



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“ANÁLISIS Y METODOLOGÍA DE INTERVENCIÓN EN ESTRUCTURAS
DE HORMIGÓN ARMADO SOMETIDAS A PROCESOS CORROSIVOS, EN
EL CANTÓN SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA”

TRABAJO PRÁCTICO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

Autor:

IVETTE SOLEDAD PANCHANA ZAMBRANO

Tutor:

ING. LUCRECIA MORENO ALCÍVAR, Mg

La Libertad, Ecuador

2020

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CONTRAPÓRTADA

TEMA:

“ANÁLISIS Y METODOLOGÍA DE INTERVENCIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO SOMETIDAS A PROCESOS CORROSIVOS, EN EL CANTÓN SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA”

TRABAJO PRÁCTICO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

Autor:

IVETTE SOLEDAD PANCHANA ZAMBRANO

Tutor:

ING. LUCRECIA MORENO ALCÍVAR, Mg

La Libertad, Ecuador

2020

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo del Componente Práctico, modalidad Examen de Grado de carácter Complexivo, denominado “ANÁLISIS Y METODOLOGÍA DE INTERVENCIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO SOMETIDAS A PROCESOS CORROSIVOS, EN EL CANTÓN SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA”, elaborado por la Srta. PANCHANA ZAMBRANO IVETTE SOLEDAD, me permito declarar que luego de haberla dirigido, estudiado y revisado, la apruebo en su totalidad.

TUTOR (A)



Ing. Lucrecia Moreno Alcívar, Mg.

La Libertad, a los 25 días del mes de septiembre del 2020.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

YO, IVETTE SOLEDAD PANCHANA ZAMBRANO

DECLARO QUE:

El trabajo/ tarea integradora de grado denominado “ANÁLISIS Y METODOLOGÍA DE INTERVENCIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO SOMETIDAS A PROCESOS CORROSIVOS, EN EL CANTÓN SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA” ha sido desarrollada (o) con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las referencias que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico de la tesis y/o proyecto de grado en mención.



PANCHANA ZAMBRANO IVETTE SOLEDAD

AUTOR

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme permitido llegar hasta este momento de mi vida.

A mis padres y a mis abuelos, por su ejemplo de superación, por su comprensión y confianza, por su amor y amistad incondicional, porque sin su apoyo no hubiera sido posible la culminación de mi carrera universitaria, la cual constituye la herencia más valiosa que pudiera recibir.

A mis hermanos. que siempre me acompañan en todos mis sueños y metas.

A mi asesora de tesis por su apoyo y confianza en mi trabajo, por guiar ésta investigación y formar parte de un valioso logro alcanzado.

Este es un momento muy especial que espero perdure en el tiempo, no solo en la mente de las personas a quienes agradecí, sino también a quienes fueron mis maestros durante toda mi carrera universitaria, a ellos así mismo, les agradezco con todo mi ser.

ÍNDICE GENERAL.

PORTADA	
CONTRAPORTADA.....	
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	I
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE GENERAL	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	VI
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE ANEXOS	X
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XI
INTRODUCCIÓN.....	1
UNIDAD I.....	2
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1. Planteamiento del Problema	2
1.2. Justificación de la Investigación.....	3
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. Objetivo General	4
1.3.2. Objetivos Específicos.....	4
UNIDAD II.....	5
2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	5
UNIDAD III	7
3. ANÁLISIS Y METODOLOGÍA DE INTERVENCIÓN EN ESTRUCTURAS SOMETIDAS A PROCESOS CORROSIVOS.....	7
3.1. Características del estudio	7
3.1.1. Tipo de estudio	7
3.1.2. Herramientas de estudio	8
3.1.3. Recolección de Datos	8

3.2.	Datos Generales.....	8
3.3.	Inspección Visual y Diagnóstico Preliminar	13
3.3.1.	Síntomas Caso A	13
3.3.2.	Origen y Causas Caso A.....	16
3.3.3.	Síntomas Caso B	17
3.3.4.	Origen y Causas Caso B.....	20
3.4.	Análisis De Resultados Obtenidos De Ensayos No Destructivos In Situ.....	21
3.4.1.	Esclerometría.....	21
3.4.2.	Resultados de Esclerometría Caso A	22
3.4.3.	Resultados de Esclerometría Caso B.....	23
3.4.4.	Velocidad de Pulso.....	24
3.4.5.	Resultados de Velocidad de pulso Caso A.....	25
3.4.6.	Resultados de Velocidad de Pulso Caso B.....	26
3.5.	Soluciones Proyectadas a los Casos Particulares	30
3.5.1.	Principios y Opciones de Reparación y Rehabilitación	30
3.5.2.	Casos Particulares	32
	CONCLUSIONES.....	34
	RECOMENDACIONES	35
	BIBLIOGRAFÍA	36
	ANEXOS	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Reacciones de Semicelda	5
Tabla 2. Categoría de exposición y sus clases según ACI 318-19.	6
Tabla 3. Valores de Índice de Rebote obtenidos del Ensayo de Esclerometría, Caso A.....	22
Tabla 4. Valores de Índice de Rebote obtenidos del Ensayo de Esclerometría, Caso B	23
Tabla 5. Valores de velocidad de pulso. CASO A	25
Tabla 6. Clasificación de la calidad del hormigón por medio de velocidad de onda según Leslie y Cheesman	26
Tabla 7. Valores de velocidad de pulso. CASO B.....	27
Tabla 8. Carbonatación en función del pH. Indicador fenolftaleína.....	28
Tabla 9. Principios y opciones de reparación y rehabilitación de estructuras de hormigón armado existentes según ACI 222 R	30
Tabla 10. Principios y métodos de reparación de la corrosión de las armaduras según DD ENY 1504-9.....	31

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ficha de Recolección de Datos CASO A	9
Ilustración 2 Ficha de Recolección de Datos CASO B.....	11

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación Satelital de estructura elegida como Caso A.....	9
Figura 2. Vista Frontal Caso A.....	10
Figura 3, Vista Interna Caso A.....	10
Figura 4. Ubicación Satelital de estructura elegida como Caso B, CLUB BALLELENITA	11
Figura 5. Vista en Planta Caso B. Figura 6. Vista Frontal Caso B	12
Figura 7. Vista Interna Lateral. Figura 8. Vista Posterior frente al Mar	12
Figura 9. Conexión Viga de riostra – Columna. Pérdida de hormigón de recubrimiento con acero expuesto afectado por corrosión.	13
Figura 10. Columnas del eje A con desprendimiento excesivo del hormigón de recubrimiento. Viga de Riostra con machas de óxido en las proximidades del acero afectado por corrosión. .	14
Figura 11. Columnas en el eje A y D: a) Fisuras de espesor de 1 a 4 mm b) Gran desconchado del hormigón. c) Armadura expuesta a la intemperie con pérdida de sección por corrosión....	15
Figura 12. Viga superior del eje D. Deterioro moderado de hormigón de recubrimiento. No se aprecia pérdida excesiva de sección de la armadura.	15
Figura 13. Vigas centrales del eje D: a)Cavidades generados por acumulación de áridos y espacios vacíos dentro de la masa del hormigón. b)Deterioro del hormigón de recubrimiento con acero expuesto	16
Figura 14. a) Vista de la fachada posterior ubicada frente al mar. b) Estructura de cimentación expuesta, con importante deterioro del hormigón de recubrimiento y armadura corroída.....	17
Figura 15. a) Vista exterior de muro. Presencia de eflorescencias generalizadas.....	18
Figura 16. Pilares de Cerramiento. Armaduras excesivamente expuestas y con importante pérdida de sección por corrosión. Eflorescencias en la superficie del hormigón en forma de costra blanca.	19
Figura 17. Elementos estructurales de fachada frontal y de áreas de reuniones. Presentan un buen estado en general.....	19
Figura 18. Columnas de áreas de reuniones situadas más cerca de la zona de salpicaduras. Fisuras de hasta 5 mm. Pérdida local de hormigón y pérdida severa de sección de armadura por corrosión.	20
Figura 19. Martillo de Schmidt modelo SH01-007-0702, Laboratorio Ingeotop S.A.	21

Figura 20. Pundit PL -200. Laboratorio Ingeotop S.A.....	24
Figura 21 Disposición de los transductores (1) Transmisión Directa, (2) Transmisión semidirecta, (3) Transmisión indirecta	24
Figura 22. Gráfico de velocidades de onda. Caso A: 1) Columna B3. 2) Columna B5	25
Figura 23. Gráfico de velocidades de onda. Caso A: 1) Columna 1. 2) Columna 2. 3) Columna 3	27
Figura 24. Hormigón carbonatado Caso A.....	29
Figura 25. Hormigón carbonatado Caso B	29

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ficha de Recolección de Datos.....	39
Anexo 2. Índice de Rebote Col. B3, CASO A.....	39
Anexo 3. Índice de Rebote Col. B5, CASO A.....	40
Anexo 4. Índice de Rebote Col. 1, CASO B.....	41
Anexo 5. Índice de Rebote Col. 2, CASO B.....	42
Anexo 6. Índice de Rebote Col. 3, CASO B.....	43
Anexo 7. Velocidad de pulso columnas CASO A.....	44
Anexo 8. Velocidad de pulso columnas CASO B.....	45
Anexo 9. Determinación de la Resistencia CASO B.....	46
Anexo 10. Ensayo de Carbonatación Caso A.....	47
Anexo 11. Ensayo de Carbonatación Caso A.....	48

RESUMEN

La presente investigación se enmarca dentro del análisis de las causas y consecuencias que origina la corrosión en estructuras de hormigón armado expuestas a ambientes agresivos, así como la metodología de intervención en que se incluyen apartados específicos con fines normativos sobre las medidas necesarias que se deben adoptar para garantizar la durabilidad del hormigón de la estructura. Para poder realizar un amplio análisis de cómo afecta el fenómeno de corrosión en las propiedades del hormigón de los elementos estructurales, se eligieron dos estructuras modelo de la provincia de Santa Elena. Para éstos fines la metodología contempla una inspección visual técnica y diagnóstico preliminar que permitió determinar si la corrosión es la causa primaria, secundaria o razón no trascendente en los mecanismos de daño de la estructura de estudio. Para ello se utilizan criterios sobre las manifestaciones que correlacionan directamente con el fenómeno de corrosión, como: fisuración y agrietamiento, delaminación, descascaramiento, humedad y manchas de oxidación. A partir del método científico se realizó un muestreo que permitió establecer experimentalmente en base a ensayos no destructivos in situ, relaciones con enfoque probabilístico sobre el deterioro actual de la estructura, analizada previamente en la inspección visual. Finalmente se identifican las acciones a llevar a cabo para asegurar la servicialidad, controlar la seguridad o para rehabilitar la estructura de los casos particulares y similares. Aunque la naturaleza del trabajo no permite profundizar en algunas de las cuestiones tratadas, se efectúa siempre una aproximación a las mismas, al mismo tiempo que se ofrecen las referencias bibliográficas básicas para un estudio más detallado de la materia.

Palabras clave: *patologías, corrosión en hormigón armado, ambiente agresivo, metodología de intervención.*

ABSTRACT

This research is part of the analysis of the causes and consequences caused by corrosion in reinforced concrete structures exposed to aggressive environments, as well as the intervention methodology that includes specific sections for regulatory purposes on the necessary measures to be adopted. to ensure the durability of the concrete of the structure. In order to carry out a broad analysis of how the corrosion phenomenon affects the concrete properties of the structural elements, two model structures from the province of Santa Elena were chosen. For these purposes, the methodology includes a visual technical inspection and a preliminary diagnosis that made it possible to determine whether corrosion is the primary, secondary or non-transcendent cause in the damage mechanisms of the study structure. For this, criteria are used on the manifestations that are directly correlated with the corrosion phenomenon, such as: cracking and cracking, delamination, peeling, moisture stains and oxidation. Based on the scientific method, a sampling was carried out that allowed to establish experimentally based on non-destructive tests in situ, relationships with a probabilistic approach on the current deterioration of the structure, previously analyzed in the visual inspection. Finally, the actions to be taken to guarantee the service, control security or rehabilitate the structure of particular cases and the like are identified. Although the nature of the work does not allow to delve into some of the topics discussed, an approach is always made to them, at the same time that the basic bibliographic references are offered for a more detailed study of the subject.

Keywords: *pathologies, corrosion in reinforced concrete, aggressive environment, intervention methodology.*

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el fenómeno de corrosión constituye uno de los mayores problemas en las estructuras de hormigón armado a nivel mundial. En nuestro país, sobre todo en las ciudades costeras, el panorama es evidente, cada vez es mayor el número de estructuras de hormigón armado deterioradas o que presentan algún tipo de patología que afecta su servicialidad, seguridad y durabilidad a causa de la corrosión.

El grado de deterioro de una estructura de hormigón armado define la urgencia de intervención y el alcance de la misma, por tanto, la evaluación y el diagnóstico de una estructura existente con problemas corrosivos permitirá definir su estado actual desde el punto de vista mecánico y químico.

El presente estudio inicia con la inspección visual técnica de dos casos particulares de la provincia de Santa Elena, dos estructuras de hormigón armado expuestas a ambientes agresivos que permitieron obtener un diagnóstico preliminar a partir de una observación detallada, posteriormente usando el método científico se eligen elementos específicos para realizar los ensayos no destructivos in situ elegidos para el efecto y que permitieron proyectar de forma probabilística una metodología de intervención adecuada para cada uno de éstos casos y similares.

UNIDAD I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema

La durabilidad de una estructura de hormigón está asociada a su capacidad para soportar las condiciones físicas y químicas a las que está expuesta, cuando se encuentra sometida a diferentes efectos de cargas y solicitaciones durante su vida útil. Los problemas de durabilidad de las estructuras de hormigón armado usualmente inician con el deterioro de los materiales, aunque este deterioro no muestra problemas inmediatos de seguridad, gradualmente crea un peligro potencial para toda la estructura. (Mieles, 2017)

Actualmente, se ha comprobado que la corrosión es uno de los principales factores que afectan la vida útil y resistencia en las estructuras de hormigón. El fenómeno de corrosión de las armaduras tiene tres grandes efectos en el hormigón armado: fisuración y desprendimiento del hormigón por aumento de volumen inicial del acero, pérdida de sección efectiva de la armadura y, finalmente, pérdida de adherencia acero-hormigón, necesaria para una buena transmisión de cargas. (Carvajal & Guzmán, 2005)

Las prescripciones para una estructura deben ser consideradas especialmente de acuerdo al ambiente en el que se encuentra emplazada y la función de la misma. En la provincia de Santa Elena, lo mencionado constituye un tema que no se tiene en cuenta en la mayoría de los casos, muchas veces por falta de control durante el proyecto y construcción, y otras por minimizar la importancia de la durabilidad en el hormigón.

1.2. Justificación de la Investigación

El progresivo deterioro de estructuras que se encuentran expuestas a la acción de los diferentes agentes atmosféricos constituye sin duda alguna un grave problema. En la mayoría de los países, las pérdidas económicas derivadas de la disminución de la durabilidad de las estructuras son cuantiosas, así como las eventuales pérdidas de vidas humanas. Es por ello que éstas estructuras requieren de un constante mantenimiento para conservarse en buen estado. (Echavarría & Ramírez, 2011)

Una comprensión básica de las causas de las deficiencias concretas es esencial para realizar evaluaciones significativas y reparaciones exitosas. Según el ACI 546 R, si se comprende la causa de una deficiencia, es mucho más probable que se seleccione un sistema de reparación adecuado y, en consecuencia, que la reparación sea exitosa y se obtenga la vida máxima de la reparación.

En el presente trabajo de investigación se realizó un análisis de los procesos de corrosión que sufren las estructuras de hormigón armado, así como los desencadenantes de los mismos y la afectación que éstos procesos tienen en la durabilidad de los elementos formados con este material.

El modelo de análisis y metodología de intervención presentado se constituye, por tanto, en una herramienta de soporte para los trabajadores pertenecientes al sector de la construcción, dado que contarán con una metodología básica para el manejo de las exigencias a nivel patológico por corrosión en las estructuras de hormigón permitiéndoles identificar agentes responsables, causas dominantes y posibles soluciones.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Analizar el proceso corrosivo de estructuras existentes de hormigón armado y determinar la metodología de intervención más adecuada para los casos de estudio.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Identificar si la corrosión es la causa primaria, secundaria o si no es razón trascendente en los mecanismos de daño de las estructuras a analizar.
- Determinar el estado actual de las estructuras a partir de la identificación de los síntomas y manifestaciones que se presentan en los elementos de hormigón armado y que se correlacionan directamente con el fenómeno de corrosión.
- Establecer experimentalmente en base a ensayos no destructivos in situ, relaciones con enfoque probabilístico sobre el deterioro actual de la estructura.
- Analizar las posibles acciones a llevar cabo para controlar la servicialidad, seguridad y durabilidad de las estructuras de estudio.

UNIDAD II

2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

Los materiales, tienen una tendencia general a buscar sus formas más estables o de menor energía interna, la corrosión es por tanto un proceso natural que provoca, una transformación de un elemento metálico a un óxido (Pérez, 2015).

La ASTM (G15) define la corrosión como “la reacción química o electroquímica entre un material, generalmente un metal y su medio ambiente, que genera un deterioro del material y sus propiedades”. En estructuras de hormigón armado la corrosión provoca la formación de óxido que tiene de 2 a 4 veces el volumen del acero original, descascaramiento, vacíos en la superficie del refuerzo y en consecuencia la pérdida de sus óptimas propiedades mecánicas. (Stuardo Pérez, 2008)

Según el numeral 2.2.1 del capítulo 2 del ACI 222 R, para que ocurra una reacción electroquímica, en ausencia de una fuente eléctrica externa, debe generarse lo siguiente:

Debe haber dos reacciones de media celda una capaz de producir electrones, la **reacción anódica**, u oxidación del hierro para formar iones ferrosos, y otra la **reacción catódica** que es la reducción de oxígeno para formar iones hidroxilo capaces de consumir electrones. Cuando las dos reacciones ocurren en lugares muy separados, se denominan macrocélulas y cuando se encuentran muy juntos o en el mismo lugar se denominan microcélulas. Pudiéndose producir el tipo de reacción según la disponibilidad de oxígeno y del pH de la solución de poros de la pasta de cemento en las proximidades del acero.

Tabla 1. Reacciones de Semicelda

Reacciones de semicelda anódica	Reacciones de semicelda catódica
$\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{++} + 2\text{e}^{-}$	
$2\text{Fe}^{++} + 4\text{OH}^{-} \rightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_2$	$2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + 4\text{e}^{-} \rightarrow 4(\text{OH})^{-}$
$2\text{Fe}(\text{OH})_2 \rightarrow 1/2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{FeOOH} + \text{H}_2$	$2\text{H}^{+} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{H}_2$
$\text{Fe} + \text{OH}^{-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HFeO}_2^{-} + \text{H}_2$	

Fuente: Mecanismo de corrosión en hormigón armado, ACI 222 R, Cap.2

Elaborado por: Ivette Panchana

El ACI 318-19 en la sección 19.3.1.1, aborda la durabilidad del hormigón sobre la base de las categorías y las clases de exposición, mismas que se basan en la gravedad de la exposición y que se utilizan para establecer las propiedades adecuadas del hormigón.

Tabla 2. Categoría de exposición y sus clases según ACI 318-19.

Categoría	Clase	Condición
Protección contra la corrosión del acero de refuerzo (C)	C0	Hormigón seco o protegido de la humedad
	C1	Hormigón expuesto a la humedad, pero no a una fuente externa de cloruros
	C2	Hormigón expuesto a la humedad y fuente externa de cloruros de productos químicos de deshielo, sal, agua salobre, agua de mar o aerosoles de estas fuentes

Fuente: Tabla 19.3.1.1 de ACI 318-19

Elaborado por: Ivette Panchana

(Echavarría & Ramírez, 2011) expresa lo siguiente:

Un buen diagnóstico se completa con algunas consideraciones sobre las consecuencias del problema en el comportamiento general de la estructura. Generalmente se acostumbra a separar las consideraciones en dos tipos: las que afectan las condiciones de seguridad de la estructura, que son las asociadas al estado límite último y las que componen las condiciones e higiene, estética, confort, etc., es decir, las denominadas condiciones de servicio y funcionamiento de la edificación las cuales están asociadas a los estados límites de utilización. Las correcciones serán las durables, más efectivas, más fáciles de ejecutar y mucho más económicas, si la intervención es ejecutada cuanto antes. (pág. 24)

UNIDAD III

3. ANÁLISIS Y METODOLOGÍA DE INTERVENCIÓN EN ESTRUCTURAS SOMETIDAS A PROCESOS CORROSIVOS.

3.1. Características del estudio

3.1.1. Tipo de estudio

Para un apropiado análisis de las causas y consecuencias que provoca la corrosión en estructuras de hormigón armado, se eligen dos casos particulares de estructuras ubicadas en la costa de la Provincia de Santa Elena, que nos sirven como modelo para determinar los sistemas de intervención más adecuados para cada uno de estos casos.

Puesto que la naturaleza de la investigación es de campo y cualitativa, se optó por una metodología de estudio basado en tres aspectos: Inspección Visual y Diagnóstico preliminar, Análisis de resultados obtenidos de Ensayos no destructivos in situ y Análisis de las soluciones proyectadas a los diferentes casos de estudio.

Dentro de la Inspección Visual se contempla la determinación del fenómeno de corrosión como causa primaria, secundaria o como razón no trascendente en los mecanismos de daño de la estructura de estudio, mediante criterios sobre las manifestaciones que correlacionan directamente con el fenómeno de corrosión, tales como: fisuración y agrietamiento, delaminación y descascaramiento, humedad y manchas de oxidación. Obteniendo así el Diagnóstico Preliminar de las estructuras de estudio. (Argudo, 2020)

Luego a partir del método científico se realiza un muestreo que permitió establecer experimentalmente en base a Ensayos no Destructivos in situ, relaciones con enfoque probabilístico sobre el deterioro actual de la estructura, analizada previamente en la inspección visual. El ACI 318 -19 en el Capítulo 27, contempla como valiosos a los ensayos no destructivos del concreto en obra, principalmente si se realizan para hacer comparaciones dentro de la misma obra, más que como mediciones cuantitativas de resistencia.

Para terminar, se identifican las acciones a llevar a cabo considerando los aspectos de Reparación, Rehabilitación y Sustitución. Se analiza, sobre todo, la posibilidad de la rehabilitación de las estructuras a partir de la reposición del estado original del diseño de los casos particulares y similares, además de las recomendaciones con sustento normativo sobre las medidas necesarias que se deben adoptar para garantizar la durabilidad del hormigón de las estructuras expuestas a ambientes corrosivos.

3.1.2. Herramientas de estudio

Aunque la naturaleza del trabajo no permite profundizar en algunas de las cuestiones tratadas, la metodología presentada contempla una aproximación a las mismas a partir de datos reales apoyados en casos particulares. al mismo tiempo que se ofrecen las referencias bibliográficas básicas para un estudio más detallado de la materia. Así tenemos:

- Herramientas bibliográficas: revistas científicas, libros digitales, guías y tesis.
- Herramientas de campo: fichas de recolección de datos, fotografías, equipos para ensayos del hormigón in situ.

3.1.3. Recolección de Datos


Para la recolección de datos se elaboró una ficha a partir de la Ficha Predial para Relevamiento de Información de Campo elaborada por el Servicio de Gestión Inmobiliaria del Sector Público del Ecuador, y que incluyen los siguientes aspectos:

1. Datos Iniciales: Dirección, Coordenadas Geográficas.
2. Datos Clasificatorios: Localización en Manzana, Uso del Bien Inmueble, Topografía y Grado de Exposición según la agresividad por situación.
3. Datos Constructivos: Área Total, Números de Pisos, Tipo de Cimentación, Elementos de Estructural Vertical, Elementos de Estructura Horizontal.
4. Registro Fotográfico: Fotografías e ilustraciones del estado actual de la estructura.

3.2. Datos Generales

A continuación, se presentan los Datos recolectados para el Caso A y Caso B:

Ilustración 1. Ficha de Recolección de Datos CASO A

FECHA DE INSPECCIÓN: 25-JUNIO-2020					
CÓDIGO DE ESTRUCTURA: CASO A			EDAD: Aprox. 20 años		
DATOS INICIALES					
DIRECCIÓN					
PROVINCIA		CANTÓN		PARROQUIA	
Santa Elena		La Libertad		-	
ZONA		CALLE PRINCIPAL		CALLE SECUNDARIA	
Urbana		Avenida Eleodoro Solórzano		Calle R-1	
COORDENADAS					
LATITUD : 2°13'58.2"S			LONGITUD 80°52'07.0"W		
					
<p>Figura 1: Ubicación Satelital de estructura elegida como Caso A Fuente: Google Earth Elaborado por: Ivette Panchana Zambrano</p>					
DATOS CLASIFICATORIOS					
LOCALIZACIÓN EN MANZANA					
ESQUINERO	EN CABECERA	INTERMEDIO	MANZANERO	TRIANGULAR	INTERIOR
		X			
USO DEL BIEN INMUEBLE					
RESIDENCIAL	COMERCIAL Y DE SERVICIOS	INDUSTRIAL	EQUIPAMIENTO	PRESERVACIÓN PATRIMONIAL	AGRÍCOLA
	X				
TOPOGRAFÍA					
PLANO	SUAVE	MODERADA	FUERTE	MUY FUERTE	ABRUPTA
X					

GRADO DE EXPOSICIÓN / AGRESIVIDAD POR SITUACIÓN:				
ALTITUD	MARINA	RIBERA	ZONA INDUSTRIAL	OTROS
	X			

DATOS CONSTRUCTIVOS				
ÁREA TOTAL	Aprox. 417 m ²			
NÚMERO DE PLANTAS	1			
TIPO DE CIMENTACIÓN				
ZAPATAS AISLADAS Y/O CORRIDAS	MUROS Y/O PANTALLAS DE CONTENCIÓN	PILOTES IN SITU O PREFABRICADOS	LOSA DE CIMENTACIÓN	OTROS
X				
ESTRUCTURA VERTICAL				
COLUMNAS	MUROS DE CONTENCIÓN	MUROS DE CARGA	Otros	
X				
ESTRUCTURA HORIZONTAL				
VIGAS	FORJADOS	LOSAS	OTROS	
X				
REGISTRO FOTOGRÁFICO				



Figura 2. Vista Frontal Caso A

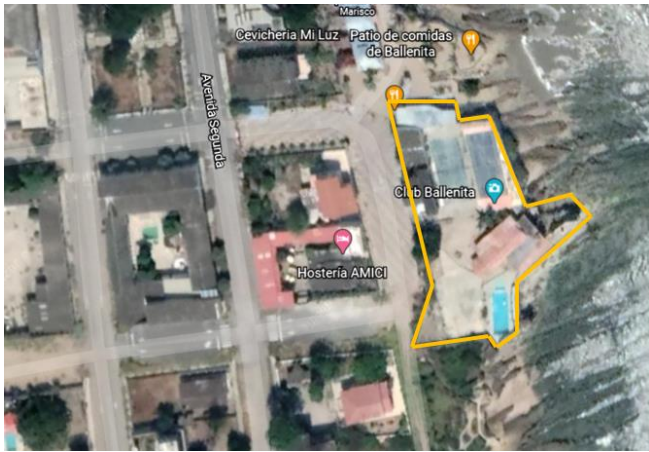


Figura 3, Vista Interna Caso A

Fuente: Ficha Predial para Relevamiento de Información de Campo. (Estado, 2020)

Elaborado por: Ivette Panchana Zambrano

Ilustración 2 Ficha de Recolección de Datos CASO B

FECHA DE INSPECCIÓN: 12 - AGOSTO --2020					
CÓDIGO DE ESTRUCTURA: CASO B			EDAD: Mayor a 40 años		
DATOS INICIALES					
DIRECCIÓN:					
PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA			
Santa Elena	Santa Elena	Ballenita			
ZONA	CALLE PRINCIPAL	CALLE SECUNDARIA			
Urbana	Av. J Leopoldo Carrera Calvo	Av. Segunda			
COORDENADAS					
LATITUD : 2°11'59.6"S			LONGITUD : 80°52'17.2"W		
					
<p>Figura 4. Ubicación Satelital de estructura elegida como Caso B, CLUB BALLENITA Fuente: Google Earth Elaborado por: Ivette Panchana Zambrano</p>					
DATOS CLASIFICATORIOS					
LOCALIZACIÓN EN MANZANA					
ESQUINERO	EN CABECERA	INTERMEDIO	MANZANERO	TRIANGULAR	INTERIOR
			X		
USO DEL BIEN INMUEBLE					
RESIDENCIAL	COMERCIAL Y DE SERVICIOS	INDUSTRIAL	EQUIPAMIENTO	PRESERVACIÓN PATRIMONIAL	AGRÍCOLA
	X				
TOPOGRAFÍA					
PLANO	SUAVE	MODERADA	FUERTE	MUY FUERTE	ABRUPTA
X					
GRADO DE EXPOSICIÓN / AGRESIVIDAD POR SITUACIÓN:					
ALTITUD	MARINA	RIBERA	ZONA INDUSTRIAL	OTROS	
	X				

DATOS CONSTRUCTIVOS				
ÁREA TOTAL	Aprox. 3110 m2			
NÚMERO DE PLANTAS	1			
TIPO DE CIMENTACIÓN				
ZAPATAS AISLADAS Y/O CORRIDAS	MUROS Y/O PANTALLAS DE CONTENCIÓN	PILOTES IN SITU O PREFABRICADOS	LOSA DE CIMENTACIÓN	OTROS
X	x			
ESTRUCTURA VERTICAL				
COLUMNAS	MUROS DE CONTENCIÓN	MUROS DE CARGA		Otros
X	x			
ESTRUCTURA HORIZONTAL				
VIGAS	FORJADOS	LOSAS		OTROS
X	x	x		
REGISTRO FOTOGRÁFICO				
				
<p>Figura 5. Vista en Planta Caso B</p>		<p>Figura 6. Vista Frontal Caso B</p>		
				
<p>Figura 7. Vista Interna Lateral</p>		<p>Figura 8. Vista Posterior frente al Mar</p>		

Fuente: Ficha Predial para Relevamiento de Información de Campo. (Estado, 2020)

Elaborado por: Ivette Panchana Zambrano

3.3. Inspección Visual y Diagnóstico Preliminar

Se efectuó el levantamiento fotográfico y de daños de la condición actual de los elementos que conforman la estructura de la vivienda: cimentación, vigas y columnas.

3.3.1. Síntomas Caso A

La cimentación de la estructura está dada por zapatas aisladas, con riostras que poseen insuficiente hormigón de recubrimiento, se midió un recubrimiento de entre 15 mm y 25 mm. La NEC 15, indica que para asegurar la durabilidad de las riostras de cimentación, ya que estarán en contacto con el suelo, deberá proporcionarse un recubrimiento de al menos 50mm.

Se observa también que el mayor daño se encuentra en las conexiones viga de riostra – columna, existiendo importante pérdida del hormigón de recubrimiento y que ha generado que el acero quede expuesto. En la armadura se evidencia una corrosión uniforme y progresiva además de una reducción del área de la sección transversal, lo que eventualmente podría provocar una falla en la conexión.



Figura 9. Conexión Viga de riostra –Columna. Pérdida de hormigón de recubrimiento con acero expuesto afectado por corrosión.

La estructura de una planta dispone de 28 columnas distribuidas en 4 ejes, A, B, C y D. En todos los ejes se observaron columnas con manifestaciones de: fisuración y grietas de espesor de hasta 4mm, delaminación y desconchado del hormigón y manchas de óxido.

La limitación del ancho de fisura por motivos de durabilidad reflejadas en los códigos, actualmente crea discrepancias entre varios autores. Por un lado, se argumenta que las fisuras

reducen la vida en servicio al acelerar la propagación de la corrosión, sin embargo, para otros autores, para fisuras con anchos menores de 4 mm, la autocicatrización de las fisuras provocada por los depósitos de cal, suciedad y por los propios productos de corrosión, reduce significativamente e incluso anula la permeabilidad de las mismas. (Moreno Fernández, 2008)

Así mismo se observa que las columnas poseen un recubrimiento de 20 a 25mm, valores que resultan insuficientes para aislar a la armadura de la humedad relativa del ambiente en el que se encuentra ubicada. Para tener hormigón durable con acero resistente a corrosión en los sitios con Clase de Exposición C2 y hormigón expuesto a la intemperie, ACI 318 -19 requiere que el recubrimiento de las varillas con diámetro igual o menor a 16 mm sea mayor o igual a 38 mm; y, para varilla de diámetro igual o superior a 18 mm sea mayor o igual a 50 mm.



Figura 10. Columnas del eje A con desprendimiento excesivo del hormigón de recubrimiento. Viga de Riostra con manchas de óxido en las proximidades del acero afectado por corrosión.

Se estima que la formación de sales carbonatadas ha generado el deterioro progresivo del hormigón de recubrimiento, dejando a las armaduras sin protección frente a la corrosión y que han generado finalmente, una pérdida excesiva de sección en el acero de la mayoría de las columnas del Caso A.

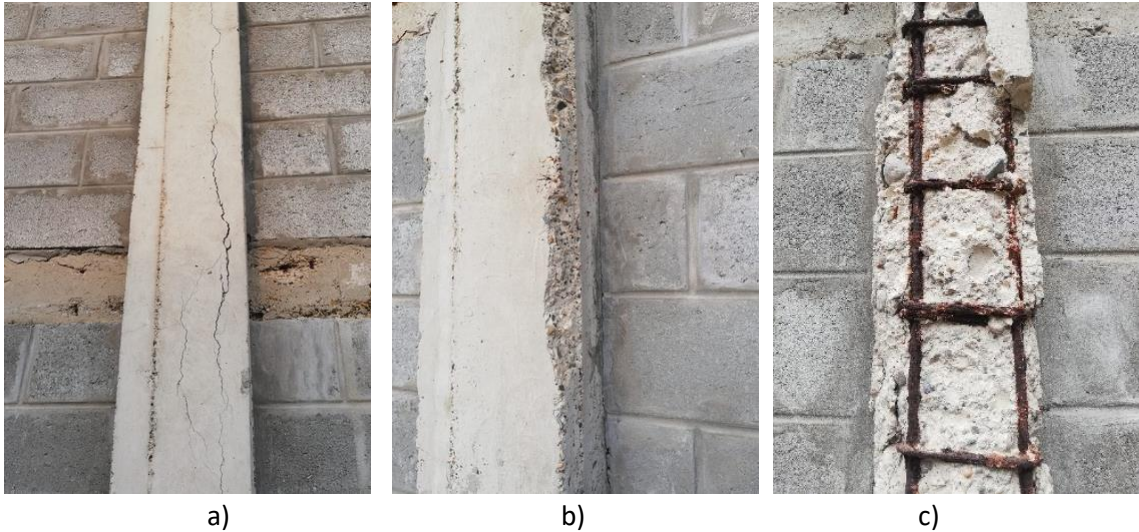


Figura 11. Columnas en el eje A y D: a) Fisuras de espesor de 1 a 4 mm b) Gran desconchado del hormigón. c) Armadura expuesta a la intemperie con pérdida de sección por corrosión.

En las vigas también se evidenció fisuración, agrietamiento, manchas de óxido, manchas de humedad, delaminación y desconchado del hormigón. Sin embargo, no se aprecia una pérdida excesiva de sección de las armaduras expuestas y que han sido afectadas por corrosión.



Figura 12. Viga superior del eje D. Deterioro moderado de hormigón de recubrimiento. No se aprecia pérdida excesiva de sección de la armadura.

También se observa la presencia de nidos de piedra y cavidades, generados a partir de la acumulación de áridos y espacios vacíos en la superficie y dentro de la masa del hormigón que afecta el monolitismo del elemento.

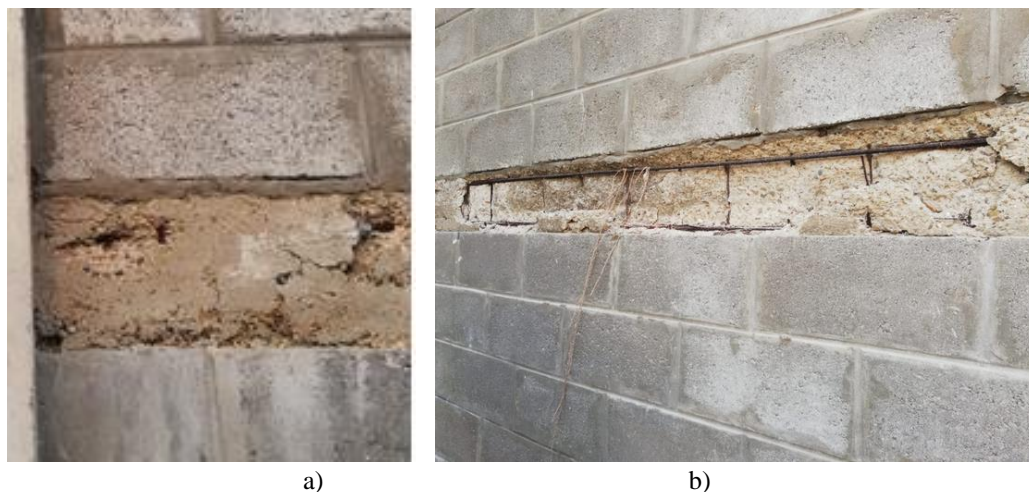


Figura 13. Vigas centrales del eje D: a) Cavidades generados por acumulación de áridos y espacios vacíos dentro de la masa del hormigón. b) Deterioro del hormigón de recubrimiento con acero expuesto.

3.3.2. Origen y Causas Caso A

En efecto, para el caso A, todas las manifestaciones descritas anteriormente correlacionan de forma directa con la corrosión, lo que reafirma que ésta ha sido causa principal del deterioro de este caso particular.

Es importante destacar que el tipo de corrosión que ha afectado a ésta estructura es de tipo generalizada, la cual se encuentra en periodo de propagación. En la atmósfera, el oxígeno y la humedad en el aire son comúnmente responsables de corrosión generalizadas por la regularidad del clima, sobre todo en ambientes salinos. Este tipo de corrosión se produce como un proceso que abarca a todo el metal que sufre el efecto corrosivo de forma homogénea y en toda su superficie, dando lugar a la formación de herrumbre con un incremento importante de volumen que se traduce en fuertes tensiones en el hormigón. (Pérez, 2015)

Las posibles causas que han generado estos efectos son:

- Insuficientes espesores de recubrimientos
- Falta de acabados que protejan a los elementos de la corrosión.
- Alta Humedad Relativa en el ambiente
- Hormigones de poca compacidad que implica porosidad elevada y bajas resistencias,
- Hormigones con bajo contenido de cemento que implica insuficiente alcalinidad y por lo tanto menor protección natural ante la carbonatación.

- Exposición a la acción de la sal contenida en el aire.
- Defectos derivados de compactaciones inadecuadas y mal encontrado.

3.3.3. Síntomas Caso B

Puesto que la estructura del caso B está dada por muros portantes la cimentación se concibe a partir de zapatas corridas o losa de cimentación. Aquí se puede observar que la estructura de cimentación se encuentra expuesta a la intemperie, esto debido a socavaciones producto de la erosión marina.

Esto ha ocasionado que el elemento tenga una pérdida importante de hormigón de recubrimiento y que el acero se encuentre expuesto. Se observa también productos de corrosión y pérdida de sección en el acero, lo cual, eventualmente puede comprometer la capacidad portante de la estructura.

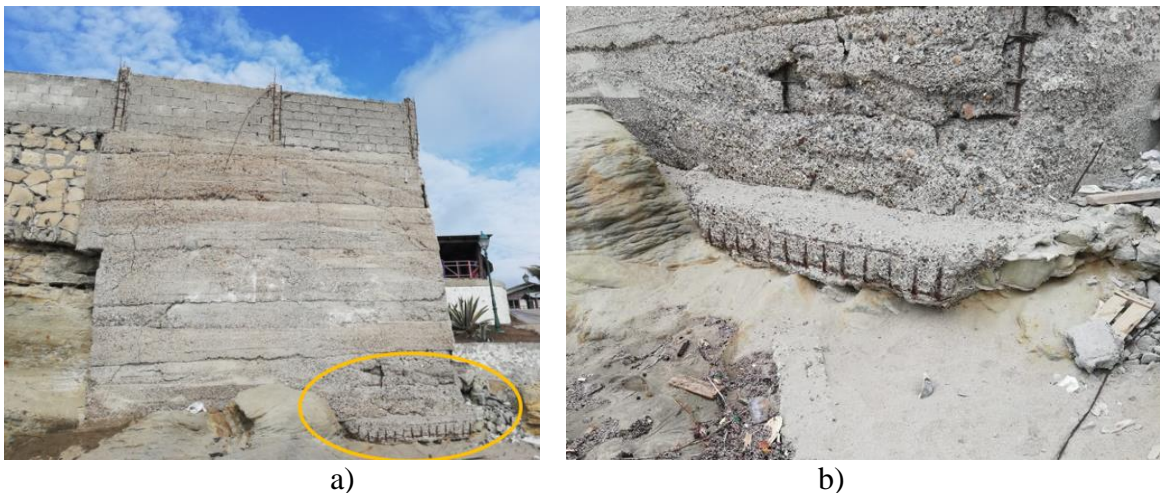


Figura 14. a) Vista de la fachada posterior ubicada frente al mar. b) Estructura de cimentación expuesta, con importante deterioro del hormigón de recubrimiento y armadura corroída

Se conoce que, en ambientes salinos las estructuras de hormigón armado son más propensas a sufrir corrosión acelerada por cloruros. En este medio, con ayuda de la humedad superficial del ambiente, el sodio aporta iones cloruros que una vez disueltos en la solución acuosa, pueden permear y penetrar por el hormigón hasta alcanzar la posición de la varilla, lo que produce una oxidación acelerada que forma compuestos más avanzados y más severos que los de la corrosión uniforme y generalizada. Éstos compuestos forman más rápido y en mayor volumen, productos

que contienen al hierro como son los cloruros y que finalmente generan un conjunto de esfuerzos de tensión que van a terminar fisurando, agrietando y delaminando al hormigón. (Argudo, 2020)

En los muros portantes se observan eflorescencias, éstas consisten en el depósito de sales que son lixiviadas fuera del hormigón, las que se cristalizan luego de la evaporación del agua que las transportó o por la interacción con el dióxido de carbono de la atmósfera. Entre las sales típicas podemos citar los sulfatos y carbonatos de sodio, potasio o calcio. (Aguirre, 2015)

Las eflorescencias surgen cuando el agua puede filtra a través del material o cuando la cara expuesta sufre procesos de humedecimiento y secado continuos que en el proceso acarrear sales que luego se cristalizan en la superficie. Este efecto ha sido posible en la estructura B, dado que se encuentra ubicado en una zona de salpicaduras.



Figura 15. a) Vista exterior de muro. Presencia de eflorescencias generalizadas. Cavidades a lo largo del muro. b) Pérdida importante de sección en la armadura

Las columnas y vigas de cerramiento de ésta estructuran que están ubicadas frente al mar, son los elementos de hormigón armado que presentan peor estado en la edificación, debido a la corrosión de las armaduras que ha provocado en muchos puntos. Entre los daños se encuentran: delaminación del hormigón con acero expuesto y pérdida de sección en la armadura.



Figura 16. Pilares de Cerramiento. Armaduras excesivamente expuestas y con importante pérdida de sección por corrosión. Eflorescencias en la superficie del hormigón en forma de costra blanca.

Las columnas y vigas que conforman la fachada frontal, ubicadas de forma opuesta al mar, al igual que la mayoría de las columnas de las áreas de reuniones, presentan un buen estado general. Sin embargo, las columnas y vigas de éstas áreas que se encuentran más cercanas a la zona de salpicaduras poseen grietas hasta de 5 mm y en otros casos pérdida local del hormigón del elemento que han dejado a la armadura expuesta.



Figura 17. Elementos estructurales de fachada frontal y de áreas de reuniones. Presentan un buen estado en general.

El mayor deterioro en estas áreas se encuentra en la parte inferior de las columnas. En estas zonas la pérdida de sección en las armaduras es severa debido a la pérdida en mayor volumen del hormigón que conforma el elemento. La presencia de eflorescencias también es un efecto que se muestran en las columnas de estas áreas.



Figura 18. Columnas de áreas de reuniones situadas más cerca de la zona de salpicaduras. Fisuras de hasta 5 mm. Pérdida local de hormigón y pérdida severa de sección de armadura por corrosión.

Además de la agresividad por exposición a ambiente marino, el recubrimiento insuficiente en estos elementos es también una causa de su deterioro, puesto que se las columnas y vigas de cerramiento poseen 25mm de hormigón de recubrimiento, que al igual que en el CASO A, no cubre lo que solicita el ACI 318-19 sobre hormigones de clase C1 y C2.

Un mayor espesor del recubrimiento ofrece mayor protección pasiva del hormigón frente a la carbonatación y retarda la difusión de cloruros desde la superficie del hormigón hasta la profundidad del refuerzo de acero.

3.3.4. Origen y Causas Caso B

En efecto, para el caso B, todas las manifestaciones descritas anteriormente correlacionan de forma directa con la corrosión, lo que reafirma que ésta ha sido causa principal del deterioro de este caso particular.

Se estima para este caso que la corrosión ha sido inducida por los iones cloruro, tema que se presenta en nuestro país en estructuras expuestas al medio marino. Los iones cloruro están presentes en el agua de mar, pero es posible que también los transporte el viento de la brisa marina a la zona costera y los deposite en las estructuras de hormigón armado cercanas a la línea de mar. Otra fuente de cloruros es en el agua de amasado y en los aditivos, lo cual aumenta el alto riesgo de corrosión. (Angélica del Valle Moreno, 2001)

Las posibles causas que han generado el diagnóstico para el Caso B son los siguientes:

- Insuficientes espesores de recubrimientos,
- Hormigones con bajo contenido de cemento que implica baja alcalinidad.
- Zonas expuestas a salpicaduras por acción del mar
- Ciclos húmedos y secos por agresividad del ambiente.

3.4. Análisis De Resultados Obtenidos De Ensayos No Destructivos In Situ

Los ensayos no destructivos del concreto en obra, tales como: martillo de rebote (esclerómetro) y velocidad de pulso ultrasónico, pueden ser útiles para determinar si una porción de la estructura realmente contiene o no concreto de baja resistencia. El ACI 318-19 asegura que, dichos ensayos son valiosos principalmente si se realizan para hacer comparaciones dentro de la misma obra, más que como mediciones cuantitativas de resistencia.

Es así, que los resultados obtenidos de los ensayos se usaron para formar comparaciones dentro de las mismas estructuras en conjunto con el análisis realizado en la inspección visual. Los ensayos elegidos para este trabajo son: Número de Rebote o Martillo de Schmidt bajo la norma ASTM C 805 y Velocidad de pulso a través del Hormigón con la norma ASTM C 597-16 .

3.4.1. Esclerometría

Este método de ensayo permite obtener el número de rebote del hormigón endurecido usando un martillo de impacto. Las aplicaciones de este método, considerando sus limitaciones, permite tener acceso a la uniformidad del hormigón, acceso a zonas de la estructura de pobre calidad o deteriorada y estimar la resistencia in situ del hormigón. Para este último parámetro de resistencia a la compresión la norma ASTM C-805 indica que los resultados obtenidos con esclerómetros deben comprobarse con extracción de núcleos. (Realpe, 2016)



Figura 19. Martillo de Schmidt modelo SH01-007-0702, Laboratorio Ingeotop S.A.

3.4.2. Resultados de Esclerometría Caso A

Se eligen dos Columnas del Eje C para la ejecución del ensayo. Se eligieron estas columnas con el objetivo de evaluar las cualidades del hormigón que lo conforma, debido a que fueron las que presentaron menor daño por corrosión en la inspección visual.

Primero se procede a hacer uso del Wall Scanner para determinar la ubicación y el espaciamiento entre las barras que conforman la columna. Inmediatamente, se marca el área en el que se harán las 10 lecturas del esclerómetro y según procedimiento ASTM C 805 se procede con el ensayo. Se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 3. Valores de Índice de Rebote obtenidos del Ensayo de Esclerometría, Caso A

Parámetro	Columnas	
	B-3	B-5
Lecturas de Índice de Rebote	20.5	20.5
	18.5	18.5
	16.0	16.0
	17.0	17.0
	21.5	21.5
	15.0	15.0
	16.0	16.0
	22.0	22.0
	15.0	15.0
	18.0	18.0
MEDIA (ÍNDICE DE REBOTE)	18.1	18.0
RESISTENCIA (kg/cm²)	-	-
Desviación Estándar	1.8	2.6
Mediciones Inválidas	-	-

Elaborado por: Ivette Panchana

En el Caso A, el equipo no proporcionó valores de resistencia debido a que son valores muy bajos. Tanto en la columna B3 como en la columna B5, los valores de número de rebote son similares e indican una condición bastante deteriorada.

3.4.3. Resultados de Esclerometría Caso B

Para este caso se eligen 3 de las columnas de las áreas de reuniones, que de acuerdo con los resultados de la inspección visual resultaron tener un buen estado. Se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 4. Valores de Índice de Rebote obtenidos del Ensayo de Esclerometría, Caso B

Parámetro	Columnas		
	C1	C2	C3
Lecturas de Índice de Rebote	55.0	48.0	49.5
	53.0	43.0	49.5
	60.0	46.5	54.5
	57.0	41.0	44.0
	53.5	43.5	49.0
	50.0	44.5	55.0
	50.5	36.0	45.0
	56.5	44.5	45.0
	57.0	45.0	43.5
	52.5	47.5	48.0
MEDIA (ÍNDICE DE REBOTE)	54.5	44.8	46.7
RESISTENCIA (kg/cm^2)	155	95	105
Factor de Forma	80%	80%	80%
Factor de Carbonatación	0.50	0.50	0.50
Desviación Estándar	3.2	2.2	2.4
Mediciones Inválidas	-	1 (10%)	2 (20%)

Elaborado por: Ivette Panchana

Los valores del número de rebote obtenidos para el Caso B fueron significativamente más altos que los obtenidos para el caso A, lo que indica que poseen resistencias más altas, pero no necesariamente las más convenientes. Las columnas obtuvieron resistencias de $155 kg/cm^2$, $95 kg/cm^2$ y $105 kg/cm^2$ respectivamente.

3.4.4. Velocidad de Pulso

Este ensayo nos permite determinar la velocidad de propagación de la onda longitudinal a través del hormigón mediante pulso ultrasónico bajo la norma ASTM C 597-16. Un pulsor envía una señal de corta duración y alto voltaje a un transmisor, transductor electro-acústico, causando que este vibre a su frecuencia de resonancia. (Realpe, 2016)

Entre las aplicaciones se encuentra la determinación de la uniformidad del hormigón de un elemento en específico o entre miembros y nos permite establecer una correlación de la velocidad de pulso y la resistencia como medida de la calidad del concreto. A medida que el concreto madura o se deteriora, ocurren cambios en sus propiedades los cuales se ven reflejados en un incremento o disminución de la velocidad de pulso, respectivamente. (González Luis, 2014)



Figura 20. Pundit PL -200. Laboratorio Ingeotop S.A.

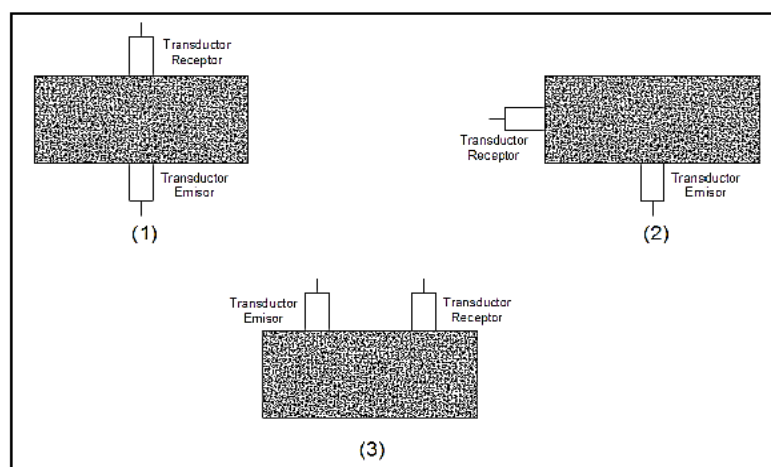


Figura 21 Disposición de los transductores (1) Transmisión Directa, (2) Transmisión semidirecta, (3) Transmisión indirecta

Fuente: “Manual del Concreto Estructural”, (Joaquín Porrero S, 2009)

3.4.5. Resultados de Velocidad de pulso Caso A

Para las columnas B3 y B5 de la estructura A, la determinación de la velocidad de pulso ultrasónico se realiza de forma directa, la cual consiste en colocar los transductores en caras perpendicularmente opuestas entre sí. Cabe recalcar que la exactitud de determinación de la velocidad es gobernada principalmente por la exactitud de la medición de longitud de la trayectoria. (González Luis, 2014)

Según procedimiento ASTM C 597-16 se realiza el ensayo y se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 5. Valores de velocidad de pulso. CASO A

Date	Columna	Probe. Freq.	Pulse Voltage	Distance (m)	Pulse Velocity m/s
25/06/2020	Col B3	54 kHz	400 V	0.250	908
25/06/2020	Col B5	54 kHz	400 V	0.250	974

Elaborado por: Ivette Panchana Zambrano

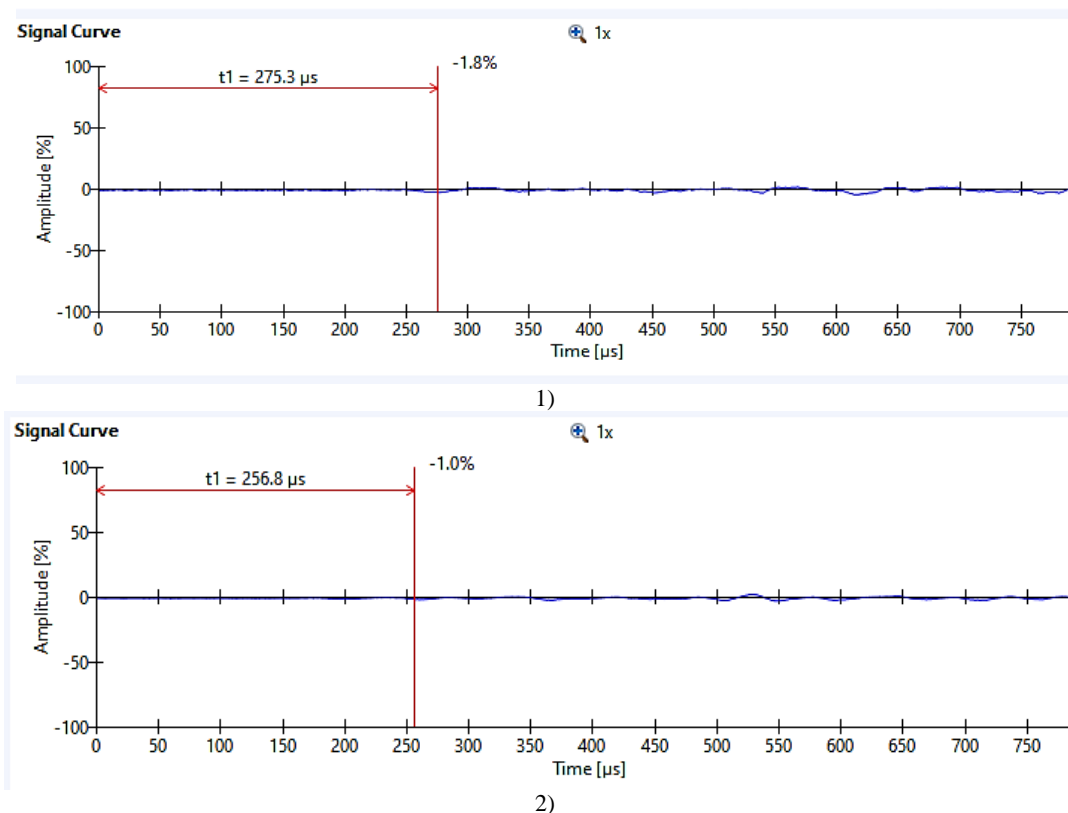


Figura 22. Gráfico de velocidades de onda. Caso A: 1) Columna B3. 2) Columna B5

De acuerdo al análisis realizado para cada columna se determina que el hormigón de las columnas B3 y B5 poseen valores de 904 m/s y 974 m/s respectivamente, lo que se traduce según Leslie y Cheesman en un hormigón con una condición muy pobre.

Tabla 6. Clasificación de la calidad del hormigón por medio de velocidad de onda según Leslie y Cheesman

VELOCIDAD DE LA ONDA LONGITUDINAL (m/seg)	CONDICIÓN DEL HORMIGÓN
Más de 4570	Excelente
De 3050 a 4570	Buena
De 3050 a 3650	Regular a dudosa
De 2130 a 3050	Pobre
Menos de 2130	Muy pobre

Fuente: (Saif Valdéz, 2019)

Elaborado por: Ivette Panchana

Puesto que la velocidad a la que viaja la onda por el elemento es condicionada por la cantidad de oquedades que posee el mismo, a mayor contenido de vacíos en el elemento la velocidad será menor, por el contrario cuanto menos contenido de vacíos tiene el elemento la velocidad de la onda será mayor.(Alvarado Boza & Tivanta Jaramillo, 2020)

Para el caso A, eventualmente los bajos valores de velocidad de onda obtenidos coinciden con los valores relativamente bajos de índice de rebote y de los síntomas obtenidos en la inspección visual realizada, los cuales resultan en un hormigón de baja calidad, poco uniforme, con alta permeabilidad, baja densidad y por supuesto baja resistencia.

3.4.6. Resultados de Velocidad de Pulso Caso B

De la misma manera, para las columnas de la estructura B, la determinación de la velocidad de pulso ultrasónico se realiza de forma directa, obteniendo así los siguientes resultados:

Tabla 7. Valores de velocidad de pulso. CASO B

Date	Columna	Probe Freq	Pulse Voltage	Distance	Pulse Velocity	Compr. Strenght
12/08/2020	Col 1	54 kHz	400 V	0.240 m	2513 m/s	144 kg/cm ²
12/08/2020	Col 2	54 kHz	400 V	0.230 m	2264 m/s	69 kg/cm ²
12/08/2020	Col 3	54 kHz	400 V	0.290 m	3424 m/s	186 kg/cm ²

Elaborado por: Ivette Panchana

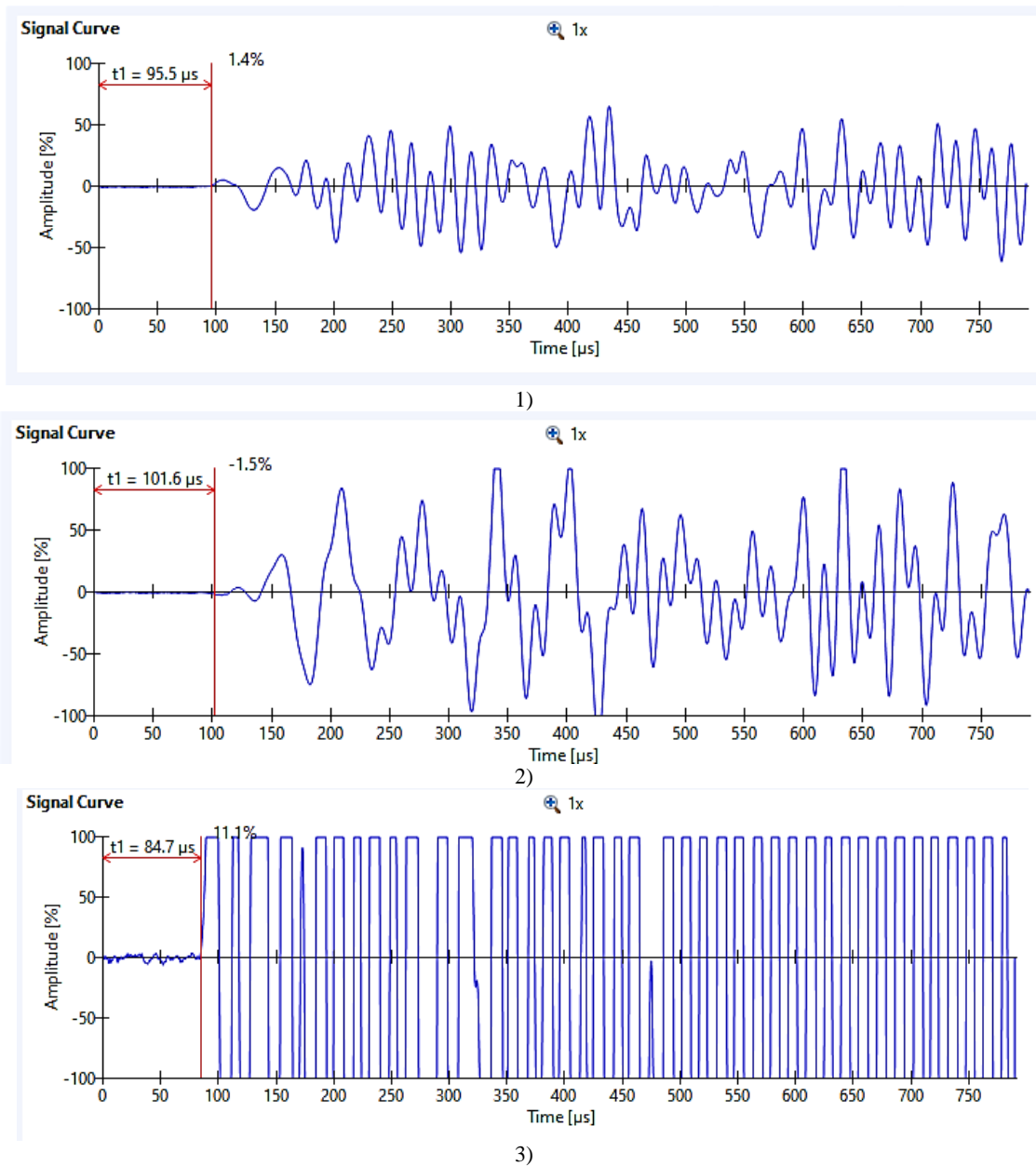


Figura 23. Gráfico de velocidades de onda. Caso A: 1) Columna 1. 2) Columna 2. 3) Columna 3

Los valores mostrados obtenidos para el Caso B, muestran que las columnas 1 y 2 poseen un hormigón de pobre calidad, mientras que la columna 3 posee un hormigón de calidad regular a dudosa.

Se estiman también resistencias bajas que no sobrepasan los 280 kg/cm² considerada como resistencia del diseño original. El ACI 318-19 indica que para hormigones con clase de exposición C2, se requiere un f'c mínimo de 350 kg/cm².


En éstas lecturas podemos apreciar como la calidad del hormigón va variando según la orientación donde se realiza este análisis, esto puede indicarnos el proceso de deterioro que sufre este material en cada zona de la construcción y como puede verse afectado el estado del material según la orientación a la que esté situado respecto a la zona de salpicaduras.

3.4.7. Ensayo de Carbonatación

La carbonatación del hormigón se inicia con la reacción de la portlandita u hidróxido de calcio del cemento con el CO₂ de la atmósfera (generalmente en concentraciones entre 600 y 800 mg/m³), que disminuye el pH del hormigón, pasando de alcalino a valores cercanos a neutros (7.5 – 8), dejando desprotegido al acero de refuerzo. El producto de la reacción es mayoritariamente carbonato cálcico (CaCO₃).

En este ensayo se visualiza la alcalinidad rociando en una fractura fresca de la superficie del hormigón la solución de fenolftaleína mezclado con agua y alcohol etílico que cambia de color en función de la alcalinidad o del valor del pH. Suele distinguir un pH superior o inferior a 8, sea por carbonatación o por lixiviación. (Odriozola, 2007)

Tabla 8. Carbonatación en función del pH. Indicador fenolftaleína.

	COLOR	VALORES DE PH	ESTADO DEL HORMIGÓN
	ROJO PÚRPURA	pH > 9.5	NO CARBONATADO
	ROSADO	pH entre 8 a 9.5	NO CARBONATADO
	INCOLORA	pH < 8	CARBONATADO

Elaborado por: Ivette Panchana

3.4.8. Resultados Caso A

A partir de dos muestras tomadas de las vigas de riostra de la estructura, se realiza la aplicación de la solución de fenolftaleína y se observa que, el hormigón está carbonatado puesto que la muestra no toma color rosado ni rojo púrpura.



Figura 24. Hormigón carbonatado Caso A

3.4.9. Resultados Caso B

Para el Caso B, se tomó una muestra de una de las columnas del área de reuniones que se encuentran más cerca de la zona de salpicaduras. Se observó que, al aplicar la solución de fenolftaleína, al igual que en el caso A, la muestra no toma color rosado ni rojo púrpura, lo que indica que el hormigón está carbonatado.



Figura 25. Hormigón carbonatado Caso B

3.5. Soluciones Proyectadas a los Casos Particulares

3.5.1. Principios y Opciones de Reparación y Rehabilitación

De acuerdo al diagnóstico realizado, se estima que para el Caso A la corrosión ha sido inducida por la carbonatación del hormigón, mientras que en el Caso B la corrosión ha sido acelerada por cloruros. Si relacionamos este fenómeno de corrosión con los resultados del hormigón ensayado in situ, en el que se evidencia su pobre calidad y su baja resistencia, se puede presumir que los materiales empleados constituyeron un factor adicional que facilitó este proceso.

Dado que el avance de la corrosión generalizada es potencialmente grave y difícil de controlar conforme avanza el tiempo, se debe realizar una intervención inmediata para evitar daños mayores en los elementos que se considere necesario. La Norma ACI 222R, nombra algunas de las opciones de reparación y rehabilitación bajo 3 principios, así tenemos:

Tabla 9. Principios y opciones de reparación y rehabilitación de estructuras de hormigón armado existentes según ACI 222 R

Principios	Opciones de reparación y rehabilitación
1. Aislar las superficies de hormigón del ambiente corrosivo	<ul style="list-style-type: none">• Hacer nada• Quite el concreto desconchado y reemplácelo con un parche de recubrimiento;• Quite el concreto descascarado y delaminado y reemplácelo con un parche de recubrimiento• Quite todo el concreto contaminado con cloruro o concreto carbonatado y parchee con una capa superpuesta
2. Modificar el entorno para hacerlo menos corrosivo	<ul style="list-style-type: none">• Instale protección catódica para proteger el refuerzo de acero de una mayor corrosión;• Utilice extracción electroquímica de cloruro (ECE) para eliminar el cloruro de la superficie de las barras de refuerzo y para mejorar la alcalinidad en la superficie de la barra.
3. Modificar las reacciones electroquímicas en el acero de refuerzo.	<ul style="list-style-type: none">• Use la re-alcalinización para restaurar el pH del concreto• Use inhibidores de corrosión en la superficie del concreto para reducir la tasa de corrosión de las barras de refuerzo.

Fuente: ACI 222R-01. Cap5

Elaborado por: Ivette Panchana Zambrano

Los métodos de reparación de la corrosión recogidas por la norma DD ENV 1504-9 son los siguientes

Tabla 10. Principios y métodos de reparación de la corrosión de las armaduras según DD ENV 1504-9

Principio	Definición	Métodos basados en el principio
Preservar o restaurar la pasividad	Crear las condiciones necesarias para que la superficie de acero mantenga o vuelva a la condición pasiva	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentar el espesor de recubrimiento con hormigón o mortero de cemento adicional • Sustituir el hormigón carbonatado o contaminado con cloruros • Realcalinización electroquímica del hormigón carbonatado • Realcalinización del hormigón carbonatado por difusión • Extracción electroquímica de cloruros
Aumentar la resistividad	Aumentar la resistividad electrolítica del hormigón	<ul style="list-style-type: none"> • Limitar el contenido de humedad del hormigón mediante tratamiento superficial, revestimiento o aislamiento
Control catódico	Crear las condiciones necesarias para que las zonas potencialmente catódicas de la armadura no puedan llevar a una reacción anódica.	<ul style="list-style-type: none"> • Limitar el contenido de oxígeno saturando el hormigón o revistiendo la superficie • Aplicar inhibidores catódicos al hormigón
Protección catódica o prevención	Polarización catódica de la armadura para reducir la velocidad de reacción anódica	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de comentes impresas • Sistemas de ánodos de sacrificio
Control del área anódica	Crear las condiciones necesarias para que las zonas potencialmente anódicas de la armadura no puedan tomar parte en la reacción de corrosión	<ul style="list-style-type: none"> • Pintar la armadura con revestimientos que contengan pigmentos activos • Pintar la armadura con revestimientos de barrera • Aplicar inhibidores anódicos al hormigón

Fuente: (Odriozola, 2007)

Elaborado por: Ivette Panchana Zambrano

3.5.2. Casos Particulares

Para efecto de estudio se analiza el método de Sustitución del hormigón carbonatado o contaminado con cloruros y de Protección Catódica, como método de reparación para los casos planteados.

La técnica de Sustitución del hormigón carbonatado o contaminado con cloruros se caracteriza por ser una solución sencilla y económica a corto plazo. Ésta técnica asegura la repasivación de la armadura, sin embargo, hay que considerar que si se rehabilita sólo parte de una sección carbonatada se van a crear pares galvánicos entre el acero catódico de la zona reparada y el acero anódico de las zonas carbonatadas. (Odriozola, 2007)

Así mismo, este método presenta el inconveniente de que deja concreto contaminado con cloruro alrededor del área reparada, lo que resulta en un ambiente altamente propicio para que la corrosión continúe. Las reparaciones pueden agravar la corrosión en el área adyacente a ellas, según el ACI 546 esto se conoce como efecto halo o anódico.

Otro método que ha demostrado gran efectividad en estructuras afectadas por corrosión es la Protección Catódica, cuyo principio de funcionamiento se basa en hacer pasar una corriente eléctrica a través de una pila galvánica hacia una pieza metálica para que se comporte como cátodo; al ocurrir esto la estructura queda protegida contra la corrosión.

La aplicación de la protección catódica se puede llevar a cabo de dos formas: por ánodos de sacrificio y por corriente impresa. La aplicación por ánodo de sacrificio consiste en utilizar un metal más activo electroquímicamente que el que se va a proteger, provocando que el ánodo se corra y se sacrifique, de ahí su nombre. Éstos sistemas anódicos se pintan, fijan o rocían sobre toda la superficie del hormigón.

Cabe mencionar que no todos los metales independientemente de su electronegatividad, se pueden utilizar como ánodos de sacrificio, ya que para dicha función tienen que cumplir una serie de condiciones y características. Normalmente se utilizan aleaciones de zinc, aluminio y magnesio que cumplen con las normas vigentes. (Pérez, 2015)

La protección catódica por corriente impresa, es aplicada mediante rectificadores que introducen un flujo de corriente necesario para mantener el sistema en un estado termodinámico que impide que se desarrolle la corrosión. Con este método se tiene la ventaja de aplicar la corriente suficiente para la protección, pero se requiere de un mantenimiento continuo y un personal muy calificado. (Angélica del Valle Moreno, 2001)

Una de las mayores dificultades a vencer a la hora de aplicar protección catódica es conseguir que la distribución de corriente sea uniforme, para así proteger toda la estructura y no crear lugares de sobre o subprotección. Por ello es necesario que la separación entre ánodo y cátodo sea pequeña, de 2 a 5 cm. (Bermúdez Odriozola, 2007)

CONCLUSIONES

- Se concluye que la corrosión fue la causa primaria en el deterioro de ambas estructuras analizadas, estimando que el Caso A se produjo la corrosión por efecto de carbonatación del hormigón. En la estructura del Caso B, se estima que la corrosión ha sido producto de la acción conjunta de la difusión de los iones cloruro y de la carbonatación del hormigón.
- Se evidencia que en el Caso A, el proceso de carbonatación ha afectado en el interior del hormigón de la estructura quedando desprotegidas las varillas de acero, las cuales ya han perdido área de la sección transversal debido al proceso de corrosión. En el Caso B se observa que las estructuras afectadas son puntuales y no llegan a afectar la estabilidad general de la edificación, además se pudo constatar que a pesar de encontrarse vista la armadura recién se ha iniciado el proceso de pérdida de área del acero de la sección transversal.
- El uso de ensayos no destructivos in situ contribuyen en gran medida a ratificar las causas que generan los síntomas o daños encontrados. Así pues, se puede finiquitar que en el Caso A, las resistencias obtenidas fueron tan bajas que el equipo no registró lecturas para determinar la resistencia del hormigón, obteniendo solo el índice de rebote. Para el Caso B, se obtuvieron resistencias de 69 kg/cm^2 , 144 kg/cm^2 y 186 kg/cm^2 , magnitudes insuficientes para elementos estructurales. Deduciendo que, en ambos casos, se produjo una anomalía en el proceso constructivo, pudiendo ser: incremento de agua de amasado, mala dosificación, mala calidad de los agregados, mal varillado y mal encofrado que ocasionó insuficientes espesores de recubrimiento.
- Para el Caso A se estima conveniente la opción de reforzamiento, no se considera la opción de reparación o rehabilitación debido a los resultados de los ensayos realizados. Para el Caso B, se considera la opción de rehabilitación a partir de las opciones de reparación analizadas en el Capítulo 3, la sustitución no se considera imprescindible en este caso.

RECOMENDACIONES

- Previo al inicio de una inspección, es indispensable disponer de documentación base como: fecha de construcción, usos de la estructura, planos o esquemas, condiciones ambientales en las que se encuentra la estructura, entre otros.
- Realizar un trabajo minucioso, que conlleve un alto grado de fiabilidad de los resultados, para evitar la sobreestimación o subestimación del daño, llevando a la ocupación peligrosa o la demolición innecesaria de obras,
- Introducir dentro de la Provincia rutinas de inspección visual de estructuras propensas a la corrosión, que permitan actuar a tiempo para evitar daños severos y gastos elevados en reparación,
- Para la selección del método de reparación y/o rehabilitación considerar criterios de selección como: plazos de duración, confiabilidad, costos y disponibilidad local.
- Toda inspección de daños que se lleve a cabo para elegir una solución de intervención final. debe complementarse con una detallada evaluación estructural.

BIBLIOGRAFÍA

- 222, A. C. I. C. (2001). Protection of Metals in Concrete Against Corrosion (ACI 222R-01). In (pp. 3): ACI Farmington Hills, MI.
- Aguirre, M. R. I. (2015). *Guía de Evaluación de Estructuras de Hormigón Armado y procedimientos de ensayos no destructivos, previo a su intervención y reparación.*
- Alvarado Boza, I. A., & Tivanta Jaramillo, K. J. (2020). *Análisis comparativo de sensibilidad de diferentes aditivos superplastificantes en el hormigón.* La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2020.
- Angélica del Valle Moreno, T. P. L., Miguel Martínez Madrid. (2001). EL FENOMENO DE LA CORROSION EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO. *Publicación Técnica No. 182 Sanfandila, Qro.*
- Argudo, J. F. (2020). *EVALUACIÓN, REPARACIÓN Y PREVENCIÓN DE CORROSIÓN DE ACERO EN HORMIGÓN ESTRUCTURAL.* Paper presented at the MES DEL ACERO ACI UPSE.
- ASTM. G15. *Standard Terminology Relating to Corrosion and Corrosion Testing Corrosion and Corrosion Testing. Designation: G 15, 7.*
- ASTM. (2016). *ASTM C 597: Standard test method for pulse velocity through concrete.*
- Bermúdez Odriozola, M. Á. (2007). *Corrosión de las armaduras del hormigón armado en ambiente marino: zona de carrera de mareas y zona sumergida.* Caminos
- C805/C805M, A. (2013). *Standard test method for rebound number of hardened concrete.*
- Carvajal, A. M., & Guzmán, F. (2005). Study of Corrosion Inhibiting Admixtures for Steel Reinforced Concrete. Corrosion Potencial Analysis. *Revista de la Construcción.*
- Construcción, N. E. D. L. (2015). Estructuras de hormigón armado. *Código: NEC-SE-HM. Quito, Ecuador.*

- Echavarría, J. G., & Ramírez, E. P. (2011). *PRINCIPALES CAUSAS Y POSIBLES SOLUCIONES DE LAS RECLAMACIONES A NIVEL PATOLÓGICO EN SISTEMAS DE EDIFICACIONES APORTICADAS*. Universidad de Medellín,
- Estado, C. G. d. (2020). Reglamento Administración y Control de Bienes del Sector Público, 2018. Última modificación: 8 de abril de 2020.
- González Luis, M. Á. (2014). *EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DEL ENSAYO DE VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN LA UBICACIÓN DE DISCONTINUIDADES O VACÍOS EN ELEMENTOS DE CONCRETO*. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- INSTITUTE, A. C. (2004). Concrete Repair Guide ACI 546R. In: USA.
- INSTITUTE, A. C. (2019). Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19).
- Joaquín Porrero S, C. R. R., José Grases G, Gilberto J Velazco. (2009). Manual del concreto estructural. In: Caracas, Impresos Minipres CA.
- Mieles, A. F. B. (2017). *EFICACIA DE LOS INHIBIDORES DE CORROSIÓN EN LA REPARACIÓN ESTRUCTURAL*. Universidad Politécnica de Madrid
- Moreno Fernández, E. (2008). Corrosión de armaduras en estructuras de hormigón: Estudio experimental de la variación de la ductilidad en armaduras corroídas aplicando el criterio de acero equivalente.
- Odrizola, M. Á. B. (2007). *Corrosión de las armaduras del hormigón armado en ambiente marino: zona de carrera de mareas y zona sumergida*. Universidad Politécnica de Madrid
- Pérez, J. C. (2015). *ANÁLISIS Y METODOLOGÍA DE INTERVENCIÓN EN ESTRUCTURAS SOMETIDAS A PROCESOS CORROSIVOS*. (Arquitectura). UNIVERSIDAD DE SEVILLA,
- Realpe, G. (2016). *Métodos de Ensayo In Situ Utilizados en la Evaluación de Estructuras de Hormigón Armado*.

Río Bueno, A. d. (2008). Patología, reparación y refuerzo de estructuras de hormigón armado de edificación. In: ETS Arquitectura (UPM).

Saif Valdéz, I. A. (2019). *Análisis comparativo entre ensayos destructivos y no destructivos de la resistencia del Hormigón con diferentes métodos de dosificación*. PUCE-Quito

Stuardo Pérez, K. (2008). Metodología de evaluación estructural de elementos de hormigón armado existentes. *Concepción: Universidad Católica de la Santísima Concepción*.

ANEXOS

Anexo 1. Ficha de Recolección de Datos

FECHA DE INSPECCIÓN:					
ELABORADO POR:					
CÓDIGO ESTRUCTURA:			EDAD:		
DATOS INICIALES					
DIRECCIÓN:					
PROVINCIA		CANTÓN		PARROQUIA	
ZONA		CALLE PRINCIPAL		CALLE SECUNDARIA	
COORDENADAS					
LATITUD:			LONGITUD:		
DATOS CLASIFICATORIOS					
LOCALIZACIÓN EN MANZANA					
ESQUINERO	EN CABECERA	INTERMEDIO	MANZANERO	TRIANGULAR	INTERIOR
USO DEL BIEN INMUEBLE					
RESIDENCIAL	COMERCIAL Y DE SERVICIOS	INDUSTRIAL	EQUIPAMIENTO	PRESERVACIÓN PATRIMONIAL	AGRÍCOLA
TOPOGRAFÍA					
PLANO	SUAVE	MODERADA	FUERTE	MUY FUERTE	ABRUPTA
GRADO DE EXPOSICIÓN / AGRESIVIDAD POR SITUACIÓN:					
ALTITUD	MARINA	RIBERA	ZONA INDUSTRIAL		OTROS

DATOS CONSTRUCTIVOS				
ÁREA TOTAL				
ÁREA TOTAL:				
NÚMERO DE PLANTAS:				
TIPO DE CIMENTACIÓN				
ZAPATAS AISLADAS Y/O CORRIDAS	MUROS Y/O PANTALLAS DE CONTENCIÓN	PILOTES IN SITU O PREFABRICADOS	LOSA DE CIMENTACIÓN	OTROS
ESTRUCTURA VERTICAL				
COLUMNAS	MUROS DE CONTENCIÓN	MUROS DE CARGA		OTROS
ESTRUCTURA HORIZONTAL				
VIGAS	FORJADOS	LOSAS		OTROS
REGISTRO FOTOGRÁFICO				
VISTA DE PLANTA				
ESTADO ACTUAL				

Anexo 2. Índice de Rebote Col. B3, CASO A

SILVER SCHMIDT - ENSAYO ESTANDAR PARA EL NÚMERO DE REBOTE DEL HORMIGÓN																																			
REBOTE DEL HORMIGÓN																																			
NORMA ASMT C-805																																			
EQUIPO: SILVER SCHMIDT		N ⁸ SERIE: SH01-007-0702																																	
TEMA:	ANÁLISIS Y METODOLOGÍA DE INTERVENCIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO SOMETIDAS A PROCESOS CORROSIVOS, EN EL CANTÓN SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA																																		
IDENTIFICACIÓN:	COL B3 - CASO A	FECHA DE ENSAYO:	25/06/2020 HORA: 11:06																																
TIPO DE ELEMENTO:	COLUMNA DE HORMIGÓN ARMADO																																		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> <p>Q-Values diagram [measurement order]</p> </div> <div style="width: 65%;"> <table border="0"> <tr> <td>Q-Values</td> <td>Statistics</td> </tr> <tr> <td>20.5</td> <td>Measurements N = 10</td> </tr> <tr> <td>15.0</td> <td>Invalid measurements Ni= 0 (0%)</td> </tr> <tr> <td>16.0</td> <td>Mean value f = 18.1 Q</td> </tr> <tr> <td>20.0</td> <td>Standard deviation s = 1.8 Q</td> </tr> <tr> <td>17.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>18.5</td> <td>Settings</td> </tr> <tr> <td>19.0</td> <td>Averaging mode Mean ASTM</td> </tr> <tr> <td>17.0</td> <td>Conversion curve 10-percentile curve</td> </tr> <tr> <td>19.0</td> <td>Form factor 100%</td> </tr> <tr> <td>19.5</td> <td>Carbonation factor 1.00</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Unit Q</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Serial number SH01-007-0702</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Spring type SilverSchmidt N</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Comment</td> </tr> <tr> <td></td> <td>[Add]</td> </tr> </table> </div> </div>				Q-Values	Statistics	20.5	Measurements N = 10	15.0	Invalid measurements Ni= 0 (0%)	16.0	Mean value f = 18.1 Q	20.0	Standard deviation s = 1.8 Q	17.0		18.5	Settings	19.0	Averaging mode Mean ASTM	17.0	Conversion curve 10-percentile curve	19.0	Form factor 100%	19.5	Carbonation factor 1.00		Unit Q		Serial number SH01-007-0702		Spring type SilverSchmidt N		Comment		[Add]
Q-Values	Statistics																																		
20.5	Measurements N = 10																																		
15.0	Invalid measurements Ni= 0 (0%)																																		
16.0	Mean value f = 18.1 Q																																		
20.0	Standard deviation s = 1.8 Q																																		
17.0																																			
18.5	Settings																																		
19.0	Averaging mode Mean ASTM																																		
17.0	Conversion curve 10-percentile curve																																		
19.0	Form factor 100%																																		
19.5	Carbonation factor 1.00																																		
	Unit Q																																		
	Serial number SH01-007-0702																																		
	Spring type SilverSchmidt N																																		
	Comment																																		
	[Add]																																		
RESULTADOS; INDICE DE REBOTE: 18.1		RESISTENCIA: -																																	
ELABORADO POR:	REVISADO POR:	RESPONSABLE																																	
IVETTE PANCHANA Z	ÍNG. LUCRECIA MORENO A	 Ing. Morgano Aleivar Lucrecia Cristina Mg.																																	

Anexo 3. Índice de Rebote Col. B5, CASO A

SILVER SCHMIDT - ENSAYO ESTANDAR PARA EL NÚMERO DE REBOTE DEL HORMIGÓN																																																																			
REBOTE DEL HORMIGÓN																																																																			
NORMA ASMT C-805																																																																			
EQUIPO: SILVER SCHMIDT		N ⁸ SERIE: SH01-007-0702																																																																	
TEMA:	ANÁLISIS Y METODOLOGÍA DE INTERVENCIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO SOMETIDAS A PROCESOS CORROSIVOS, EN EL CANTÓN SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA																																																																		
IDENTIFICACIÓN:	COL B5 - CASO A	FECHA DE ENSAYO:	25/06/2020 HORA: 11:18																																																																
TIPO DE ELEMENTO:	COLUMNA DE HORMIGÓN ARMADO																																																																		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> <p>Q-Values diagram [measurement order]</p> <table border="1"> <caption>Q-Values Data</caption> <thead> <tr> <th>Order</th> <th>Value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>20.5</td></tr> <tr><td>2</td><td>18.5</td></tr> <tr><td>3</td><td>16.0</td></tr> <tr><td>4</td><td>17.0</td></tr> <tr><td>5</td><td>21.5</td></tr> <tr><td>6</td><td>15.0</td></tr> <tr><td>7</td><td>16.0</td></tr> <tr><td>8</td><td>22.0</td></tr> <tr><td>9</td><td>15.0</td></tr> <tr><td>10</td><td>18.0</td></tr> </tbody> </table> </div> <div style="width: 65%;"> <p>Q-Values Statistics</p> <table border="0"> <tr><td>20.5</td><td>Measurements</td><td>N = 10</td></tr> <tr><td>18.5</td><td>Invalid measurements</td><td>Ni = 0 (0%)</td></tr> <tr><td>16.0</td><td>Mean value</td><td>f = 18.0 Q</td></tr> <tr><td>17.0</td><td>Standard deviation</td><td>s = 2.6 Q</td></tr> <tr><td>21.5</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15.0</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16.0</td><td>Settings</td><td></td></tr> <tr><td>22.0</td><td>Averaging mode</td><td>Mean ASTM</td></tr> <tr><td>15.0</td><td>Conversion curve</td><td>10-percentile curve</td></tr> <tr><td>18.0</td><td>Form factor</td><td>100%</td></tr> <tr><td></td><td>Carbonation factor</td><td>1.00</td></tr> <tr><td></td><td>Unit</td><td>Q</td></tr> <tr><td></td><td>Serial number</td><td>SH01-007-0702</td></tr> <tr><td></td><td>Spring type</td><td>SilverSchmidt N</td></tr> </table> <p>Comment [Add]</p> </div> </div>				Order	Value	1	20.5	2	18.5	3	16.0	4	17.0	5	21.5	6	15.0	7	16.0	8	22.0	9	15.0	10	18.0	20.5	Measurements	N = 10	18.5	Invalid measurements	Ni = 0 (0%)	16.0	Mean value	f = 18.0 Q	17.0	Standard deviation	s = 2.6 Q	21.5			15.0			16.0	Settings		22.0	Averaging mode	Mean ASTM	15.0	Conversion curve	10-percentile curve	18.0	Form factor	100%		Carbonation factor	1.00		Unit	Q		Serial number	SH01-007-0702		Spring type	SilverSchmidt N
Order	Value																																																																		
1	20.5																																																																		
2	18.5																																																																		
3	16.0																																																																		
4	17.0																																																																		
5	21.5																																																																		
6	15.0																																																																		
7	16.0																																																																		
8	22.0																																																																		
9	15.0																																																																		
10	18.0																																																																		
20.5	Measurements	N = 10																																																																	
18.5	Invalid measurements	Ni = 0 (0%)																																																																	
16.0	Mean value	f = 18.0 Q																																																																	
17.0	Standard deviation	s = 2.6 Q																																																																	
21.5																																																																			
15.0																																																																			
16.0	Settings																																																																		
22.0	Averaging mode	Mean ASTM																																																																	
15.0	Conversion curve	10-percentile curve																																																																	
18.0	Form factor	100%																																																																	
	Carbonation factor	1.00																																																																	
	Unit	Q																																																																	
	Serial number	SH01-007-0702																																																																	
	Spring type	SilverSchmidt N																																																																	
RESULTADOS; INDICE DE REBOTE: 18.0		RESISTENCIA: -																																																																	
ELABORADO POR:	REVISADO POR:	RESPONSABLE																																																																	
IVETTE PANCHANA Z	ÍNG. LUCRECIA MORENO A	 Ing. Morgano Aleivar Lucrecia Cristina Mg.																																																																	

Anexo 4. Índice de Rebote Col. 1, CASO B

SILVER SCHMIDT - ENSAYO ESTANDAR PARA EL NÚMERO DE REBOTE DEL HORMIGÓN			
REBOTE DEL HORMIGÓN			
NORMA ASMT C-805			
EQUIPO: SILVER SCHMIDTH		N ⁸ SERIE: SH01-007-0702	
TEMA:	ANÁLISIS Y METODOLOGÍA DE INTERVENCIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO SOMETIDAS A PROCESOS CORROSIVOS, EN EL CANTÓN SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA		
IDENTIFICACIÓN:	COL 1 - CASO B	FECHA DE ENSAYO:	25/06/2020 HORA: 11:06
TIPO DE ELEMENTO:	COLUMNA DE HORMIGÓN ARMADO		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> <p>Q-Values diagram [ordered by value]</p> </div> <div style="width: 30%;"> <p>Q-Values</p> <p>55.0 53.0 60.0 57.0 53.5 50.0 50.5 56.5 57.0 52.5</p> </div> <div style="width: 35%;"> <p>Statistics</p> <p>Measurements N = 10 Invalid measurements Ni = 0 (0%) Mean value f = 54.5 Q Standard deviation s = 3.2 Q</p> <p>Settings</p> <p>Averaging mode Mean ASTM Conversion curve NEW Form factor 100% Carbonation factor 1.00 Unit Q Serial number SH01-007-0702 Spring type SilverSchmidt N</p> <p>Comment [Add]</p> </div> </div>			
RESULTADOS; INDICE DE REBOTE: 54.5		RESISTENCIA: 385 kg//cm²	
ELABORADO POR:	REVISADO POR:	RESPONSABLE	
IVETTE PANCHANA Z	ÍNG. LUCRECIA MORENO A	 Ing. Morgho Aleivar Lucrecia Cristina Mg.	

Anexo 5. Índice de Rebote Col. 2, CASO B

SILVER SCHMIDT - ENSAYO ESTANDAR PARA EL NÚMERO DE REBOTE DEL HORMIGÓN																																			
NORMA ASMT C-805																																			
EQUIPO: SILVER SCHMIDT		N ⁸ SERIE: SH01-007-0702																																	
TEMA:	ANÁLISIS Y METODOLOGÍA DE INTERVENCIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO SOMETIDAS A PROCESOS CORROSIVOS, EN EL CANTÓN SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA																																		
IDENTIFICACIÓN:	COL 2 - CASO B	FECHA DE ENSAYO:	12/08/2020 HORA: 11:15																																
TIPO DE ELEMENTO:	COLUMNA DE HORMIGÓN ARMADO																																		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 35%;"> <p>Q-Values diagram [ordered by value]</p> </div> <div style="width: 60%;"> <table border="0"> <tr> <td>Q-Values</td> <td>Statistics</td> </tr> <tr> <td>48.0</td> <td>Measurements N = 10</td> </tr> <tr> <td>43.0</td> <td>Invalid measurements Ni = 1 (10%)</td> </tr> <tr> <td>46.5</td> <td>Mean value f = 44.8 Q</td> </tr> <tr> <td>41.0</td> <td>Standard deviation s = 2.2 Q</td> </tr> <tr> <td>43.5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>44.5</td> <td>Settings</td> </tr> <tr> <td>36.0</td> <td>Averaging mode Mean ASTM</td> </tr> <tr> <td>44.5</td> <td>Conversion curve NEW</td> </tr> <tr> <td>45.0</td> <td>Form factor 100%</td> </tr> <tr> <td>47.5</td> <td>Carbonation factor 1.00</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Unit Q</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Serial number SH01-007-0702</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Spring type SilverSchmidt N</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Comment</td> </tr> <tr> <td></td> <td>[Add]</td> </tr> </table> </div> </div>				Q-Values	Statistics	48.0	Measurements N = 10	43.0	Invalid measurements Ni = 1 (10%)	46.5	Mean value f = 44.8 Q	41.0	Standard deviation s = 2.2 Q	43.5		44.5	Settings	36.0	Averaging mode Mean ASTM	44.5	Conversion curve NEW	45.0	Form factor 100%	47.5	Carbonation factor 1.00		Unit Q		Serial number SH01-007-0702		Spring type SilverSchmidt N		Comment		[Add]
Q-Values	Statistics																																		
48.0	Measurements N = 10																																		
43.0	Invalid measurements Ni = 1 (10%)																																		
46.5	Mean value f = 44.8 Q																																		
41.0	Standard deviation s = 2.2 Q																																		
43.5																																			
44.5	Settings																																		
36.0	Averaging mode Mean ASTM																																		
44.5	Conversion curve NEW																																		
45.0	Form factor 100%																																		
47.5	Carbonation factor 1.00																																		
	Unit Q																																		
	Serial number SH01-007-0702																																		
	Spring type SilverSchmidt N																																		
	Comment																																		
	[Add]																																		
RESULTADOS; INDICE DE REBOTE: 44.8		RESISTENCIA: 245 kg/cm²																																	
ELABORADO POR:	REVISADO POR:	RESPONSABLE																																	
IVETTE PANCHANA Z	ÍNG. LUCRECIA MORENO A	<p>Ing. Murguía Alcivar Lucrecia Cristina Mg.</p>																																	

Anexo 6. Índice de Rebote Col. 3, CASO B

SILVER SCHMIDT - ENSAYO ESTANDAR PARA EL NÚMERO DE REBOTE DEL HORMIGÓN																																			
NORMA ASMT C-805																																			
EQUIPO: SILVER SCHMIDTH		N ⁸ SERIE: SH01-007-0702																																	
TEMA:	ANÁLISIS Y METODOLOGÍA DE INTERVENCIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO SOMETIDAS A PROCESOS CORROSIVOS, EN EL CANTÓN SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA																																		
IDENTIFICACIÓN:	COL 3 - CASO B	FECHA DE ENSAYO:	12/08/2020 HORA: 11:53																																
TIPO DE ELEMENTO:	COLUMNA DE HORMIGÓN ARMADO																																		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> <p>Q-Values diagram [ordered by value]</p> </div> <div style="width: 65%;"> <table border="0"> <tr> <td>Q-Values</td> <td>Statistics</td> </tr> <tr> <td>49.5</td> <td>Measurements N = 10</td> </tr> <tr> <td>49.5</td> <td>Invalid measurements Ni= 2(20%)</td> </tr> <tr> <td>54.5</td> <td>Mean value f = 46.7 Q</td> </tr> <tr> <td>44.0</td> <td>Standard deviation s = 2.4 Q</td> </tr> <tr> <td>49.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>55.0</td> <td>Settings</td> </tr> <tr> <td>45.0</td> <td>Averaging mode Mean ASTM</td> </tr> <tr> <td>45.0</td> <td>Conversion curve NEW</td> </tr> <tr> <td>43.5</td> <td>Form factor 100%</td> </tr> <tr> <td>48.0</td> <td>Carbonation factor 1.00</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Unit Q</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Serial number SH01-007-0702</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Spring type SilverSchmidt N</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Comment</td> </tr> <tr> <td></td> <td>[Add]</td> </tr> </table> </div> </div>				Q-Values	Statistics	49.5	Measurements N = 10	49.5	Invalid measurements Ni= 2(20%)	54.5	Mean value f = 46.7 Q	44.0	Standard deviation s = 2.4 Q	49.0		55.0	Settings	45.0	Averaging mode Mean ASTM	45.0	Conversion curve NEW	43.5	Form factor 100%	48.0	Carbonation factor 1.00		Unit Q		Serial number SH01-007-0702		Spring type SilverSchmidt N		Comment		[Add]
Q-Values	Statistics																																		
49.5	Measurements N = 10																																		
49.5	Invalid measurements Ni= 2(20%)																																		
54.5	Mean value f = 46.7 Q																																		
44.0	Standard deviation s = 2.4 Q																																		
49.0																																			
55.0	Settings																																		
45.0	Averaging mode Mean ASTM																																		
45.0	Conversion curve NEW																																		
43.5	Form factor 100%																																		
48.0	Carbonation factor 1.00																																		
	Unit Q																																		
	Serial number SH01-007-0702																																		
	Spring type SilverSchmidt N																																		
	Comment																																		
	[Add]																																		
RESULTADOS; INDICE DE REBOTE: 46.7		RESISTENCIA: 265 kg/cm ²																																	
ELABORADO POR:	REVISADO POR:	RESPONSABLE																																	
IVETTE PANCHANA Z	ÍNG. LUCRECIA MORENO A	 Ing. Moreno Ateivar Lucrecia Cristina Mg.																																	

Anexo 7. Velocidad de pulso columnas CASO A

PUNDIT - VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO NORMA ASTM C -597																				
TEMA:	“ANÁLISIS Y METODOLOGÍA DE INTERVENCIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO SOMETIDAS A PROCESOS CORROSIVOS, EN EL CANTÓN SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA”																			
IDENTIFICACIÓN:	CASO A	EQUIPO	PUNDIT																	
TIPO DE ELEMENTO:	COLUMNA	N* SERIE	UP01-001-W22																	
FECHA DE ENSAYO:	25-06-2020	EDAD	Aprox 20 años																	
DATOS																				
Ens..	ELEMENTO		VELOCIDAD	ESPESOR																
			m/seg	cm																
1	COL B - 3		908	25																
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Date & Time</th> <th>Measurement Mode</th> <th>Result</th> <th>Distance</th> <th>Velocity</th> <th>Time 1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C-345</td> <td>06/25/2020 11:22 AM</td> <td>Pulse Velocity</td> <td>908 m/s</td> <td>0.250 m</td> <td>908 m/s</td> <td>275.3 μs</td> </tr> </tbody> </table>							Name	Date & Time	Measurement Mode	Result	Distance	Velocity	Time 1	C-345	06/25/2020 11:22 AM	Pulse Velocity	908 m/s	0.250 m	908 m/s	275.3 μ s
Name	Date & Time	Measurement Mode	Result	Distance	Velocity	Time 1														
C-345	06/25/2020 11:22 AM	Pulse Velocity	908 m/s	0.250 m	908 m/s	275.3 μ s														
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 60%;"> <p>Signal Curve</p> </div> <div style="width: 35%;"> <p>Settings & Results</p> <p>Calib. Time Offset: -3.7 μs Probe Type: P-wave Probe Freq.: 54 kHz Pulse Voltage: 400 V Probe Gain: 500x</p> <p>Device Information</p> <p>Device Name: Pundit Serial Number: UP01-001-0422 Software Version: 3.0.11 Hardware Revision: C1</p> <p>Comment [Add]</p> </div> </div>																				
2	COL B - 5		974	25																
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Date & Time</th> <th>Measurement Mode</th> <th>Result</th> <th>Distance</th> <th>Velocity</th> <th>Time 1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C-347</td> <td>06/25/2020 12:03 PM</td> <td>Pulse Velocity</td> <td>974 m/s</td> <td>0.250 m</td> <td>974 m/s</td> <td>256.8 μs</td> </tr> </tbody> </table>							Name	Date & Time	Measurement Mode	Result	Distance	Velocity	Time 1	C-347	06/25/2020 12:03 PM	Pulse Velocity	974 m/s	0.250 m	974 m/s	256.8 μ s
Name	Date & Time	Measurement Mode	Result	Distance	Velocity	Time 1														
C-347	06/25/2020 12:03 PM	Pulse Velocity	974 m/s	0.250 m	974 m/s	256.8 μ s														
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 60%;"> <p>Signal Curve</p> </div> <div style="width: 35%;"> <p>Settings & Results</p> <p>Calib. Time Offset: -3.7 μs Probe Type: P-wave Probe Freq.: 54 kHz Pulse Voltage: 300 V Probe Gain: 50x</p> <p>Device Information</p> <p>Device Name: Pundit Serial Number: UP01-001-0422 Software Version: 3.0.11 Hardware Revision: C1</p> <p>Comment [Add]</p> </div> </div>																				
ELABORADO POR:		REVISADO POR:		RESPONSABLE																
IVETTE PANCHANA Z		ÍNG. LUCRECIA MORENO A		 Ing. Moreno Aleivar Lucrecia Cristina Mg.																



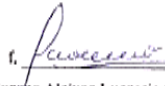
Anexo 8. Velocidad de pulso columnas CASO B

PUNDIT - VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO NORMA ASTM C - 597			
TEMA:	“ANÁLISIS Y METODOLOGÍA DE INTERVENCIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO SOMETIDAS A PROCESOS CORROSIVOS, EN EL CANTÓN SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA”		
IDENTIFICACIÓN:	CASO B	EQUIPO	PUNDIT
TIPO DE ELEMENTO:	COLUMNA	N* SERIE	UP01-001-W22
FECHA DE ENSAYO:	12-08-2020	EDAD	Mayor a 40 años
DATOS			
Ens..	ELEMENTO	VELOCIDAD	ESPESOR
		m/seg	cm
1	COL 1	2513	24
Name		Date & Time	Measurement Mode
C-349		08/12/2020 11:13 AM	Pulse Velocity
Result		Distance	Velocity
2513 m/s		0,240 m	2513 m/s
Time 1		85.5 µs	
		Settings & Results Calib. Time Offset: -3.5 µs Probe Type: P-wave Probe Freq.: 54 kHz Pulse Voltage: 400 V Probe Gain: 200x	Device Information Device Name: Pundit Serial Number: UP01-001-0422 Software Version: 3.0.11 Hardware Revision: C1
Comment		[Add]	
2	COL 2	2264	23
Name		Date & Time	Measurement Mode
C-358		08/12/2020 11:23 AM	Pulse Velocity
Result		Distance	Velocity
2264 m/s		0,230 m	2264 m/s
Time 1		101.6 µs	
		Settings & Results Calib. Time Offset: -3.5 µs Probe Type: P-wave Probe Freq.: 54 kHz Pulse Voltage: 400 V Probe Gain: 1000x	Device Information Device Name: Pundit Serial Number: UP01-001-0422 Software Version: 3.0.11 Hardware Revision: C1
Comment		[Add]	
3	COL 3	3424	29
Name		Date & Time	Measurement Mode
C-364		08/12/2020 11:51 AM	Pulse Velocity
Result		Distance	Velocity
3424 m/s		0,290 m	3424 m/s
Time 1		84.7 µs	
		Settings & Results Calib. Time Offset: -3.5 µs Probe Type: P-wave Probe Freq.: 54 kHz Pulse Voltage: 400 V Probe Gain: 10000x	Device Information Device Name: Pundit Serial Number: UP01-001-0422 Software Version: 3.0.11 Hardware Revision: C1
Comment		[Add]	
ELABORADO POR:	REVISADO POR:	RESPONSABLE	
IVETTE PANCHANA Z	ÍNG. LUCRECIA MORENO A	 Ing. Murgu Alciwar Lucrecia Cristina Mg.	



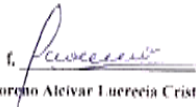
Anexo 9. Determinación de la Resistencia CASO B

PUNDIT - VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO NORMA ASTM C -597			
TEMA:	“ANÁLISIS Y METODOLOGÍA DE INTERVENCIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO SOMETIDAS A PROCESOS CORROSIVOS, EN EL CANTÓN SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA”		
DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA			
IDENTIFICACIÓN:	COL 1, COL 2, COL 3	EQUIPO	PUNDIT
TIPO DE ELEMENTO:	COLUMNA	N* SERIE	UP01-001-W22
FECHA DE ENSAYO:	12-08-2020	EDAD	Mayor a 40 años
DATOS			
CÓD.:	COL 1	ÍNDICE DE REBOTE; 54.5	RESISTENCIA; 144 kg/cm ²
		Settings & Results Calib. Time Offset: -3.5 µs Probe Type: P-wave Probe Freq.: 54 kHz Pulse Voltage: 400 V Probe Gain: 1000x Conversion Curve: CURVA NEW Rebound Value: 54.5 Compressive Strength: 144 Kg/cm ² Comment [Add]	
CÓD.:	COL 2	ÍNDICE DE REBOTE; 44.8	RESISTENCIA; 69 kg/cm ²
		Settings & Results Calib. Time Offset: -3.5 µs Probe Type: P-wave Probe Freq.: 54 kHz Pulse Voltage: 400 V Probe Gain: 10000x Conversion Curve: CURVA NEW Rebound Value: 44.8 Compressive Strength: 69 Kg/cm ² Comment [Add]	
CÓD.:	COL 3	ÍNDICE DE REBOTE; 46.7	RESISTENCIA; 181 kg/cm ²
		Settings & Results Calib. Time Offset: -3.5 µs Probe Type: P-wave Probe Freq.: 54 kHz Pulse Voltage: 400 V Probe Gain: 10000x Conversion Curve: CURVA NEW Rebound Value: 46.7 Compressive Strength: 181 Kg/cm ² Comment [Add]	
ELABORADO POR:	REVISADO POR:	RESPONSABLE	
IVETTE PANCHANA Z	ÍNG. LUCRECIA MORENO A	 Ing. Moreno Alcivar Lucrecia Cristina Mg.	

Anexo 10. Ensayo de Carbonatación Caso A

'DETERMINACIÓN DE LA CARBONATACIÓN EN HORMIGONES ENDURECIDOS. NORMA UNE112-011			
TEMA:	“ANÁLISIS Y METODOLOGÍA DE INTERVENCIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO SOMETIDAS A PROCESOS CORROSIVOS, EN EL CANTÓN SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA”		
DISOLUCIÓN	FENOLFTALEÍNA AL 1% DISUELTA EN ALCOHOL ETÍLICO AL 70%.		
DATOS			
DESCRIPCIÓN		FOTO	
UBICACIÓN	La Libertad		
EDIFICACIÓN	Estructura de una planta		
ESTRUCTURA	Viga de Riostra		
IDENTIFICACIÓN	M1		
FECHA DE MUESTREO	25/06/2020		
RESULTADOS	PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN: mm		
	 <input type="checkbox"/> pH > 9.5 <input type="checkbox"/> pH entre 8 a 9.5 <input checked="" type="checkbox"/> pH < 8	HORMIGÓN CARBONATADO	
		COLOR:	INCOLORA
ELABORADO POR:	REVISADO POR:	RESPONSABLE	
IVETTE PANCHANA Z	ÍNG. LUCRECIA MORENO A	 Ing. Moreno Alcivar Lucrecia Cristina Mg.	

Anexo 11. Ensayo de Carbonatación Caso A

'DETERMINACIÓN DE LA CARBONATACIÓN EN HORMIGONES ENDURECIDOS. NORMA UNE112-011			
TEMA:	“ANÁLISIS Y METODOLOGÍA DE INTERVENCIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO SOMETIDAS A PROCESOS CORROSIVOS, EN EL CANTÓN SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA”		
DISOLUCIÓN	FENOLFTALEÍNA AL 1% DISUELTA EN ALCOHOL ETÍLICO AL 70%.		
DATOS			
DESCRIPCIÓN		FOTO	
UBICACIÓN	Ballenita		
EDIFICACIÓN	Club Ballenita		
ESTRUCTURA	Columna		
IDENTIFICACIÓN	C1		
FECHA DE MUESTREO	12/08/2020		
RESULTADOS	PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN: _____ mm		HORMIGÓN CARBONATADO
	 <input type="checkbox"/> pH > 9.5 <input type="checkbox"/> pH entre 8 a 9.5 <input checked="" type="checkbox"/> pH < 8	COLOR:	
			INCOLORA
ELABORADO POR:	REVISADO POR:	RESPONSABLE	
IVETTE PANCHANA Z	ÍNG. LUCRECIA MORENO A	 Ing. Moryto Alcivar Lucrecia Cristina Mg.	