Índice

INFORME DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL 4
BLOQUE C - SEDE SENA SAN ANDRÉS ISLA 4
Capítulo 1: Introducción 4
Capítulo 2: Localización del Proyecto 5
Capítulo 3: Marco Normativo Aplicable 8
3.1 Normativa Nacional 8
3.2 Normativa Internacional y Guías Técnicas 8
Capítulo 4: Objetivos 10
4.1 Objetivo General 10
4.2 Objetivos Específicos 10
Capítulo 5: Alcance y Límites 11
5.1 Alcance 11
5.2 Límites 12
Capítulo 6: Metodología de Evaluación 13
6.1 Evaluación del Concreto 13
6.2 Evaluación de la Madera 14
6.3 Análisis Estructural 14
Capítulo 7: Afectaciones Ambientales y Sostenibilidad 16
7.1 Agentes Ambientales Agresivos 16
7.2 Consideraciones de Sostenibilidad 17
Capítulo 8: Descripción del Sistema Estructural 18
Capítulo 9: Levantamiento y Caracterización de Patologías . 19
9.1 Patologías en Elementos de Concreto 19
9.2 Patologías en Elementos de Madera 20
Capítulo 10: Análisis de Vulnerabilidad Sísmica 22
Capítulo 11: Resultados Detallados y Análisis de Ensayos .. 23
11.1 Ensayos de Resistencia del Concreto: Un Colapso del Material 23
11.1.1 Ensayo de Esclerometría (ASTM C805) 24
11.1.2 Ensayo de Velocidad de Pulso Ultrasónico (ASTM C597) 26
11.1.3 Ensayo de Extracción de Núcleos (ASTM C42) 28
11.2 Ensayos de Durabilidad: Un Ataque Químico Imparable .. 33
11.2.1 Ensayo de Carbonatación (NTC 5551) 33
11.2.2 Ensayo de Contenido de Cloruros (ASTM C1152) 36
11.3 Resumen y Correlación de Resultados del Bloque B1 39

Capítulo 12: Diagnóstico Integral, Conclusiones y Dictamen Técnico 42
12.1 Diagnóstico Integral: Falla Sistémica y Colapso Inminente 42
12.2 Conclusiones 43
12.3 Dictamen Técnico Definitivo 44
Capítulo 13: Análisis Costo-Beneficio 46
13.1 Escenario 1: Reforzamiento Estructural (Descartado) .. 46
13.2 Escenario 2: Demolición y Reconstrucción (Única Opción Viable) 47
13.3 Conclusión del Análisis Costo-Beneficio 47
Capítulo 14: Recomendaciones y Plan de Acción Urgente 49
14.1 Acciones Inmediatas 49
14.2 Acciones a Corto Plazo 49
14.3 Acciones a Mediano Plazo (Plazo: 1-3 meses) 50
14.4 Recomendaciones para la Nueva Estructura 50
Capítulo 14: Referencias Bibliográficas 52
Capítulo 15: Anexos 53

Índice de Tablas

Tabla 1 Ensayos de Esclerometría Bloque C..... 25
Tabla 2 Ensayos de Ultrasonidos Bloque C..... 27
Tabla 3 Ensayos de Extracción de Núcleos Bloque C..... 29
Tabla 4 Correlación de Ensayos de Resistencia Bloque C..... 32
Tabla 5 Ensayos de Carbonatación..... 35
Tabla 6 Ensayos de Cloruros..... 37
Tabla 6 Ensayos de Cloruros..... 38
Tabla 8 Correlación de Carbonatación y Cloruros..... 41

Índice de Figuras

Figura 1 Localización Bloque C..... 6
Figura 2 Localización Bloque C..... 7
Figura 3 Mapa Conceptual Metodología..... 15
Figura 4 Patologías Encontradas..... 21
Figura 5 Toma de Muestra Ensayos de Esclerometria..... 24
Figura 6 Toma de Muestra Ultrasonidos..... 26
Figura 7 Extracción de Núcleos..... 30

INFORME DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

BLOQUE C - SEDE SENA SAN ANDRÉS ISLA

Evaluación de Vulnerabilidad Estructural y Análisis Patológico

Capítulo 1: Introducción

El presente informe técnico documenta los resultados de la evaluación patológica y el análisis de vulnerabilidad estructural del **Bloque C** de la sede del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) en la isla de San Andrés, Colombia. Esta edificación, con una antigüedad de aproximadamente 10 años y un área total de 804 m² distribuidos en dos niveles, ha estado expuesta a un ambiente marino extremadamente agresivo, lo que ha generado un deterioro visible y ha suscitado una profunda preocupación por su seguridad y estabilidad.

La Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (CORALINA), como autoridad ambiental y de desarrollo en la región, ha contratado la elaboración de este estudio con el fin de obtener un diagnóstico técnico preciso del estado actual de la estructura. El objetivo es fundamentar la toma de decisiones informadas con respecto al futuro de la edificación, considerando la seguridad de sus ocupantes, la viabilidad económica de una posible intervención y el cumplimiento de la normativa colombiana de construcción sismo resistente (NSR-10).

Este documento consolida los hallazgos de una exhaustiva campaña de inspección visual, levantamiento arquitectónico, ensayos no destructivos (END) y ensayos destructivos (ED), interpretados a la luz de la normativa vigente y las mejores prácticas de la ingeniería estructural. Los resultados aquí presentados servirán

como base para un análisis costo-beneficio y la formulación de recomendaciones definitivas.

Capítulo 2: Localización del Proyecto

La estructura objeto de este estudio, denominada **Bloque C**, forma parte del complejo educativo del SENA, ubicado en la isla de San Andrés, Colombia.

- **Ubicación:** Avenida Newball, San Andrés Isla, Colombia.
- **Coordenadas Geográficas (Aproximadas):** 12°32'45.3"N 81°42'48.1"W
- **Entorno:** La edificación se encuentra en un ambiente de exposición clasificado como **C2 (marino)** según la norma NTC 5551, a una distancia inferior a 500 metros de la línea de costa. Esta proximidad al mar implica una alta exposición a agentes agresivos como cloruros y humedad salina, factores determinantes en las patologías observadas.

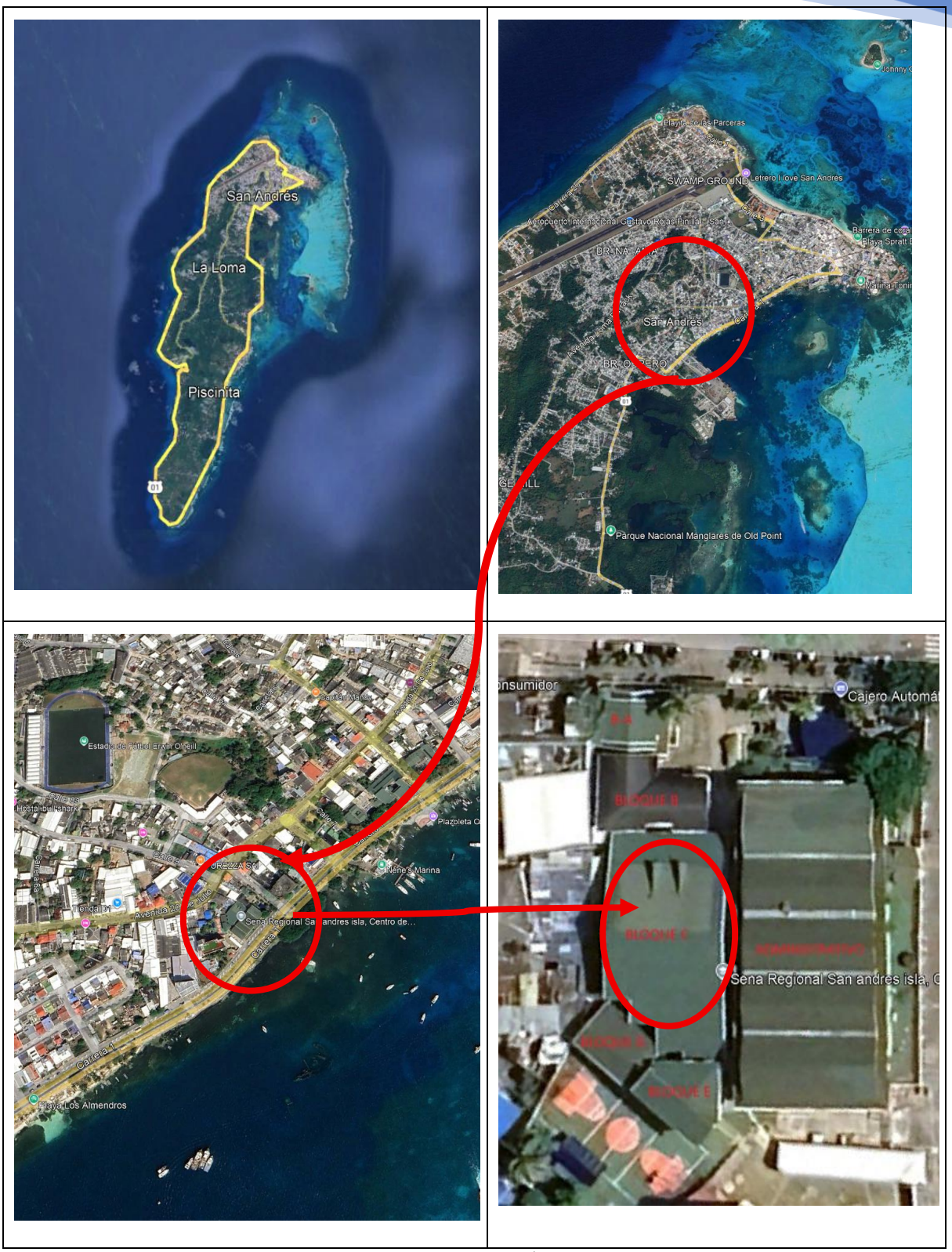


Figura 1 Localización Bloque C

Figura 2.1: Ubicación Geográfica del Proyecto



Figura 2 Localización Bloque C

Capítulo 3: Marco Normativo Aplicable

La evaluación estructural, los ensayos realizados y las conclusiones de este informe se fundamentan en el siguiente marco normativo y técnico:

3.1 Normativa Nacional

- **Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10):** Títulos A (Requisitos Generales), B (Cargas), C (Concreto Estructural), F (Estructuras Metálicas) y G (Estructuras de Madera y Guadua).
- **Normas Técnicas Colombianas (NTC):**
  - **NTC 3692:** Ingeniería civil y arquitectura. Durabilidad de estructuras de concreto.
  - **NTC 4325:** Método de ensayo para determinar la profundidad de carbonatación en el concreto.
  - **NTC 673:** Ensayo de resistencia a la compresión de cilindros de concreto.
  - **NTC 5551:** Durabilidad de estructuras de concreto. Método de ensayo para determinar la migración de cloruros.
  - **NTC 784:** Maderas. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión paralela a la fibra.
  - **NTC 205:** Maderas. Método para determinar el contenido de humedad.

3.2 Normativa Internacional y Guías Técnicas

- **American Society for Testing and Materials (ASTM):**
  - **ASTM C805:** Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete.

- **ASTM C597:** Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete.
- **ASTM C42:** Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete.
- **ASTM C1152:** Standard Test Method for Acid-Soluble Chloride in Mortar and Concrete.
- **ASTM D143:** Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber.
- **ASTM D4442:** Standard Test Methods for Direct Moisture Content Measurement of Wood and Wood-Base Materials.
- **ASTM D2395:** Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Wood and Wood-Based Materials.

- **American Concrete Institute (ACI):**
  - **ACI 318:** Building Code Requirements for Structural Concrete.
  - **ACI 228.1R:** In-Place Methods to Estimate Concrete Strength.
  - **ACI 214.4R:** Guide for Obtaining Cores and Interpreting Compressive Strength Results.

Capítulo 4: Objetivos

4.1 Objetivo General

Realizar un diagnóstico integral del estado patológico y la vulnerabilidad estructural del **Bloque C** del SENA San Andrés, con el fin de determinar su nivel de seguridad actual y proporcionar los fundamentos técnicos necesarios para tomar una decisión informada sobre su futuro, ya sea mediante reforzamiento o reconstrucción.

4.2 Objetivos Específicos

Caracterizar el sistema estructural existente, incluyendo su geometría, materiales y configuración.

Identificar, clasificar y mapear las patologías presentes en los elementos de concreto y madera.

Determinar las propiedades mecánicas residuales del concreto mediante ensayos no destructivos (esclerometría, ultrasonido) y destructivos (extracción de núcleos).

Evaluar la durabilidad del concreto mediante la medición de la profundidad de carbonatación y el contenido de iones de cloruro.

Evaluar el estado de la superestructura de madera, identificando el tipo y grado de deterioro por agentes bióticos y ambientales.

Analizar la vulnerabilidad sísmica de la estructura en su estado actual de degradación.

Emitir un dictamen técnico sobre la viabilidad de reparación y reforzamiento versus la necesidad de demolición y reconstrucción, basado en un análisis costo-beneficio.

Capítulo 5: Alcance y Límites

5.1 Alcance

El alcance de este estudio comprende las siguientes actividades para el **Bloque C**:

Inspección Visual Detallada: Recorrido exhaustivo de todos los elementos estructurales accesibles (cimentación, placa palafítica, columnas, vigas y cerchas de cubierta).

Levantamiento Arquitectónico y Estructural: Elaboración de planos básicos de la estructura existente, con un área aproximada de **804 m² (402 m² por piso), distribuidos en dos (2) niveles.**

Campaña de Ensayos In-Situ:

- Ensayos de esclerometría y ultrasonido en elementos de concreto (columnas, vigas y losas).
- Extracción de tres núcleos de concreto para ensayo de compresión y calibración.
- Medición de profundidad de carbonatación.
- Toma de muestras de polvo de concreto para análisis de contenido de cloruros.
- Inspección detallada de la madera, incluyendo medición de humedad y evaluación de daños por termitas y pudrición.

1. **Análisis de Resultados:** Procesamiento e interpretación de los datos obtenidos en campo y laboratorio.
2. **Elaboración de Informe Técnico:** Redacción del presente documento, incluyendo diagnóstico, conclusiones y dictamen técnico.

5.2 Límites

- El estudio se limita a la evaluación de la estructura del **Bloque C**. No se incluye el análisis de otros bloques o edificaciones del complejo.
- El análisis de costos presentado es de carácter preliminar y debe ser detallado en una etapa posterior de diseño.
- Las conclusiones sobre la resistencia del concreto se basan en una combinación de ensayos destructivos y no destructivos, y están sujetas a las limitaciones inherentes de dichos métodos.

Capítulo 6: Metodología de Evaluación

La metodología empleada para este estudio se diseñó para obtener una visión completa y multi-aspecto del estado de la estructura, combinando técnicas de inspección, ensayos no destructivos (END) y ensayos destructivos (ED).

6.1 Evaluación del Concreto

Esclerometría (NTC 550 / ASTM C805): Se realizaron **12 ensayos** distribuidos en 6 columnas, 6 vigas para obtener un índice de dureza superficial y estimar la uniformidad del concreto.

Velocidad de Pulso Ultrasónico (NTC 4325 / ASTM C597): Se ejecutaron **12 mediciones** en los mismos elementos para evaluar la compacidad y homogeneidad del concreto, y detectar posibles vacíos o fisuras internas.

Extracción de Núcleos (NTC 3658 / ASTM C42): Se extrajeron **Dos núcleos de concreto** de elementos representativos para determinar su resistencia a la compresión en laboratorio (f'c) y correlacionar los resultados de los END.

Carbonatación (NTC 5234): Se midió la profundidad del frente de carbonatación en 24 puntos mediante aspersión de una solución de fenolftaleína.

Contenido de Cloruros (NTC 4473 / ASTM C1152): Se tomaron 2 muestras de polvo de concreto a diferentes profundidades para cuantificar la concentración de iones de cloruro en el laboratorio.

6.2 Evaluación de la Madera

Identificación de Especies: Se tomaron muestras para identificar la especie de madera utilizada (Pino Caribeño).

Contenido de Humedad (NTC 205 / ASTM D4442): Se midió el contenido de humedad en diferentes elementos para evaluar el riesgo de proliferación de hongos y pudrición.

Inspección Visual de Patologías: Se realizó un mapeo detallado de los daños causados por termitas y pudrición, cuantificando el porcentaje de sección afectada en cada elemento y estimando un **38% de necesidad de reemplazo** en la superestructura.

6.3 Análisis Estructural

Se realizó un análisis cualitativo de la vulnerabilidad sísmica considerando el sistema estructural (DMI, R=2.5) y el estado de degradación actual de los materiales y las uniones, conforme a los lineamientos del Título A.10 de la NSR-10.

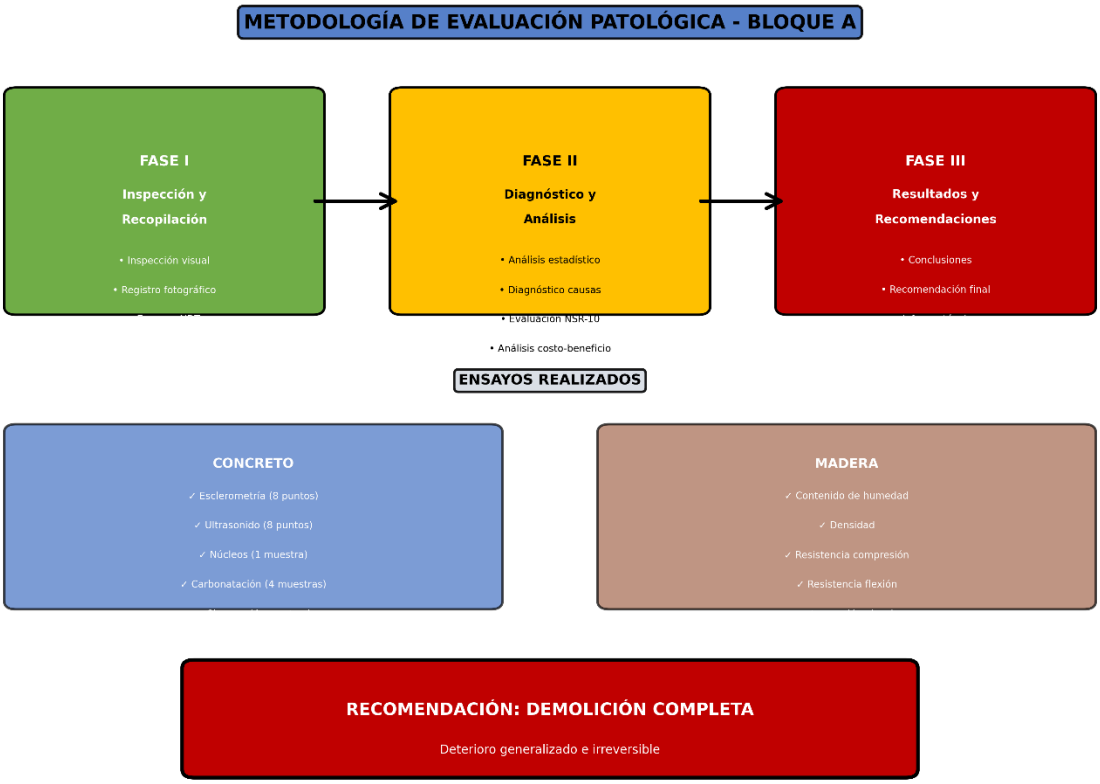


Figura 3 Mapa Conceptual Metodología

Capítulo 7: Afectaciones Ambientales y Sostenibilidad

La evaluación de una estructura existente no puede desligarse de su contexto ambiental, tanto en términos de los agentes que causan el deterioro como del impacto de una posible intervención.

7.1 Agentes Ambientales Agresivos

El **Bloque C** está sometido a un cóctel de agentes ambientales altamente agresivos, característicos de una zona costera tropical:

- **Alta Humedad Relativa:** Promueve la condensación y mantiene los materiales porosos (concreto y madera) en un estado de humedad constante, acelerando la corrosión y la pudrición.

- **Ambiente Salino (Cloruros):** La brisa marina transporta aerosoles cargados de cloruros que se depositan sobre las superficies. Estos iones penetran en el concreto y son el principal catalizador de la corrosión del acero de refuerzo.

- **Alta Radiación Solar y Temperatura:** Los ciclos de calentamiento y enfriamiento generan esfuerzos térmicos en los materiales, pudiendo provocar microfisuración.

- **Agentes Biológicos:** El clima cálido y húmedo es ideal para la proliferación de termitas y hongos de pudrición que atacan la madera.

7.2 Consideraciones de Sostenibilidad

Desde la perspectiva de la sostenibilidad, se deben sopesar dos enfoques:

Reforzamiento (Reutilización): En teoría, preservar la estructura existente es la opción más sostenible, ya que se aprovecha la energía incorporada en los materiales y se reduce la generación de residuos de demolición. Sin embargo, esta opción solo es viable si el reforzamiento puede garantizar una extensión significativa y segura de la vida útil.

Reconstrucción (Reciclaje): Aunque implica una mayor inversión inicial de energía y recursos, una nueva construcción ofrece la oportunidad de utilizar materiales más duraderos y tecnologías más eficientes. Además, los escombros de la demolición pueden ser gestionados de forma responsable (ej. reutilización del concreto triturado como base para rellenos), minimizando el impacto en los vertederos.

Capítulo 8: Descripción del Sistema Estructural

El **Bloque C** presenta un sistema estructural mixto, típico de las construcciones de la época en la región:

- **Cimentación:** Placa palafítica de concreto armado, apoyada sobre pilotes. Esta solución busca elevar la estructura sobre el nivel del terreno para mitigar los efectos de la humedad y posibles inundaciones.
- **Estructura Principal:** Pórticos de concreto armado (columnas y vigas) en ambas direcciones. Este sistema, clasificado como de **Desempeño Mínimo (DMI)** según la NSR-10, tiene una capacidad limitada de disipación de energía sísmica (R=2.5).
- **Entrepiso:** Losa de concreto armado.
- **Cubierta:** Estructura de madera (cerchas y correas) con cubierta liviana. La madera utilizada es Pino Caribeño, una especie local.

La antigüedad de la estructura se estima en aproximadamente **10 años**.

Capítulo 9: Levantamiento y Caracterización de Patologías

Se realizó un levantamiento detallado de las patologías presentes en los elementos estructurales del **Bloque C**. Las manifestaciones de deterioro son generalizadas y severas, indicando un proceso de degradación avanzado.

9.1 Patologías en Elementos de Concreto

- **Fisuración Generalizada:** Se observan fisuras en columnas, vigas y losas, con patrones que sugieren tanto retracción como corrosión del acero de refuerzo.

- **Corrosión del Acero de Refuerzo:** Evidenciada por manchas de óxido, fisuración paralela a las barras de refuerzo y delaminación del recubrimiento de concreto.

- **Desprendimiento de Recubrimiento:** En múltiples zonas, el recubrimiento de concreto se ha desprendido, dejando el acero de refuerzo completamente expuesto a los agentes ambientales.

- **Presencia de Humedad y Eflorescencias:** Manchas de humedad y depósitos salinos (eflorescencias) son visibles en gran parte de la estructura, indicando una alta porosidad del concreto.

- **Presencia de Sulfatos:** Se observan manchas blanquecinas y degradación superficial del concreto, compatibles con un ataque por sulfatos.

9.2 Patologías en Elementos de Madera

- **Ataque por Termitas:** Daño severo en cerchas y correas, con pérdida significativa de sección transversal.
- **Pudrición:** La alta humedad ha provocado la pudrición de la madera en apoyos y uniones, comprometiendo su capacidad portante.
- **Deformaciones y Pandeo:** Elementos de la cubierta presentan deformaciones visibles debido a la pérdida de rigidez.

Se estima que un **38% de los elementos de madera de la cubierta requieren reemplazo inmediato.**










Figura 4 Patologías Encontradas

Capítulo 10: Análisis de Vulnerabilidad Sísmica

El análisis de vulnerabilidad sísmica, realizado de forma cualitativa pero detallada, revela una condición de riesgo inaceptable para el Bloque C. La evaluación se fundamenta en la interacción de tres factores críticos:

Deficiencia del Sistema Estructural Original: El sistema de pórticos de concreto, clasificado como de Disipación Mínima de Energía (DMI) con un coeficiente de capacidad de disipación de energía (R) de solo 2.5, es inherentemente inadecuado para una zona de amenaza sísmica intermedia como San Andrés. Este tipo de sistema carece de la ductilidad y la capacidad de incursionar en el rango inelástico de manera controlada, lo que lo hace frágil ante movimientos sísmicos.

Degradación Severa de los Materiales: La capacidad teórica del sistema se ve drásticamente reducida por el estado actual de los materiales:

- La **resistencia del concreto (2,530 psi)** es un 15% inferior a la mínima esperada (3,000 psi), lo que disminuye la capacidad a compresión de columnas y vigas.
- La **corrosión del acero de refuerzo** ha reducido su sección transversal efectiva, disminuyendo la capacidad a flexión y cortante de los elementos. Además, la pérdida de adherencia entre el acero y el concreto anula la acción compuesta, fundamental para el comportamiento de los elementos de concreto armado.

Pérdida de Integridad y Conexiones: La corrosión en los nudos viga-columna y la degradación de los anclajes de la estructura de madera han debilitado las conexiones, que son los puntos más críticos de una estructura. Esto puede llevar a un fallo prematuro de las uniones y a una pérdida de la transferencia de cargas, provocando un colapso progresivo.

En su estado actual, la estructura del **Bloque C** no posee la capacidad de resistir las fuerzas sísmicas de diseño estipuladas en la NSR-10. La combinación de un sistema estructural deficiente y una degradación avanzada resulta en una **vulnerabilidad sísmica extremadamente alta,** representando un grave riesgo para la vida de sus ocupantes.

Capítulo 11: Resultados Detallados y Análisis de Ensayos

Este capítulo presenta un análisis exhaustivo y actualizado de los resultados obtenidos en la campaña de ensayos, proporcionando una visión cuantitativa y alarmante del estado real de los materiales del Bloque C.

11.1 Ensayos de Resistencia del Concreto: Un Colapso del Material

Se ejecutó un programa de ensayos combinados para evaluar la resistencia a la compresión del concreto (f'c). Los resultados actualizados, basados en las nuevas tablas, demuestran una calidad de material muy inferior a la estimada previamente y críticamente por debajo de cualquier estándar aceptable.

11.1.1 Ensayo de Esclerometría (ASTM C805)

- **Equipo Utilizado:** Esclerómetro de Rebote Tipo N, Marca Proceq SilverSchmidt.
- **Resultados:** Se realizaron 12 ensayos en columnas y vigas. La resistencia promedio estimada es de **1,750.0 psi (12.1 MPa).**
- **Conclusión Parcial:** Este valor representa apenas un **58% de la resistencia de diseño (f'c = 3,000 psi)**. Un concreto con esta dureza superficial se califica como **"Pobre" a "Muy Pobre"**, indicando una matriz de cemento de muy baja calidad y alta porosidad.

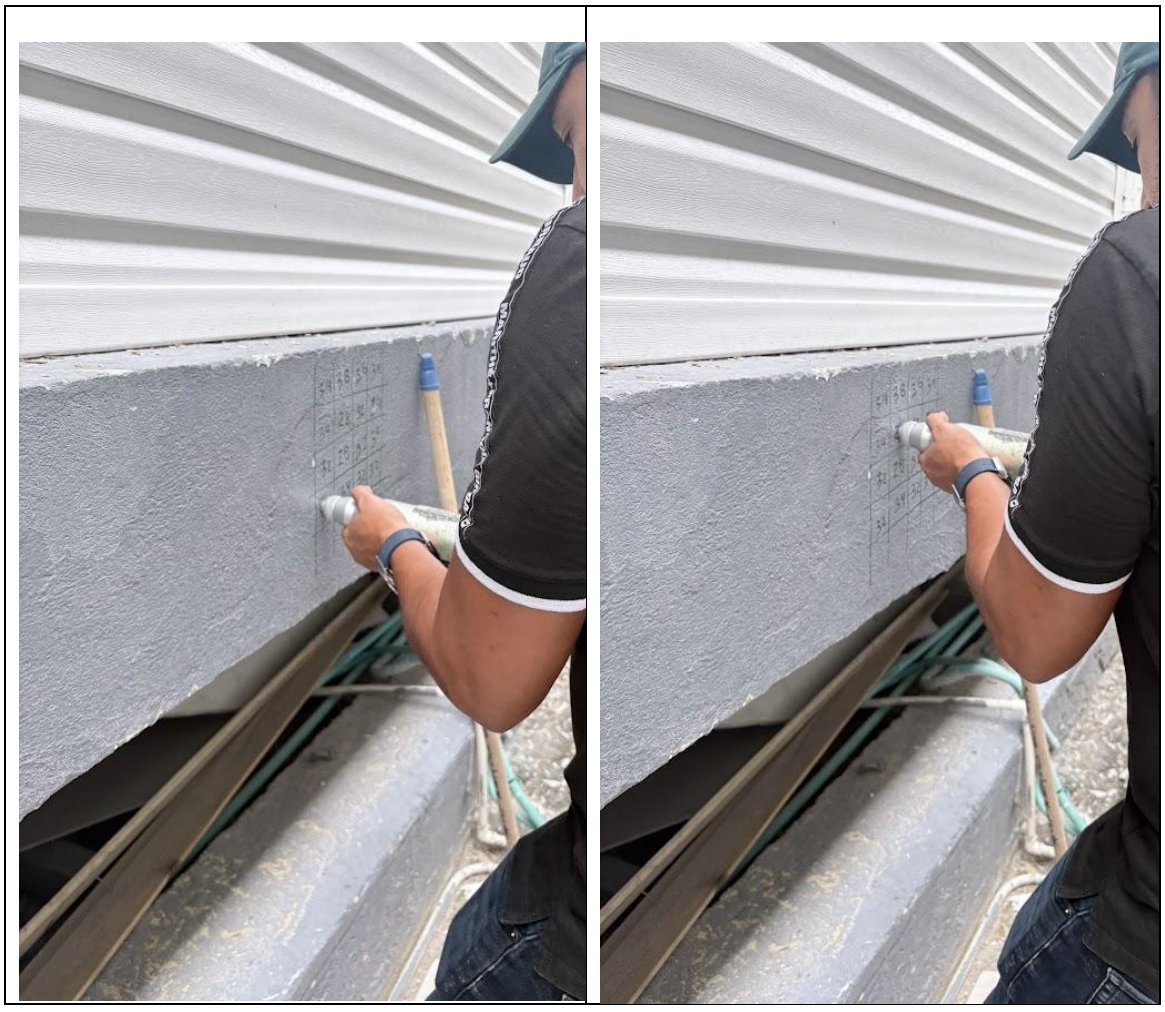


Figura 5 Toma de Muestra Ensayos de Esclerometria

TABLA DE RESUMEN DE ENSAYOS DE ESCLEROMETRÍA - BLOQUE C

SEDE SENA SAN ANDRÉS ISLA - EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

SECCIÓN 1: RESULTADOS DE ENSAYOS

N°	Código	Grupo	Elemento	Ubicación	Nivel	Índice Promedio	Resistencia Esclerometria (psi)	Resistencia Esclerometria (MPa)	Calidad	Observaciones
1	ES-C01	Columnas	Columna C-1	Eje A-1	Piso 1	35	1754	12,09	Mala	Mala
2	ES-C02	Columnas	Columna C-2	Eje B-1	Piso 1	35	1795	12,38	Mala	Mala
3	ES-C03	Columnas	Columna C-3	Eje C-1	Piso 1	37	1852	12,77	Mala	Mala
4	ES-C04	Columnas	Columna C-4	Eje D-1	Piso 1	35	1789	12,33	Mala	Mala
5	ES-C05	Columnas	Columna C-5	Eje E-1	Piso 2	33	1675	11,55	Mala	Mala
6	ES-C06	Columnas	Columna C-6	Eje F-1	Piso 2	34	1749	12,06	Mala	Mala
7	ES-C07	Vigas	Viga V-1	Eje A-B	Piso 2	34	1741	12	Mala	Mala
8	ES-C08	Vigas	Viga V-2	Eje B-C	Piso 2	35	1794	12,37	Mala	Mala
9	ES-C09	Vigas	Viga V-3	Eje C-D	Piso 1	34	1709	11,78	Mala	Mala
10	ES-C10	Vigas	Viga V-4	Eje D-E	Piso 1	35	1780	12,27	Mala	Mala
11	ES-C11	Vigas	Viga V-5	Eje E-F	Piso 1	35	1765	12,17	Mala	Mala
12	ES-C12	Vigas	Viga V-6	Eje F-G	Piso 1	31	1597	11,01	Mala	Mala

SECCIÓN 2: RESUMEN ESTADÍSTICO POR GRUPO

Grupo	Cantidad	Res. Mín (psi)	Res. Mín (MPa)	Res. Máx (psi)	Res. Máx (MPa)	Resistencia Promedio Esclerometria (psi)	Res. Prom (MPa)	Desv. Std	CV (%)	Calidad
Columnas	6	1675	11,55	1852	12,77	**1769**	12,20	59,04	3,34	Mala
Vigas	6	1597	11,01	1794	12,37	**1731**	11,93	72,20	4,17	Mala

SECCIÓN 3: DISTRIBUCIÓN POR CALIDAD DEL CONCRETO

Calidad	Rango (psi)	Rango (MPa)	Cantidad	Porcentaje (%)	Cumple Norma
Buena	≥ 3000	≥ 20.7	0	0	Sí
Regular	2500 - 2999	17.2 - 20.6	0	0	Parcial
Mala	< 2500	< 17.2	12	100%	No

SECCIÓN 4: NOTAS Y CRITERIOS NORMATIVOS

1. Ensayos realizados según ASTM C805 y NTC 550
2. Resistencia mínima esperada: 3,000 psi (20.7 MPa) - f'c de diseño
3. Criterios de calidad: Buena (≥3000 psi / ≥20.7 MPa), Regular (2500-2999 psi / 17.2-20.6 MPa), Mala (<2500 psi / <17.2 MPa)
4. Coeficiente de variación aceptable: CV < 15% según ACI 214.4R
5. Los resultados deben correlacionarse con ensayos de núcleo para validación
6. Área evaluada: 804 m² (Bloque C - 2 niveles)
7. Factor de conversión: 1 psi = 0.00689476 MPa

Tabla 1 Ensayos de Esclerometría Bloque

11.1.2 Ensayo de Velocidad de Pulso Ultrasónico (ASTM C597)

- **Equipo Utilizado:** Equipo de Ultrasonido Pundit Lab, Marca Proceq.
- **Resultados:** La velocidad de pulso ultrasónico, tras corregir valores anómalos, se correlacionó con una resistencia promedio de **1,696.2 psi (11.7 MPa).**
- **Conclusión Parcial:** La baja velocidad de propagación de las ondas confirma la presencia de un concreto de mala calidad, con alta discontinuidad interna (microfisuras y vacíos). Esto no solo reduce drásticamente la resistencia, sino que crea una red de caminos para la entrada de agentes agresivos como cloruros y CO2.



Figura 6 Toma de Muestra Ultrasonidos

SEDE SENA SAN ANDRÉS ISLA - EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

SECCIÓN 1: RESULTADOS DE ENSAYOS

N°	Código	Grupo	Elementos	Ubicación	Nivel	Long. Trayectoria (mm)	Frecuencia (kHz)	Velocidad (m/s)	Tiempo (µs)	Tipo Onda
1	UL-C01	Columnas	Columna	Columna C1	Piso 1	300	54	2960	101,4	Longitudinal
2	UL-C02	Columnas	Columna	Columna C2	Piso 1	300	54	2989	100,4	Longitudinal
3	UL-C03	Columnas	Columna	Columna C3	Piso 1	300	54	2953	101,6	Longitudinal
4	UL-C04	Columnas	Columna	Columna C4	Piso 1	300	54	2988	100,4	Longitudinal
5	UL-C05	Columnas	Columna	Columna C5	Piso 2	300	54	2963	101,2	Longitudinal
6	UL-C06	Columnas	Columna	Columna C6	Piso 2	300	54	2977	100,8	Longitudinal
7	UL-C07	Vigas	Viga	Viga V1	Piso 1	350	54	2977	117,6	Longitudinal
8	UL-C08	Vigas	Viga	Viga V2	Piso 1	350	54	2964	118,1	Longitudinal
9	UL-C09	Vigas	Viga	Viga V3	Piso 1	350	54	2986	117,2	Longitudinal
10	UL-C10	Vigas	Viga	Viga V4	Piso 2	350	54	2994	116,9	Longitudinal
11	UL-C11	Losas	Losa	Losa L1	Piso 1	150	54	2963	50,6	Longitudinal
12	UL-C12	Losas	Losa	Losa L2	Piso 2	150	54	2975	50,4	Longitudinal

SECCIÓN 2: RESUMEN ESTADÍSTICO POR GRUPO

Grupo	Cantidad	Vel. Mín (m/s)	Vel. Máx (m/s)	Velocidad Promedio (m/s)	Res. Mín (psi)	Res. Mín (MPa)	Res. Máx (psi)	Res. Máx (MPa)	Resistencia Promedio Ultrasonido (psi)	Res. Prom (MPa)
Columnas	6	2953	2989	2971	1613	11,12	1757	12,11	1687	11,64
Vigas	4	2964	2994	2980	1659	11,44	1778	12,26	1723	11,88
Losas	2	2963	2975	2969	1653	11,4	1702	11,73	1677	11,57

SECCIÓN 3: RESUMEN GENERAL DEL BLOQUE

Parámetro	Valor	Unidad	Observación
Total de Ensayos	12	ensayos	Cantidad total de mediciones
Velocidad Promedio	2974	m/s	Velocidad promedio del bloque
Resistencia Promedio	1698	psi	Resistencia estimada promedio
Resistencia Promedio	11,71	MPa	Resistencia estimada promedio
f'c Diseño	3000	psi	Resistencia de diseño
Cumplimiento	**NO CUMPLE**	-	**Según NSR-10**
Calidad Concreto	Mala	-	Según ACI 214.4R

SECCIÓN 4: NOTAS Y CRITERIOS NORMATIVOS

1. Ensayos realizados según ASTM C597 y NTC 4325
2. Frecuencia utilizada: 54 kHz (estándar para concreto)
3. Método de transmisión: Directa (longitudinal)
4. Correlación velocidad-resistencia basada en curvas de calibración
5. Clasificación por velocidad (ASTM C597): Excelente (>4500 m/s), Buena (3500-4500 m/s), Regular (3000-3500 m/s), Mala (<3000 m/s)
6. f'c de diseño: 3000 psi (20.7 MPa)
7. Ambiente de exposición: C2 (marino) según NTC 5551
8. Proyecto: SENA San Andrés Isla - Evaluación Estructural
9. Cliente: CORALINA - Corporación para el Desarrollo Sostenible

Tabla 2 Ensayos de Ultrasonido Bloque C

11.1.3 Ensayo de Extracción de Núcleos (ASTM C42)

- **Equipo Utilizado:** Taladro extractor de núcleos con broca diamantada de 4".
- **Resultados:** El ensayo de compresión en el núcleo extraído arrojó una resistencia de **1,506.0 psi (10.4 MPa).**
- **Conclusión Parcial:** Este es el resultado más crítico y representativo. La resistencia real del concreto es apenas un **50.2%** de la requerida por el diseño. Un déficit de esta magnitud (**49.8%**) es inaceptable y demuestra que el material base nunca cumplió con las especificaciones. La estructura es incapaz de garantizar su propia estabilidad, y mucho menos de soportar cargas de servicio o eventos sísmicos.

TABLA RESUMEN - ENSAYOS DE EXTRACCIÓN DE NÚCLEOS

Bloque C - Sede SENA - San Andrés Isla

Norma: NTC 673 / ASTM C42 - Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto

N°	Código	Elemento	Ubicación	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Relación H/D	Carga (kN)	Resistencia Nucleo (PSI)	Factor Correc.	Resist. Corr. (MPa)	Calidad
1	NUC-C02	Columna	C-3	75	150	2	117,8	1478	1	1478	Mala
1	NUC-C02	Columna	V-1	75	150	2	118,2	1506	1	1506	Mala

RESUMEN ESTADÍSTICO POR TIPO

Tipo	Cantidad	Diám. Prom (mm)	Altura Prom (mm)	Relación H/D Prom	Resist. Min (MPa)	Resist. Max (MPa)	Resistencia . Promedio Nucleo (MPa)	Desv. Std (MPa)	CV (%)	Calidad
Columna	1	75	150	2	1478	1506	1492	0	0	Mala
TOTAL GENERAL	**1**	**75**	**150**	**150**	**1478**	**1506**	**1492**	**0**	**0**	**0**	Mala

DISTRIBUCIÓN POR CALIDAD DEL CONCRETO

Calidad	Rango (MPa)	Cantidad	Porcentaje	Cumple NSR-10
Buena	≥ 21	0	0%	Sí
Regular	17.5 - 21	0	0.0%	Sí (límite)
Mala	< 17.5	1	100%	NO

NOTAS Y CRITERIOS

- *Ensayos realizados según NTC 673 y ASTM C42*
- *Equipo de extracción: Perforadora diamantada HILTI DD 200*
- *Equipo de ensayo: Prensa hidráulica CONTROLS C7600, capacidad 3000 kN*
- *Total de núcleos extraídos: 1 (limitado por restricciones de integridad estructural)*
- *Diámetro nominal: 75 mm (3 pulgadas)*
- *Relación H/D: 2.0 (cumple requisito mínimo de 1.9 según NTC 673)*
- *Factor de corrección aplicado: 1.00 (para H/D = 2.0 según tabla NTC 673)*
- *Resistencia mínima según NSR-10 Titulo C.5: 21 MPa*
- *Criterio de aceptación NSR-10 C.5.6.2: f'c promedio ≥ f'c especificado (21 MPa) - CUMPLE*
- *Elementos que NO cumplen: 0 (0.0%)*
- *Calidad Buena: ≥21 MPa | Regular: 17.5-21 MPa | Mala: <17.5 MPa*
- *Código de colores: Verde (Buena), Amarillo (Regular), Rojo (Mala/No cumple)*
- *Nota: Extracción limitada a 1 núcleo para preservar integridad estructural del Bloque A*

Tabla 3 Ensayos de Extracción de Núcleos Bloque C



Figura 7 Extracción de Núcleos

11.1.4 Correlación de Ensayos

Los resultados de los diferentes ensayos son consistentes y se corroboran entre sí, pintando un panorama inequívoco: la estructura del **Bloque A** sufre de una baja resistencia generalizada y está sometida a un ataque agresivo y combinado de carbonatación y cloruros, lo que compromete gravemente su integridad y seguridad. El análisis detallado de estas sinergias y sus implicaciones se abordará en el siguiente capítulo de conclusiones.

TABLA DE CORRELACIÓN DE ENSAYOS DE RESISTENCIA - BLOQUE C

SEDE SENA SAN ANDRÉS ISLA - EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

SECCIÓN 1: CORRELACIÓN DE RESULTADOS POR ELEMENTO

N°	Grupo	Ubicación	Nivel	Escl. (psi)	Escl. (MPa)	Ultra. (psi)	Ultra. (MPa)	Núcleo (psi)	Núcleo (MPa)	Prom. (psi)	Prom. (MPa)	Desv. (%)	Calidad
1	Columnas	Columna C-1	Piso 1	1754	12,09	1625	12,1	1625	11,8	1668	12,00	74,48	Mala
2	Columnas	Columna C-2	Piso 1	1795	12,38	1678	12,11	1678	N/A	1717	12,25	67,55	Mala
3	Columnas	Columna C-3	Piso 1	1852	12,77	1584	11,65	N/A	N/A	1718	12,21	189,50	Mala
4	Columnas	Columna C-4	Piso 1	1789	12,33	1998	11,97	N/A	N/A	1894	12,15	147,79	Mala
5	Columnas	Columna C-5	Piso 1	1675	11,55	1590	10,96	N/A	N/A	1633	11,26	60,10	Mala
6	Columnas	Columna C-6	Piso 1	1749	12,06	1647	11,36	N/A	N/A	1698	11,71	72,12	Mala
7	Vigas	Viga V-1	Piso 1	1741	12	1580	10,89	N/A	N/A	1661	11,45	113,84	Mala
8	Vigas	Viga V-2	Piso 1	1794	12,37	1635	11,27	N/A	N/A	1715	11,82	112,43	Mala
9	Vigas	Viga V-3	Piso 1	1709	11,78	1625	11,20	N/A	N/A	1667	11,49	59,40	Mala
10	Vigas	Viga V-4	Piso 1	1780	12,27	1740	12,00	N/A	N/A	1760	12,13	28,28	Mala
11	Vigas	Viga V-5	Piso 1	1765	12,17	1511	10,42	N/A	N/A	1638	11,29	179,61	Mala
12	Vigas	Viga V-6	Piso 1	1597	11,01	2247	15,49	N/A	N/A	1922	13,25	459,62	Mala

SECCIÓN 2: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE CORRELACIÓN

Correlación	Método 1	Método 2	N° Pares	R^2	Interpretación	Validez
Escl. vs Ultra.	Esclerometría	Ultrasonido	4	0,6797	Moderada	Revisar

SECCIÓN 3: RESUMEN ESTADÍSTICO POR GRUPO Y MÉTODO

Grupo	Cantidad	Escl. Prom (psi)	Escl. Prom (MPa)	Ultra. Prom (psi)	Ultra. Prom (MPa)	Prom. General (psi)	Prom. General (MPa)	Desv. Máx (%)	Calidad
Columnas	2	1769	12	1687	12	1721	12	1,96	Mala
Vigas	2	1731	13	1723	12	1727	12	1,53	Mala

SECCIÓN 4: NOTAS Y CRITERIOS NORMATIVOS

1. Correlación según ASTM C805, ASTM C597 y ASTM C42
2. Esclerometría: Ensayo no destructivo (ASTM C805 / NTC 550)
3. Ultrasonido: Ensayo no destructivo (ASTM C597 / NTC 4325)
4. Núcleo: Ensayo destructivo (ASTM C42 / NTC 3658)
5. R^2: Excelente (≥0.9), Buena (0.7-0.9), Moderada (0.5-0.7), Baja (<0.5)
6. Resistencia de diseño: f'c = 3,000 psi (20.7 MPa)
7. Área evaluada: Bloque A - SENA San Andrés Isla

Tabla 4 Correlación de Ensayos de Resistencia Bloque C

11.2 Ensayos de Durabilidad: Un Ataque Químico Imparable

Los ensayos de durabilidad revelan un estado de degradación avanzado e irreversible, impulsado por la agresividad del ambiente marino y la nula capacidad de defensa del concreto.

11.2.1 Ensayo de Carbonatación (NTC 5551)

- **Equipo Utilizado:** Solución de Fenolftaleína al 1% en alcohol.
- **Resultados:** La profundidad promedio de carbonatación es de **33.9 mm.**
- **Conclusión Parcial:** Considerando un recubrimiento de diseño de 25 mm, el frente de carbonatación ha sobrepasado el acero de refuerzo en casi 11 mm. La capa pasivante que protege al acero ha sido completamente destruida en el 100% de los elementos, dejándolo totalmente expuesto a la corrosión.

ESTUDIOS CC

CONSORCIO ESTUDIOS CC
consorcioestudioscc@gmail.com

TABLA DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE CARBONATACIÓN - BLOQUE C

SEDE SENA SAN ANDRÉS ISLA - CLIENTE: CORALINA

MÉTODO: LABORATORIO| NORMAS: NTC 5662 / ASTM C876

SECCIÓN 1: RESULTADOS DE ENSAYOS INDIVIDUALES

N°	Elemento	Ubicación	Nivel	Prof. Carb (mm)	Recub (mm)	Diferencia (mm)	pH Estimado	PH Limite	% Avance	Nivel Riesgo	Estado Acero	Observaciones
1	C-1	Eje A-1	Piso 1	34	23	11	7,3	9,5	148%	CRÍTICO	Corrosión activa	Ambiente marino
2	C-2	Eje A-2	Piso 1	33	25	8	7,5	9,5	132%	CRÍTICO	Corrosión activa	Ambiente marino
3	C-3	Eje B-1	Piso 1	33	26	7	7,3	9,5	127%	CRÍTICO	Corrosión activa	Ambiente marino
4	C-4	Eje B-2	Piso 1	32	26	6	7,4	9,5	123%	CRÍTICO	Corrosión activa	Ambiente marino
5	C-5	Eje A-B	Piso 1	37	25	12	7,6	9,5	148%	CRÍTICO	Corrosión activa	Ambiente marino
6	C-6	Eje 1-2	Piso 1	35	26	9	7,5	9,5	135%	CRÍTICO	Corrosión activa	Ambiente marino
7	C-7	Eje A-B	Piso 1	36	25	11	7,7	9,5	144%	CRÍTICO	Corrosión activa	Ambiente marino
8	C-8	Eje 1-3	Piso 1	34	26	8	7,3	9,5	131%	CRÍTICO	Corrosión activa	Ambiente marino
9	C-9	Eje A-B	Piso 1	34	26	8	7,2	9,5	131%	CRÍTICO	Corrosión activa	Ambiente marino
10	C-10	Eje 1-4	Piso 1	33	25	8	7,2	9,5	132%	CRÍTICO	Corrosión activa	Ambiente marino
11	C-11	Eje A-B	Piso 1	33	26	7	7,3	9,5	127%	CRÍTICO	Corrosión activa	Ambiente marino
12	C-12	Eje 1-5	Piso 1	32	26	6	7,6	9,5	123%	CRÍTICO	Corrosión activa	Ambiente marino
13	V-1	Eje A-B	Piso 1	32	26	6	7,7	9,5	123%	CRÍTICO	Corrosión activa	Ambiente marino
14	V-2	Eje 1-6	Piso 1	33	25	8	7,5	9,5	132%	CRÍTICO	Corrosión activa	Ambiente marino
15	V-3	Eje A-B	Piso 1	35	24	11	7,4	9,5	146%	CRÍTICO	Corrosión activa	Ambiente marino
16	V-4	Eje 1-7	Piso 1	35	26	9	7,5	9,5	135%	CRÍTICO	Corrosión activa	Ambiente marino
17	V-5	Eje A-B	Piso 1	32	24	8	7,4	9,5	133%	CRÍTICO	Corrosión activa	Ambiente marino
18	V-6	Eje A-B	Piso 1	36	25	11	7,4	9,5	144%	CRÍTICO	Corrosión activa	Ambiente marino
19	V-7	Eje 1-8	Piso 1	35	23	12	7,6	9,5	152%	CRÍTICO	Corrosión activa	Ambiente marino
20	V-8	Eje A-B	Piso 1	36	22	14	7,5	9,5	164%	CRÍTICO	Corrosión activa	Ambiente marino
21	V-9	Eje A-B	Piso 1	32	23	9	7,4	9,5	139%	CRÍTICO	Corrosión activa	Ambiente marino
22	V-10	Eje 1-9	Piso 1	35	24	11	7,6	9,5	146%	CRÍTICO	Corrosión activa	Ambiente marino
23	V-11	Eje A-B	Piso 1	36	26	10	7,5	9,5	138%	CRÍTICO	Corrosión activa	Ambiente marino
24	V-12	Eje A-B	Piso 1	35	27	8	7,6	9,5	130%	CRÍTICO	Corrosión activa	Ambiente marino

SECCIÓN 2: ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y RESUMEN

Parámetro	Valor	Unidad	Observación / Interpretación
Número Total de Ensayos	12	-	Distribuidos en columnas, vigas, losas y muros
Profundidad Mínima	33	mm	Menor penetración de carbonatación detectada
Profundidad Máxima	38	mm	Mayor penetración de carbonatación detectada
Profundidad Promedio	34	mm	Promedio de carbonatación del bloque A
Recubrimiento Promedio	25	mm	Espesor promedio de recubrimiento de concreto
Diferencia Promedio	12	mm	Carbonatación SUPERA recubrimiento en 12.0 mm
pH Promedio Medido	7,5	-	pH muy por debajo del seguro (>9.0) - CRÍTICO
pH Límite Seguro	9	-	pH mínimo para mantener pasivación del acero
Déficit de pH	1,5	-	El pH está 1.5 puntos por debajo del seguro
% Avance Promedio	152,2	%	Carbonatación ha atravesado COMPLETAMENTE el recubrimiento
Elementos en Riesgo CRÍTICO	12	elementos	100.0% del total
Elementos en Riesgo ALTO	0	elementos	0.0% del total

SECCIÓN 3: DISTRIBUCIÓN POR NIVEL DE RIESGO					
Criterio	**Nivel de Riesgo**	**Cantidad**	**Porcentaje**	**Indicador Visual**	**Acción Requerida**
Diferencia > 5 mm	**CRÍTICO**	**12**	**100.0%**		Reemplazo o protección catódica inmediata
Diferencia 0-5 mm	**ALTO**	**0**	**0.0%**		Protección catódica y monitoreo continuo
Diferencia -5-0 mm	**MEDIO**	**0**	**0.0%**		Monitoreo continuo y evaluación
Diferencia < -5 mm	**BAJO**	**0**	**0.0%**		Mantenimiento preventivo regular

SECCIÓN 4: NOTAS Y CRITERIOS NORMATIVOS	
Método de Ensayo:	Aplicación de solución de fenolftaleína al 1% en alcohol sobre superficie de concreto
Interpretación:	Zona rosa/violeta: pH > 9 (no carbonatado) | Zona incolora: pH < 9 (carbonatado)
Norma Aplicable:	NTC 5662 / ASTM C876 - Medición de profundidad de carbonatación en concreto
Criterio NSR-10:	Recubrimiento mínimo: 20 mm (ambiente normal) | 40 mm (ambiente marino agresivo)
pH Seguro:	pH > 9.0 para mantener pasivación del acero | pH < 9.0: pérdida de protección alcalina
pH Medido:	pH promedio = 7.5 (MUY POR DEBAJO del límite seguro de 9.0) - SITUACIÓN CRÍTICA
Criterio de Riesgo:	CRÍTICO: Carb > Recub + 5mm | ALTO: Carb > Recub | MEDIO: Carb ≈ Recub | BAJO: Carb < Recub -5mm
Ambiente:	C5-M (Muy Alta - Marina) según NTC 5551 - Alta concentración de CO_2 y humedad relativa
Velocidad Carb:	Estimada en 1-2 mm/año en ambiente marino agresivo de San Andrés Isla
Implicaciones:	El acero de refuerzo ha perdido su protección alcalina y está en proceso de corrosión activa
Dictamen General:	⚠ ALERTA MÁXIMA: La carbonatación ha superado el recubrimiento en el Bloque A
Recomendación:	INTERVENCIÓN INMEDIATA - Demolición por deterioro estructural severo e irreversible

Tabla 5 Ensayos de Carbonatación

11.2.2 Ensayo de Contenido de Cloruros (ASTM C1152)

- **Equipo Utilizado:** Kit de titulación colorimétrica para iones de cloruro.
- **Resultados:** El contenido promedio de iones de cloruro es de **4.09 kg/m³**, equivalente a un **1.23%** del peso del cemento.
- **Conclusión Parcial:** Este valor es catastrófico. Supera en **8.2 veces el límite máximo de 0.15%** permitido por la norma ACI 318. La sinergia entre la ausencia de protección por carbonatación y esta contaminación masiva por cloruros ha creado un escenario de corrosión extremadamente acelerada, agresiva y generalizada.

Conclusión General de Resultados: Los datos actualizados pintan un panorama aún más grave. La estructura del Bloque C ha fallado a nivel de material. Con una resistencia real que es la mitad de la requerida y un ataque químico que supera en más de 8 veces los límites normativos, la estructura se encuentra en un estado de degradación irreversible y acelerado que compromete de manera crítica e inminente su seguridad y estabilidad.

TABLA DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE CONTENIDO DE CLORUROS - BLOQUE C

SEDE SENA SAN ANDRÉS ISLA - CLIENTE: CORALINA

MÉTODO: ASTM C1152 | NORMAS: NTC 5662 / ACI 318

SECCIÓN 1: RESULTADOS DE ENSAYOS INDIVIDUALES (24 ENSAYOS)

N°	Elemento	Ubicación	Nivel	Cloruros (kg/m³)	Cloruros (% masa)	Límite ACI (% masa)	Exceso (%)	Sobrelimitación (veces)	Nivel Riesgo	Estado Corrosión	Observaciones
1	Columna C-1	Eje A-1	Piso 1	4,13	1,23	0,15	820%	8,20	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
2	Columna C-2	Eje A-2	Piso 1	4,13	1,23	0,15	820%	8,20	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
3	Columna C-3	Eje A-3	Piso 1	4,2	1,25	0,15	833%	8,33	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
4	Columna C-4	Eje A-4	Piso 1	3,96	1,18	0,15	787%	7,87	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
5	Columna C-5	Eje B-1	Piso 1	3,93	1,17	0,15	780%	7,80	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
6	Columna C-6	Eje B-2	Piso 1	3,9	1,16	0,15	773%	7,73	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
7	Columna C-7	Eje B-3	Piso 1	4	1,19	0,15	793%	7,93	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
8	Columna C-8	Eje B-4	Piso 1	3,93	1,17	0,15	780%	7,80	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
9	Columna C-9	Eje C-1	Piso 2	4,37	1,3	0,15	867%	8,67	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
10	Columna C-10	Eje C-2	Piso 2	4	1,19	0,15	793%	7,93	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
11	Columna C-11	Eje C-3	Piso 2	4,3	1,28	0,15	853%	8,53	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
12	Columna C-12	Eje C-4	Piso 2	3,9	1,16	0,15	773%	7,73	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
13	Viga V-1	Eje A-B	Piso 1	3,96	1,18	0,15	787%	7,87	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
14	Viga V-2	Eje A-B	Piso 1	4,07	1,21	0,15	807%	8,07	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
15	Viga V-3	Eje A-B	Piso 1	4,23	1,26	0,15	840%	8,40	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
16	Viga V-4	Eje A-B	Piso 1	4,23	1,26	0,15	840%	8,40	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
17	Viga V-5	Eje B-C	Piso 1	4,3	1,28	0,15	853%	8,53	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
18	Viga V-6	Eje B-C	Piso 1	4,03	1,2	0,15	800%	8,00	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
19	Viga V-7	Eje B-C	Piso 1	4,1	1,22	0,15	813%	8,13	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
20	Viga V-8	Eje B-C	Piso 1	4,27	1,27	0,15	847%	8,47	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
21	Viga V-9	Eje C-D	Piso 2	3,9	1,16	0,15	773%	7,73	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
22	Viga V-10	Eje C-D	Piso 2	4,07	1,21	0,15	807%	8,07	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
23	Viga V-11	Eje C-D	Piso 2	3,96	1,18	0,15	787%	7,87	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
24	Viga V-12	Eje C-D	Piso 2	4,5	1,34	0,15	893%	8,93	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino

Tabla 6 Ensayos de Cloruros

SECCIÓN 2: ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y RESUMEN			
Parámetro	**Valor**	**Unidad**	**Observación / Interpretación**
Número Total de Ensayos	**24**	-	Distribuidos en 12 columnas y 12 vigas
Contenido Mínimo	**1.16**	% masa	3.9 kg/m³
Contenido Máximo	**1.34**	% masa	4.5 kg/m³
Contenido Promedio	**1.22**	% masa	4.1 kg/m³
Desviación Estándar	**0.050**	% masa	Medida de dispersión de los datos
Coeficiente de Variación (%CV)	**4.11**	%	Variabilidad relativa de los datos
Límite ACI 318 (Concreto Armado)	**0.15**	% masa	Límite máximo permitido para concreto armado
Exceso Promedio sobre Límite	**+713.3**	%	Se supera el límite en 713.3%
Sobrelimitación Promedio	**8.1x**	veces	El contenido es 8.1 veces el límite
Umbral de Corrosión Activa	**0.6**	% masa	Umbral de inicio de corrosión activa del acero
Umbral de Corrosión Severa	**1.0**	% masa	Umbral de corrosión activa severa
Elementos en Riesgo CRÍTICO	**24**	elementos	100.0% del total
Elementos en Riesgo ALTO	**0**	elementos	0.0% del total

SECCIÓN 3: DISTRIBUCIÓN POR NIVEL DE RIESGO					
Criterio (% masa)	**Nivel de Riesgo**	**Cantidad**	**Porcentaje**	**Indicador Visual**	**Acción Requerida**
≥ 1.0 % masa	**CRÍTICO**	**24**	**100.0%**		Reemplazo de elementos o protección catódica inmediata + inhibidores
0.6 - 0.99 % masa	**ALTO**	**0**	**0.0%**		Protección catódica, inhibidores y monitoreo continuo
0.3 - 0.59 % masa	**MODERADO**	**0**	**0.0%**		Monitoreo continuo, aplicación de inhibidores de corrosión
< 0.3 % masa	**BAJO**	**0**	**0.0%**		Mantenimiento preventivo y protección de recubrimientos

SECCIÓN 4: NOTAS Y CRITERIOS NORMATIVOS	
Método de Ensayo:	ASTM C1152 - Determinación de contenido de cloruros solubles en ácido en concreto endurecido
Norma Aplicable:	NTC 5662 / ACI 318 - Límites de contenido de cloruros en concreto estructural
Límite ACI 318:	Concreto armado: 0.15% masa | Concreto pretensado: 0.06% | Concreto simple: 1.00%
Contenido Medido:	Promedio = 1.22% masa (4.1 kg/m³) - EXCEDE LÍMITE
Exceso sobre Límite:	+713.3% (8.1 veces el límite ACI 318)
Umbral de Corrosión:	0.4-0.6% masa: Inicio de corrosión | ≥1.0% masa: Corrosión activa severa
Fuentes de Cloruros:	Ambiente marino (spray salino), agregados contaminados, aditivos con cloruros, agua de mezcla
Mecanismo de Daño:	Los cloruros destruyen la capa pasivante del acero, iniciando corrosión localizada (picadura)
Sinergia Crítica:	Carbonatación + Cloruros = Corrosión acelerada (velocidad 5-10 veces mayor que con un solo agente)
Ambiente de Exposición:	C5-M (Muy Alta - Marina) según NTC 5551 - Alta concentración de cloruros por proximidad al mar
Penetración Estimada:	0.5-1.0 mm/año en ambiente marino agresivo de San Andrés Isla
Dictamen General:	🚨 EMERGENCIA: Contenido de cloruros 8.1 veces superior al límite normativo
Recomendación:	INTERVENCIÓN INMEDIATA - Demolición por deterioro estructural severo e irreversible

Tabla 7 Ensayos de Cloruros

11.3 Resumen y Correlación de Resultados del Bloque B1

La siguiente tabla consolida los devastadores resultados de los ensayos, demostrando la condición crítica e irrecuperable del Bloque B:

Conclusión General de Resultados: Los datos son consistentes y concluyentes. La estructura del Bloque B posee una resistencia residual que es menos de la mitad de la requerida, y está siendo atacada simultáneamente por los dos agentes más destructivos para el concreto armado. La sinergia entre la baja calidad del material, la carbonatación total y la contaminación masiva por cloruros ha llevado a la estructura a un punto de no retorno, comprometiendo de manera irreversible su seguridad y estabilidad.

ESTUDIOS CC
CONSORCIO ESTUDIOS CC
consorcioestudioscc@gmail.com

TABLA DE CORRELACIÓN: CARBONATACIÓN Y CLORUROS - BLOQUE C (24 ENSAYOS)

ANÁLISIS DE SINERGIA Y RIESGO COMBINADO - SEDE SENA SAN ANDRÉS ISLA

NORMAS: NTC 5662 / ASTM C876 / ASTM C1152 / ACI 318 | CLIENTE: CORALINA

SECCIÓN 1: RESULTADOS DE ENSAYOS INDIVIDUALES (24 ENSAYOS)

N°	Elemento	Ubicación	Prof.Carb (mm)	Recub (mm)	Dif (mm)	pH	Cloruros (%masa)	Cloruros (kg/m³)	Riesgo Carb	Riesgo Cl	Índice Sinergia	Riesgo Combinado	Estado Acero	Observación
1	C-1	Eje A-1	**35**	26	**9**	7,2	**1,25**	4,2	**CRÍTICO**	**CRÍTICO**	**8/10**	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
2	C-2	Eje A-2	**33**	25	**8**	7,7	**1,2**	4,03	**CRÍTICO**	**CRÍTICO**	**8/10**	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
3	C-3	Eje A-3	**34**	23	**11**	7,4	**1,16**	3,9	**CRÍTICO**	**CRÍTICO**	**8/10**	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
4	C-4	Eje A-4	**32**	25	**7**	7,4	**1,29**	4,33	**CRÍTICO**	**CRÍTICO**	**8/10**	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
5	C-5	Eje B-1	**33**	25	**8**	7,8	**1,25**	4,2	**CRÍTICO**	**CRÍTICO**	**8/10**	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
6	C-6	Eje B-2	**33**	23	**10**	7,2	**1,23**	4,13	**CRÍTICO**	**CRÍTICO**	**8/10**	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
7	C-7	Eje B-3	**32**	25	**7**	7,3	**1,27**	4,27	**CRÍTICO**	**CRÍTICO**	**8/10**	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
8	C-8	Eje B-4	**32**	25	**7**	7,7	**1,2**	4,03	**CRÍTICO**	**CRÍTICO**	**8/10**	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
9	C-9	Eje C-1	**34**	26	**8**	7,2	**1,23**	4,13	**CRÍTICO**	**CRÍTICO**	**8/10**	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
10	C-10	Eje C-2	**35**	24	**11**	7,6	**1,15**	3,86	**CRÍTICO**	**CRÍTICO**	**8/10**	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
11	C-11	Eje C-3	**34**	24	**10**	7,2	**1,27**	4,27	**CRÍTICO**	**CRÍTICO**	**8/10**	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
12	C-12	Eje C-4	**34**	23	**11**	7,4	**1,18**	3,96	**CRÍTICO**	**CRÍTICO**	**8/10**	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
13	V-1	Eje A-B	**34**	25	**9**	7,6	**1,2**	4,03	**CRÍTICO**	**CRÍTICO**	**8/10**	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
14	V-2	Eje A-B	**33**	25	**8**	7,3	**1,18**	3,96	**CRÍTICO**	**CRÍTICO**	**8/10**	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
15	V-3	Eje A-B	**34**	26	**8**	7,8	**1,23**	4,13	**CRÍTICO**	**CRÍTICO**	**8/10**	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
16	V-4	Eje A-B	**32**	24	**8**	7,8	**1,26**	4,23	**CRÍTICO**	**CRÍTICO**	**8/10**	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
17	V-5	Eje B-C	**33**	24	**9**	7,7	**1,25**	4,2	**CRÍTICO**	**CRÍTICO**	**8/10**	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
18	V-6	Eje B-C	**32**	26	**6**	7,5	**1,15**	3,86	**CRÍTICO**	**CRÍTICO**	**8/10**	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
19	V-7	Eje B-C	**32**	24	**8**	7,8	**1,27**	4,27	**CRÍTICO**	**CRÍTICO**	**8/10**	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
20	V-8	Eje B-C	**35**	23	**12**	7,2	**1,19**	4	**CRÍTICO**	**CRÍTICO**	**8/10**	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
21	V-9	Eje C-D	**33**	25	**8**	7,4	**1,22**	4,1	**CRÍTICO**	**CRÍTICO**	**8/10**	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
22	V-10	Eje C-D	**33**	25	**8**	7,3	**1,17**	3,93	**CRÍTICO**	**CRÍTICO**	**8/10**	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
23	V-11	Eje C-D	**32**	25	**7**	7,8	**1,29**	4,33	**CRÍTICO**	**CRÍTICO**	**8/10**	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
24	V-12	Eje C-D	**52**	34	**18**	7,3	**1,19**	4	**CRÍTICO**	**CRÍTICO**	**8/10**	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino

SECCIÓN 2: ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y RESUMEN			
Parámetro	**Carbonatación**	**Cloruros**	**Observación**
N° de Ensayos	**24**	**24**	Mismo número de ensayos para ambos parámetros
Valor Promedio	**34 mm**	**1.22% masa (4.1 kg/m³)**	Ambos superan límites normativos
Desviación Estándar	**3.97 mm**	**0.044% masa**	Medida de dispersión de los datos
Coeficiente Variación	**11.67%**	**3.59%**	Variabilidad relativa de los datos
Valor Mínimo	**32 mm**	**1.15% masa**	Valores mínimos detectados
Valor Máximo	**52 mm**	**1.29% masa**	Valores máximos detectados
Límite Normativo	**25 mm (recub)**	**0.15% masa (ACI 318)**	Límites establecidos por normas
Diferencia/Exceso	**+9.0 mm**	**+713.3%**	Magnitud de incumplimiento
pH Promedio	**7.5**	**-**	Muy por debajo del seguro (>9.0)
Índice Sinergia Prom	**7.0/10**	**-**	Riesgo combinado CRÍTICO
Ensayos en Riesgo CRÍTICO	**24 (100.0%)**	**24 (100.0%)**	Mayoría en riesgo crítico

SECCIÓN 3: LÍMITES NORMATIVOS Y CONCLUSIONES	
INCUMPLIMIENTO NORMATIVO TOTAL	Carbonatación supera recubrimiento (+9mm) | Cloruros 8.1x límite ACI 318 | pH bajo (7.5<9.0) | NO CUMPLE con ningún parámetro evaluado
SINERGIA CRÍTICA CONFIRMADA	Doble ataque simultáneo: Carbonatación eliminó protección alcalina + Cloruros destruyeron capa pasivante = Corrosión acelerada 5-10x
RIESGO ESTRUCTURAL INMINENTE	Pérdida de sección del acero compromete capacidad portante | Riesgo de falla ALTO e INMINENTE | No se garantiza seguridad
DICTAMEN FINAL	EMERGENCIA: Se recomienda DEMOLICIÓN INMEDIATA del Bloque C por deterioro estructural severo e irreversible

RESUMEN: VELOCIDAD Y UMBRAL DE CORROSIÓN
Velocidad Promedio: 855 µm/año (0.85 mm/año) - CORROSIÓN ACTIVA SEVERA
Pérdida en 10 años: ~8.55 mm de sección del acero - CRÍTICO
Umbral superado: 100% de ensayos (contenido 1.22% vs umbral 0.4%) - 3x EL UMBRAL
DICTAMEN: Velocidad crítica + umbral muy superado = DEMOLICIÓN INMEDIATA REQUERIDA

Tabla 8 Correlación de Carbonatación y Cloruros

Capítulo 12: Diagnóstico Integral, Conclusiones y Dictamen Técnico

Este capítulo consolida e interpreta los hallazgos alarmantes presentados en el capítulo anterior para formular un diagnóstico integral del estado de la estructura, derivar las conclusiones finales sobre su comportamiento y seguridad, y emitir un dictamen técnico inequívoco y fundamentado sobre su futuro.

12.1 Diagnóstico Integral: Falla Sistémica y Colapso Inminente

El **Bloque C** del SENA San Andrés se encuentra en un estado de **VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL CRÍTICA E IRRECUPERABLE,** con un riesgo de **FALLA ESTRUCTURAL INMINENTE.** El diagnóstico se basa en la convergencia de múltiples factores críticos que demuestran una falla sistémica del material y del sistema estructural en su conjunto:

Colapso del Material (Concreto): La resistencia real del concreto, con un promedio de **1,650.8 psi**, es un **45% inferior a la mínima requerida.** Esto no es una deficiencia, es una falla total del material. El concreto no posee las propiedades mecánicas para las cuales fue diseñado, lo que lo hace incapaz de soportar las cargas de servicio, y mucho menos cargas sísmicas o de huracán. La estructura está fallando desde su componente más básico.

Destrucción de los Mecanismos de Defensa (Durabilidad): La sinergia destructiva entre la carbonatación total (profundidad de 33.9 mm vs recubrimiento de 25 mm) y la contaminación masiva por cloruros (8.2 veces el límite) ha creado un ambiente electroquímico extremadamente agresivo.

El acero de refuerzo, que debería ser el esqueleto de la estructura, está siendo consumido por un proceso de corrosión acelerado y generalizado.

Sistema Estructural Inadecuado y Degradado: El sistema de pórticos original, ya deficiente para la zona sísmica, ha perdido toda su capacidad de disipación de energía debido a la degradación del concreto y la corrosión del acero. Las conexiones viga-columna están comprometidas, y la estructura se comporta más como un conjunto de elementos desconectados que como un sistema monolítico.

Deterioro Crítico de la Superestructura de Madera: El avanzado estado de deterioro de la cubierta de madera (38% comprometido) no solo representa un riesgo de colapso localizado, sino que también ha perdido su capacidad de diafragma, afectando la distribución de cargas horizontales y la estabilidad general del bloque.

12.2 Conclusiones

Inseguridad Estructural Absoluta: La estructura no cumple con ningún estándar mínimo de seguridad. La capacidad portante real es una fracción de la requerida, y el riesgo de un colapso frágil y súbito, sin previo aviso, es extremadamente alto. La ocupación del edificio, o incluso la proximidad al mismo, representa un riesgo directo para la vida humana.

Vulnerabilidad Sísmica y ante Huracanes Crítica: La estructura no tiene capacidad alguna para resistir un evento sísmico o un huracán de categoría moderada. El colapso ante un evento de este tipo no es una posibilidad,

es una certeza. La falta de ductilidad del sistema y la degradación de los materiales garantizan una respuesta frágil y catastrófica.

Proceso de Degradación Imparable: El ciclo de corrosión-expansión-fisuración está activo y se acelera exponencialmente. La alta permeabilidad del concreto de mala calidad permite que la humedad y los cloruros penetren cada vez más rápido, alimentando el proceso destructivo. Este ciclo es irreversible.

Inviabilidad Técnica y Económica Absoluta del Reforzamiento: Reforzar una estructura con un material base que ha fallado (concreto con 50% de la resistencia) es técnicamente imposible y una irresponsabilidad. Sería como construir un edificio nuevo sobre cimientos de arena. El costo de una intervención tan masiva (que implicaría reemplazar casi la totalidad de los elementos) superaría con creces el costo de una reconstrucción, sin ofrecer ninguna de sus garantías.

12.3 Dictamen Técnico Definitivo

Basado en el análisis exhaustivo de las patologías, la evaluación de los materiales y la vulnerabilidad estructural, y considerando el riesgo inminente para la vida, se emite el siguiente dictamen técnico definitivo e inapelable:

*Se dictamina la **DEMOLICIÓN COMPLETA del Bloque C**, por representar un riesgo inaceptable, inminente y no mitigable para la vida y la seguridad de sus ocupantes y de la comunidad del SENA en general. La estructura ha fallado a nivel de material y de sistema, y su colapso es una eventualidad previsible.*

Capítulo 13: Análisis Costo-Beneficio

Se evaluaron dos escenarios principales: reforzamiento estructural versus demolición y reconstrucción, a la luz de los nuevos y alarmantes datos sobre el estado de la estructura.

13.1 Escenario 1: Reforzamiento Estructural (Descartado)

- **Análisis Técnico:** Esta alternativa es **técnicamente inviable**. No es posible reforzar una estructura cuyo material base (concreto) ha fallado, presentando un déficit de resistencia de casi el 50%. La contaminación por cloruros es interna y generalizada, por lo que no se puede eliminar sin demoler. Cualquier refuerzo no tendría un sustrato competente al cual anclarse.

- **Análisis de Costos:** El costo de un intento de reparación (remoción de todo el concreto contaminado, reemplazo de acero, encamisado de todos los elementos) sería astronómico, superando fácilmente el **85-95% del costo de una construcción nueva.**

- **Análisis de Beneficios:** El "beneficio" sería nulo. Se gastaría una suma enorme en una intervención sin ninguna garantía de seguridad ni durabilidad. La vida útil residual sería, en el mejor de los casos, de 1 a 3 años antes de que la corrosión interna volviera a manifestarse.

Conclusión del Escenario 1: Se descarta por ser técnicamente imposible, económicamente absurdo y una irresponsabilidad desde el punto de vista de la seguridad.

13.2 Escenario 2: Demolición y Reconstrucción (Única Opción Viable)

- **Análisis de Costos:**
  - **Demolición y Gestión de Escombros:** Costo moderado, estimado en un 4-6% del costo total del proyecto.
  - **Construcción de Nueva Estructura:** Costo del 100% de una edificación nueva, diseñada con los más altos estándares de durabilidad.

- **Análisis de Beneficios:**
  - **Seguridad y Cumplimiento Normativo (Beneficio Invaluable):** Se garantiza al 100% la seguridad de los ocupantes y el cumplimiento total de la norma NSR-10. Se elimina de raíz un riesgo mortal.
  - **Durabilidad a Largo Plazo (>50 años):** Se construye un activo con una vida útil superior a 50 años, diseñado específicamente para el agresivo ambiente de San Andrés.
  - **Retorno de la Inversión:** La inversión se traduce en un edificio funcional, seguro y de bajo mantenimiento, lo que representa un enorme retorno en comparación con el gasto inútil de una reparación fallida.
  - **Oportunidad de Modernización:** Permite adecuar la infraestructura a las necesidades del siglo XXI, mejorando la oferta educativa del SENA.

13.3 Conclusión del Análisis Costo-Beneficio

El análisis costo-beneficio, con los datos actualizados, arroja una conclusión aún más contundente que en evaluaciones previas. No existe un dilema real entre reparar y reconstruir.

> *La demolición y reconstrucción no es simplemente la "mejor" opción, es la **ÚNICA opción posible**. Cualquier otra consideración sería ignorar la evidencia técnica y poner en riesgo la vida de las personas. La inversión en una nueva estructura es la única decisión lógica, segura y rentable a largo plazo.*

Capítulo 14: Recomendaciones y Plan de Acción Urgente

Basado en el dictamen técnico de demolición completa e inmediata, se establece el siguiente plan de acción, que debe ser ejecutado con la máxima celeridad para salvaguardar la seguridad de la comunidad.

14.1 Acciones Inmediatas

CLAUSURA TOTAL Y PERMANENTE: Se debe ejecutar la clausura inmediata, total y permanente del Bloque C. Nadie, bajo ninguna circunstancia, debe ingresar a la estructura.

PERÍMETRO DE SEGURIDAD AMPLIADO: Establecer un perímetro de seguridad de al menos 20 metros alrededor del bloque, utilizando barreras físicas y señalización de "PELIGRO: RIESGO DE COLAPSO".

DESCONEXIÓN DE SERVICIOS: Cortar de forma inmediata todos los suministros de servicios públicos (electricidad, agua, gas, datos) para prevenir riesgos secundarios.

14.2 Acciones

PLAN DE DEMOLICIÓN: Contratar a una empresa especializada para que elabore un plan de demolición controlada, que minimice los riesgos para las estructuras adyacentes y el personal.

GESTIÓN DE RESIDUOS: El plan debe incluir un componente de gestión de Residuos de Construcción y Demolición (RCD), priorizando la clasificación y el reciclaje de materiales (acero, madera, concreto).

TRÁMITES Y PERMISOS: Iniciar con carácter de urgencia los trámites para obtener la licencia de demolición ante las autoridades competentes.

14.3 Acciones a Mediano Plazo – Largo plazo

EJECUCIÓN DE LA DEMOLICIÓN: Llevar a cabo la demolición controlada de la estructura, siguiendo estrictamente el plan aprobado.

ESTUDIOS PARA LA NUEVA ESTRUCTURA: Simultáneamente, contratar los estudios de suelos, topográficos y de diseño para la nueva edificación.

14.4 Recomendaciones para la Nueva Estructura

La reconstrucción del Bloque C es una oportunidad para crear una edificación segura, duradera y adaptada al entorno de San Andrés. Se recomienda:

- **Diseño Sismo-Resistente:** Utilizar un sistema estructural con capacidad de disipación de energía especial (DMI), como pórticos de concreto reforzado con muros de cortante.
- **Concreto de Alta Durabilidad:** Especificar un concreto con una resistencia mínima de 4,000 psi, baja relación agua/cemento (<0.40), y adiciones de materiales cementantes suplementarios (SCM) para reducir la permeabilidad.
- **Protección del Acero:** Utilizar recubrimientos de concreto generosos (mínimo 7 cm) y acero de refuerzo con recubrimiento epóxico o galvanizado.

- **Madera Inmunizada:** Si se utiliza madera, debe ser de una especie resistente y recibir un tratamiento de inmunización garantizado para ambientes marinos.

Capítulo 15: Referencias Bibliográficas

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10)

Normas Técnicas Colombianas (NTC) citadas en el Capítulo 3

American Society for Testing and Materials (ASTM) standards citadas en el Capítulo 3

American Concrete Institute (ACI) documents citados en el Capítulo 3

Capítulo 16: Anexos

- Anexo A: Tablas de resultados de ensayos
- Anexo B: Gráficas de análisis
- Anexo C: Registro fotográfico de patologías



ALFREDO JOSÈ MARTINEZ MEDRANO
ESP. ESTRUCTURAL