reparar. El encofrado será preferiblemente de playwood (en este caso se limitará el número de usos). No se encofrará con otro tipo de materiales. Se aplicará químico desmoldante elaborado en bases a aceites. Se asegurará los moldes en el mismo pilote, utilizando una zona sana de concreto en él.
11. Proceder a la fundición del nuevo hormigón sin contracción, de secado rápido, preparado con materiales con polímeros acrílicos modificados y con granulometría específica que permita alcanzar altas resistencias a la comprensión y a la flexión, a los 28 días, más la adición de agregado grueso de tamaño máximo de 12mm, en un porcentaje no mayor al 25% del peso. La consistencia del producto deberá ser ensayada para permitir la colocación y vibrado y evitar la segregación del agregado grueso. Se deberá seguir

todas las recomendaciones de la hoja técnica del fabricante. Preferiblemente se utilizará vibradores de pared.

12. Se procederá al desencofrado a las 48 horas de la fundición. Para facilitar el curado, solamente se autorizará desencofrar con marea baja, preferiblemente en un momento cercano a la bajamar. Deberán hacerse las pruebas de laboratorio para verificar la resistencia del hormigón.
13. Inmediatamente después del desencofrado, se procederá al curado mediante la aplicación de curador químico preparado en base a emulsiones de parafina, que forme una película impermeable al agua y al aire, en el concreto.
14. Se procederá a la remoción de encofrados y estructuras temporales de soporte que hayan sido ancladas en los pilotes.
15. Trabajando desde balsas aseguradas, se procederá inmediatamente a rellenar cualquier agujero que se haya practicado en el pilote para soporte del encofrado. Se utilizará mortero expansivo, sin contracción, de alta resistencia. Dependiendo de tamaño del agujero se podrá preparar el mortero incluyéndole agregado grueso de tamaño máximo de 12mm en un 30% del peso. De cualquier forma se deberá garantizar que no queden oquedades en la fundición. Se aplicará el mismo curador indicado en el numeral anterior.

Vigas

El presente procedimiento será aplicado para la reparación de desprendimientos mayores a 50 mm y máximo 150 mm del hormigón en las caras laterales e inferiores de las vigas. Con acero de refuerzo expuesto y eventualmente no continuo y con corrosión.

1. Colocar andamio, plataforma u otros elementos, que permitan la permanencia del personal involucrado en los trabajos, de una manera segura. Estas plataformas servirán además para acumular los escombros producidos por las demoliciones y retiro de hormigón dañado, de tal forma que no caigan al estero.

2. Limpiar el área, eliminando polvo y otros elementos que dificulten la observación detallada del sitio. Cubrir el área cuyos trabajos de revisión puedan concluir dentro del mismo día. Se utilizara detergentes, cepillos plásticos o metálicos o medios mecánicos como agua a presión a chorro de arena.
3. Delimitar el área dañada para obtener una forma regular. Marca la forma regular y tomar todas las mediciones requeridas para ajuste de cantidades de materiales. Tomar en cuenta que si presenta discontinuidad del acero longitudinal, debe prepararse el área suficiente para los traslapes (500mm mínimo).
4. Utilizando herramientas manuales o equipos mecánicos de bajo impacto, se eliminará todo el concreto en mal estado, dejando una superficie rugosa con exposición del agregado grueso. Se eliminará toda partícula suelta, hasta llegar al concreto sano para lo cual se hará la prueba con el reactivo de la fenolftaleína.
5. En esta operación el acero de refuerzo debe permanecer continuo pero debe ser liberado de toda adherencia de hormigón, permitiendo que quede libre un mínimo de 25mm en toda su circunferencia.
6. Colocar y fijar el encofrado inferior y lateral que puede ser metálico o de playwood. Cuando los estribos no sean continuos (anillos cerrados), se perforara la losa para pasar a través de ella nuevos estribos. Se utilizara brocas de acero-tungsteno (no usar broca de diamante) para garantizar la continuidad de acero de refuerzo existente.
7. Apuntalar el tramo de viga en el que se trabaja, transfiriendo su descarga directamente a los pilotes o al suelo. Restringir la circulación vehicular y peatonal así como la disposición de cargas vivas temporales sobre la losa, en la zona de influencia al tramo de la viga en que se trabaja.
8. Limpiar el acero de refuerzo utilizando medios abrasivos y luego la aplicación de desoxidante fosfatizante. La fundición del nuevo hormigón deberá producirse dentro de las 48 horas siguientes a la aplicación del desoxidante, pudiéndose realizar varias aplicaciones de este producto. Una vez limpia la varilla, medir su diámetro. Se aceptará una pérdida por corrosión no mayor al 25% de su diámetro original. En caso de pérdidas

mayores, se añadirá nuevas varillas del mismo diámetro nominal original, sin cortar las existentes. En caso de encontrarse hierro discontinuo, se procederá a demoler el hormigón hasta dar suficiente longitud de traslape y colocar nuevas varillas del mismo diámetro nominal original. Limpiar la superficie rugosa eliminando todo vestigio de polvo, grasa químicos, etc. que puedan influir en la calidad de la unión con el nuevo hormigón a colocar. Se utilizará agua a presión, cepillos manuales y químicas removedores apropiados. El proceso de limpieza debe ser realizado de tal forma que no afecte la rugosidad de la superficie.

9. Luego de la limpieza aplicar sobre toda la superficie de hormigón mediante brocha, rodillo o aspersión manual un inhibidor de corrosión migratorio a base de carboxilatos de amina. (ver recomendaciones del fabricante)
10. Aplicar un epóxico adhesivo entre hormigón fresco y hormigón endurecido que cumpla con las normas ASTM C- 881 Tipo II, grado 2, clase B y C y con especificaciones AASHTO M-235. La superficie existe preferiblemente estará ligeramente húmeda, sin empozamientos. Se usará un producto epóxico cuyo tiempo de reacción sea tal que, permita las labores de fundición antes de haber secado. Al respecto se seguirá las recomendaciones de la hoja técnica del fabricante.
11. Colocar el encofrado metálico o de plywood, removible, apuntándolo contra los pilotes vecinos o asegurándolo en la porción en buen estado de la misma viga.
12. Proceder a la fundición del hormigón de reparación, sin contracción, preparado con polímeros acrílicos modificados y con granulometría específica que permita alcanzar altas resistencias a la compresión y a la flexión, a los 28 días, más la adición de agregado grueso de tamaño máximo de 12 mm., en un porcentaje no mayor al 25% del peso se deberá seguir todas las recomendaciones de la hoja técnica del fabricante. Para este caso de reparación el recubrimiento mínimo de la viga será de 7 cm.
13. Todas las vigas deberán tener un aumento mínimo en su recubrimiento de 4 cm para lo cual en las partes laterales e inferiores no afectadas de las vigas se realizará el siguiente procedimiento:

- a. Utilizando herramientas manuales se picará para obtener una superficie áspera que deberá estar libre de grasa, polvo y partes sueltas que puedan dañar su adherencia. Luego se colocará un epóxico adhesivo entre hormigón fresco y hormigón endurecido que cumpla con las normas ASTM C- 881 Tipo II, grado 2, clase B y C y con especificaciones AASHTO M-235. La superficie existente preferiblemente estará ligeramente húmeda, sin empozamientos. Se usará un producto epóxico cuyo tiempo de reacción sea tal que, permita las labores de fundición antes de haber secado. Al respecto se seguirá las recomendaciones de la hoja técnica del fabricante.
 - b. Colocar el encofrado metálico o de plywood, removible, para el llenado de la nueva sección apuntándolo contra los pilotes vecinos o asegurándolo en la porción en buen estado de la misma viga.
 - c. Proceder a la fundición con hormigón de reparación, sin contracción, preparado con polímeros acrílicos modificados y con granulometría específica y especial que permita alcanzar altas resistencias a la compresión y a la flexión, a los 28 días, más la adición de agregado grueso de tamaño máximo de 12 mm., en un porcentaje no mayor al 25% del peso se deberá seguir todas las recomendaciones de la hoja técnica del fabricante.
14. Proceder al retiro del encofrado luego de las 72 horas de la fundición.
 15. Una vez desencofrado, se procederá al curado mediante la aplicación de curador químico preparado en base a emulsiones de parafina, que formen una película impermeable al agua y al aire, en el concreto.
 16. Una vez concluido el curado y que se haya verificado mediante las pruebas de laboratorio que la resistencia del mortero es correcta, se procederá a la remoción de encofrados y estructuras temporales de soporte que hayan sido ancladas en los pilotes.
 17. Trabajando desde balsas aseguradas, se procederá inmediatamente a rellenar cualquier agujero que se haya practicado en el pilote para soporte del encofrado. Se utilizará mortero expansivo, sin contracción de alta resistencia. Dependiendo del tamaño del agujero se podrá preparar el

mortero incluyéndole agregado grueso de tamaño máximo de 12 mm. en un 30% del peso. De cualquier forma se deberá garantizar que no quede oquedades en la fundición. Se aplicará el mismo curador indicado en el numeral anterior.

Losas

El presente procedimiento será aplicado para la reparación de desprendimientos del hormigón en las caras superior o inferior de las losas. Los desprendimientos serán mayores a 50 mm con profundidades máximas a 150 mm con acero de refuerzo expuesto y eventualmente no continuo y con corrosión. No se aplicará este procedimiento cuando el desprendimiento comprometa un espesor igual o mayor a la mitad del peralte del elemento. El hormigón descrito en este rubro, será utilizado también para devolver el recubrimiento y acabado en los elementos que presenten gran desgaste superficial.

1. Colocar andamio, plataforma u otros elementos, que permitan la permanencia del personal involucrado en los trabajos, de una manera segura. Estas plataformas servirán además para acumular los escombros producidos por las demoliciones y retiro de hormigón dañado, de tal forma que no caigan al estero.
2. Limpiar el área, eliminando polvo y otros elementos que dificulten la observación detallada del sitio. Cubrir el área cuyos trabajos de revisión puedan concluir dentro del mismo día. Se utilizara detergentes, cepillos plásticos o metálicos o medios mecánicos como agua a presión a chorro de arena.
3. Una vez delimitada el área dañada, dar el sobre ancho indicado en los detalles (6mm. mínimo desde la parte más sobresaliente del daño) para obtener una forma regular. Marcar la forma regular y tomar todas las mediciones requeridas para ajuste de cantidades de materiales y evaluación del pago. Tratándose de las plataformas de los duques de alba o dolphins, se eliminará todo el recubrimiento de hormigón, hasta dejar el acero de refuerzo expuesto como se indica en el numeral 5.

4. Proceder al corte con sierra, con disco de diamante, llegando a una profundidad máxima de 20 mm. Durante el corte se deberá revisar continuamente si hay presencia de acero de refuerzo superficial, el mismo que en caso de ser cortado, deberá ser reemplazado.
5. Utilizando herramientas manuales o equipos mecánicos de bajo impacto, se eliminará todo el concreto en mal estado, dejando una superficie rugosa con exposición del agregado grueso. Se eliminará toda partícula suelta hasta llegar al concreto sano, lo cual se verificará mediante la prueba con el reactivo de la fenolftaleína sobre la superficie del concreto. El acero de refuerzo debe permanecer continuo pero debe ser liberado de toda adherencia de hormigón permitiendo que quede libre un mínimo de 25 mm. en toda su circunferencia.
6. Limpiar el acero de refuerzo utilizando cepillo metálico y la aplicación de desoxidante fosfatizante. La fundición del nuevo hormigón deberá producirse dentro de las 48 horas siguientes a la aplicación.
7. Limpiar la superficie rugosa eliminando todo vestigio e polvo, grasa químicos, etc. que pueden influir en la calidad de la unión con el nuevo hormigón a colocar. Se utilizará agua a presión, cepillos manuales y químicos removedores apropiados. El proceso de limpieza debe ser realizado de tal forma que no afecte la rugosidad de la superficie.
8. Luego de la limpieza aplicar sobre toda la superficie de hormigón mediante brocha, rodillo o aspersión manual un inhibidor de corrosión migratorio a base de carboxilatos de amina. (ver recomendaciones del fabricante)
9. Para la reparación de las plataformas de los duques de alba, se procederá a colocar encofrados laterales removibles, apoyados sobre estructura apropiadas aseguradas contra los pilotes.
10. Proceder al relleno de la superficie con mortero para reparación, preparado con polímeros acrílicos modificados y con granulometría específica que permita alcanzar altas resistencia a la compresión y a la flexión a los 28 días, más la adición de agregado grueso de tamaño máximo de 12 mm. en un porcentaje no mayor al 25% del peso. Se podrá aplicar el producto en capas no menores de 40 mm., solamente en caso de requerirse. El tiempo máximo para aplicación de la capa siguiente será de 20 minutos contados

desde que se concluya con la capa anterior. En caso de que el fraguado de la capa previa se haya iniciado, se deberá esperar suficiente tiempo para que este se complete un aplicar un epóxico adhesivo entre hormigón fresco y hormigón ya endurecido, antes de la aplicación de capas sucesivas. Se deberá seguir todas las recomendaciones de la hoja técnica del fabricante.

11. Proceder al curado de la superficie. Esta superficie es de acabado final, se aplicara un curador químico preparado en base de emulsiones de parafina, que forme la película impermeable al agua y al aire, en el concreto. Se harán los ensayos de laboratorio para verificar la resistencia del hormigón.

Recomendaciones:

1. Los trabajadores que intervengan deben saber nadar y estar provistos de los equipos de protección personal como: casco, botas antideslizantes, chalecos reflexivos, cinturón de seguridad con línea de vida, mascarilla para polvo, guantes de caucho, tapones para oídos
2. El manipuleo y desecho de productos químicos y sus envases utilizados en este trabajo deberán cumplir con las normativas ambientales vigentes en materia de gestión de residuos.

Urkund Analysis Result

Analysed Document: TESIS EXAMEN COMPLEXIVO ING. MARITZA CRUZ 28agosto16
sin anexos ni caratulas.docx (D21541249)
Submitted: 2016-08-30 02:21:00
Submitted By: maritza-cruz@hotmail.es
Significance: 2 %

Sources included in the report:

G. Zambrano-factores que influyen en la falta de cumplimiento en el programa de mantenimiento de infraestructura de la armada del ecuado.docx (D19439089)
TESIS JHONNY CON APAS 2.docx (D14933811)

Instances where selected sources appear:



6