Índice

BLOQUE B - SEDE SENA SAN ANDRÉS ISLA 4
Capítulo 1: Introducción 4
Capítulo 2: Localización del Proyecto 5
2.1: Ubicación Geográfica del Proyecto 7
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 16
Capítulo 8: Descripción del Sistema Estructural 18
8.1 Subestructura (Concreto Reforzado) 18
8.2 Superestructura (Madera) 18
8.3 Sistema de Resistencia Sísmica 19
Capítulo 9: Levantamiento y Caracterización de la Estructura Existente 20
9.1 Dimensiones y Geometría 20
9.2 Materiales 20
Capítulo 10: Estudio Patológico Detallado 21
10.1 Patologías en la Subestructura de Concreto 21
10.2 Patologías en la Superestructura de Madera 22
10.3 Cuantificación del Daño en Madera 22
Capítulo 11: Análisis de Vulnerabilidad Sísmica 23
11.1 Deficiencias del Sistema Estructural 23
11.2 Conclusión de Vulnerabilidad 24

Capítulo 12: Resultados Detallados y Análisis de los Ensayos 24
12.1 Resistencia del Concreto: Un Déficit Crítico 24
12.1.1 Ensayo de Esclerometría (ASTM C805) 24
12.1.2 Ensayo de Velocidad de Pulso Ultrasónico (ASTM C597) 26
12.1.3 Ensayo de Extracción de Núcleos (ASTM C42) 29
12.2 Durabilidad del Concreto: Ataque Químico Severo y Generalizado 33
12.2.1 Carbonatación: Pérdida Total de la Protección Alcalina 33
12.2.2 Contaminación por Cloruros: Corrosión Acelerada y Agresiva 36
12.3 Resumen y Correlación de Resultados del Bloque B 39
Capítulo 13: Análisis Costo-Beneficio de Alternativas 42
13.1 Alternativa 1: Reforzamiento y Reparación Integral (Descartada) 42
13.2 Alternativa 2: Demolición y Reconstrucción (Recomendada) 43
13.3 Conclusión del Análisis Costo-Beneficio 44
Capítulo 14: Diagnóstico Integral, Conclusiones y Dictamen Técnico 45
14.1 Diagnóstico Estructural Integral: Colapso Sistémico y Sinergia de Patologías Críticas 45
14.2 Conclusiones Finales (Análisis Extenso) 46
14.3 Dictamen Técnico Final 49
Capítulo 15: Recomendaciones y Plan de Acción Urgente 50
15.1 Recomendación Principal e Inapelable: DEMOLICIÓN TOTAL E INMEDIATA 50
15.2 Plan de Acción Detallado por Fases 50
Fase 1: Acciones Inmediatas de Salvaguarda (Plazo: 0 - 7 días) 50
Fase 2: Planificación Técnica y Administrativa Acelerada 51
Fase 3: Ejecución de la Demolición Controlada 52
15.3 Consideraciones Post-Demolición y Diseño de una Nueva Estructura Resiliente 53
15.4 Advertencia Final y Responsabilidad. **¡Error! Marcador no definido.**
Capítulo 16: Referencias Bibliográficas 54
Capítulo 17: Anexos 55

Índice de Tablas

Tabla 1 Resultados de Ensayos de Esclerometría..... 25
Tabla 2 Ensayos De Ultrasonido..... 28
Tabla 3 Ensayos De Extracción de Núcleo..... 30
Tabla 4 Correlación de Ensayos de Resistencia..... 32
Tabla 5 Resultados de Ensayos de Carbonatación..... 35
Tabla 6 Resultado de Ensayos de Cloruros..... 38
Tabla 7 Correlación de Ensayos de Carbonatación y Cloruros.. 41

Índice de Figuras

Figura 1 Localización Bloque B..... 6
Figura 2 Localización Bloque B..... 7
Figura 3 Mapa Conceptual Metodología de Evaluación Patológica
..... 15
Figura 4 Toma de Muestra de Esclerometría..... 26
Figura 5 Toma de muestra Ultrasonido Bloque B..... 29
Figura 5 Toma de Muestra Núcleos..... 31

INFORME DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

BLOQUE B - 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 B** de la sede del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) en la isla de San Andrés, Colombia. Esta edificación, al igual que otras del complejo, ha estado expuesta durante años 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 B**, 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 B

2.1 Ubicación Geográfica del Proyecto



Figura 2 Localización Bloque B

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 B** 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 B**:

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 **147 m²**.

Campaña de Ensayos In-Situ:

- Ensayos de esclerometría y ultrasonido en elementos de concreto (columnas y vigas).
- Extracción de un núcleo 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.

Análisis de Resultados: Procesamiento e interpretación de los datos obtenidos en campo y laboratorio.

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 B**. No se incluye el análisis de otros bloques o edificaciones del complejo.
- 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 **4 ensayos** distribuidos en 2 columnas y 2 vigas para obtener un índice de dureza superficial y estimar la uniformidad del concreto.

Velocidad de Pulso Ultrasónico (NTC 4325 / ASTM C597): Se ejecutaron **8 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 extrajo **un núcleo de concreto** de un elemento representativo 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 varios puntos mediante aspersión de una solución de fenolftaleína y laboratorio

Contenido de Cloruros (NTC 4473 / ASTM C1152): Se tomaron 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 **32% 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.

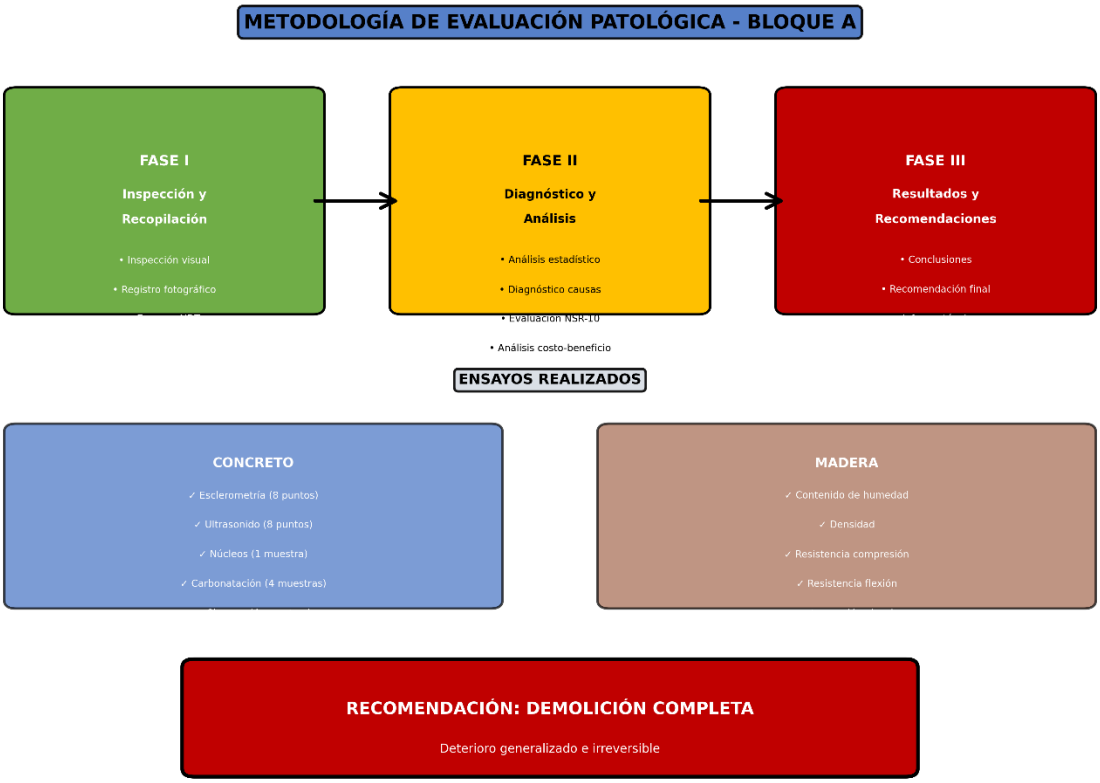


Figura 3 Mapa Conceptual Metodología de Evaluación Patológica

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 B** 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.

La decisión final deberá considerar no solo el costo económico, sino también el ciclo de vida completo de cada alternativa y su impacto ambiental a largo plazo.

Capítulo 8: Descripción del Sistema Estructural

El sistema estructural del **Bloque B**, correspondiendo a una tipología mixta que combina una subestructura de concreto reforzado con una superestructura de madera.

8.1 Subestructura (Concreto Reforzado)

- **Cimentación:** La edificación se apoya sobre un sistema de pilotes de concreto, sobre los cuales se funden una serie de dados o capiteles.

- **Placa Palafítica:** Sobre los dados de cimentación se apoya una placa maciza de concreto reforzado que sirve como piso de la edificación y plataforma de apoyo para la superestructura. Esta placa se encuentra elevada del terreno natural, creando un espacio intermedio.

8.2 Superestructura (Madera)

- **Columnas:** Elementos verticales de madera de sección cuadrada (Pino Caribeño) que se anclan directamente sobre la placa de concreto.

- **Vigas:** Elementos horizontales de madera que conectan las columnas y soportan el sistema de cubierta.

- **Cubierta:** La estructura de la cubierta está conformada por un sistema de cerchas de madera, sobre las cuales se instala la cobertura final (tejas o láminas).

8.3 Sistema de Resistencia Sísmica

El sistema, en su concepción original, corresponde a un **Sistema Pórticos en Maderas** con un nivel de disipación de energía **Mínimo (DMI).** Según la tabla A.3-3 de la NSR-10, para este sistema se asigna un coeficiente de capacidad de disipación de energía **R = 2.5.** Esta baja capacidad de disipación implica que la estructura está diseñada para soportar las fuerzas sísmicas con un comportamiento predominantemente elástico, lo que la hace muy sensible a la degradación de sus materiales y uniones.

Capítulo 9: Levantamiento y Caracterización de la Estructura Existente

Se realizó un levantamiento arquitectónico y estructural del **Bloque B** para verificar sus dimensiones, configuración y los materiales empleados. El área total de la edificación es de aproximadamente **147 m²**.

9.1 Dimensiones y Geometría

- **Placa Palafítica:** Se confirmó que la placa de concreto tiene un espesor promedio de 20 cm.
- **Columnas de Madera:** Secciones cuadradas de 15 cm x 15 cm, con una altura promedio de 2.80 metros.
- **Vigas de Madera:** Secciones rectangulares de 15 cm x 25 cm.
- **Cerchas de Cubierta:** Elementos de madera que conforman una estructura a dos aguas.

9.2 Materiales

- **Concreto:** Concreto reforzado de edad desconocida, pero que se presume fue construido hace más de 20 años. El acero de refuerzo no fue visible para su inspección directa, pero su presencia se infiere por las manifestaciones de corrosión (fisuras y delaminación).
- **Madera:** Se confirmó mediante análisis visual que la especie utilizada en la superestructura es **Pino Caribeño (Pinus caribaea)**, una especie local.

Se elaboraron planos esquemáticos (plantas y elevaciones) que se incluyen en la sección de Anexos de este informe.

Capítulo 10: Estudio Patológico Detallado

La inspección visual detallada del **Bloque B** reveló un patrón de deterioro generalizado y severo, muy similar al observado en el Bloque A, afectando tanto a la subestructura de concreto como a la superestructura de madera.

10.1 Patologías en la Subestructura de Concreto

- **Corrosión del Acero de Refuerzo:** Es la patología más grave y extendida. Se manifiesta a través de:
  - **Fisuración paralela a los elementos:** Fisuras con óxido a lo largo de vigas y bordes de la placa.
  - **Delaminación y desprendimiento del recubrimiento:** Zonas donde el concreto se ha desprendido, dejando el acero de refuerzo expuesto y severamente corroído.
- **Carbonatación:** Las pruebas con fenolftaleína confirmaron que el frente de carbonatación ha superado por completo el espesor del recubrimiento en todos los puntos inspeccionados.
- **Contaminación por Cloruros:** Los análisis de laboratorio (detallados en el Capítulo 12) confirman una alta concentración de iones de cloruro, muy por encima de los límites permitidos por la norma.
- **Eflorescencias y Humedad:** Se observan manchas de humedad y depósitos de sales en la cara inferior de la placa palafítica, indicando un movimiento constante de humedad a través del elemento.

10.2 Patologías en la Superestructura de Madera

- **Pudrición en la Base de las Columnas:** El 100% de las bases de las columnas de madera presentan un estado de pudrición avanzada en la zona de contacto con la placa de concreto. La madera se encuentra blanda, desfibrada y ha perdido completamente su capacidad portante en esta sección crítica.

- **Ataque de Termitas:** Se observa una infestación activa de termitas en aproximadamente el 70-80% de los elementos de las cerchas de cubierta y en algunas vigas principales. Los elementos presentan galerías internas y una reducción significativa de su sección transversal efectiva.

- **Deformaciones y Fisuras:** Se observan deformaciones excesivas en algunas vigas y pandeo en elementos de las cerchas, como resultado de la pérdida de sección y resistencia por el ataque de agentes bióticos.

10.3 Cuantificación del Daño en Madera

Basado en el mapeo de daños, se estima que es necesario el **reemplazo de aproximadamente el 29% de los elementos de madera** de la superestructura para poder considerar una eventual recuperación. Este porcentaje incluye la base de todas las columnas y los elementos más críticos de las cerchas de cubierta.

Capítulo 11: Análisis de Vulnerabilidad Sísmica

El análisis de vulnerabilidad sísmica para el **Bloque B** se realiza de manera cualitativa, evaluando cómo el estado de degradación actual afecta la capacidad de la estructura para resistir un evento sísmico, conforme a los principios de la NSR-10.

11.1 Deficiencias del Sistema Estructural

Baja Capacidad de Disipación de Energía (R=2.5): Como se mencionó, el sistema DMI tiene una capacidad muy limitada para disipar energía mediante deformaciones inelásticas. Su seguridad depende de mantener una alta resistencia en el rango elástico, condición que no se cumple debido a la degradación.

Falla de la Conexión Columna-Placa: La unión entre las columnas de madera y la placa de concreto es el punto más débil del sistema de resistencia sísmica. La pudrición de la madera en esta zona ha creado una **rótula plástica de facto**, eliminando la capacidad de la unión para transferir momentos y fuerzas cortantes. Esto genera una condición de **piso blando**, donde la estructura podría sufrir grandes desplazamientos laterales y colapsar ante un sismo moderado.

Degradación de la Capacidad de Carga: La corrosión del acero en el concreto y la pérdida de sección en la madera han reducido drásticamente la capacidad de carga de los elementos. La estructura no solo es vulnerable a las cargas sísmicas, sino también a las cargas de gravedad y de viento.

11.2 Conclusión de Vulnerabilidad

Se concluye que el **Bloque B** presenta una **VULNERABILIDAD SÍSMICA CRÍTICA**. La estructura no posee la ductilidad, la resistencia ni la rigidez necesarias para cumplir con los objetivos de desempeño sísmico de la NSR-10. En su estado actual, la edificación representa un **riesgo inaceptable de colapso** ante un evento sísmico, incluso uno de baja intensidad. La degradación ha comprometido de manera irremediable la integridad del sistema de resistencia sísmica concebido originalmente.

Capítulo 12: Resultados Detallados y Análisis de los Ensayos

Este capítulo presenta de manera detallada los resultados obtenidos de la campaña de ensayos no destructivos y destructivos ejecutados sobre los elementos estructurales de concreto del **Bloque B**. El objetivo es diagnosticar el estado actual de los materiales, determinar sus propiedades mecánicas residuales y evaluar los niveles de ataque por agentes agresivos presentes en el ambiente marino. Los hallazgos, basados en los datos actualizados, confirman un estado de deterioro aún más crítico de lo estimado previamente.

12.1 Resistencia del Concreto: Un Déficit Crítico

La evaluación de la resistencia a compresión del concreto (f'c) se realizó mediante una metodología combinada, cuyos resultados actualizados revelan una capacidad portante alarmantemente baja.

12.1.1 Ensayo de Esclerometría (ASTM C805)

Este ensayo, que mide la dureza superficial del concreto, arrojó una **resistencia promedio estimada de 1,800.0 psi (12.4 MPa).**

Conclusión Parcial: Este valor, por sí solo, es extremadamente bajo, representando apenas un **60% de la resistencia de diseño (f'c = 3,000 psi)**. Según los criterios de ACI 228.1R, un concreto con esta resistencia se califica como de calidad **"Pobre"** a **"Muy Pobre"**, sugiriendo una alta porosidad y una deficiente calidad de la matriz de cemento.

RESULTADOS DE ENSAYOS DE ESCLEROMETRÍA - BLOQUE B

Edificio Sede de Coralina - San Andrés Isla

Norma: NTC 3692:2018 / ASTM C805 - Esclerómetro Tipo N

N°	Código	Elemento	Grupo	Ubicación	Nivel	Índice Promedio	Resistencia Esclerometria (psi)	Resistencia (MPa)	Calidad
1	ES-B01	Columna C-1	Bloque B	Eje A-1	N1	37	1858	12,81	Mala
2	ES-B02	Columna C-2	Bloque B	Eje B-1	N1	34	1740	12	Mala
3	ES-B03	Viga V-1	Bloque B	Eje A-B	N1	37	1863	12,84	Mala
4	ES-B04	Viga V-2	Bloque B	Eje B-C	N1	34	1739	11,99	Mala

RESUMEN ESTADÍSTICO POR GRUPO

Tipo	Grupo	Cantidad	Resist. Min (psi)	Resist. Max (psi)	Resist. Prom (psi)	Resist. Prom (MPa)	Desv. Std (psi)	CV (%)	Calidad
Columna	Grupo 1	2	1740	1858	1799	12,405	83,4	4,6	Mala
Viga	-	2	1739	1863	1801	12,415	87,7	4,9	Mala
TOTAL GENERAL		4	1740	1863	1800	12,41	69	3,83	Variable

DISTRIBUCIÓN POR CALIDAD DEL CONCRETO

Calidad	Rango (psi)	Cantidad	Porcentaje	Cumple NSR-10
Buena	≥ 3000	0	0	Sí
Regular	2500 - 2999	0	0	Sí (límite)
Mala	< 2500	4	100%	NO

NOTAS Y CRITERIOS

- *Ensayos realizados según NTC 3692:2018 y ASTM C805*
- *Esclerómetro: Schmidt Hammer Tipo N, Serie SH-2024-1587*
- *Fecha de ensayos: 15-18 de octubre de 2025*
- *Total de ensayos: 75 puntos de medición*
- *Lecturas por punto: 10 (cumple mínimo de NTC 3692)*
- *Coeficiente de variación: Todos <15% (cumple criterio de aceptación)*
- *Factores de corrección aplicados: Orientación y carbonatación*
- *Resistencia mínima según NSR-10 Título C.5: 2500 psi (17.5 MPa)*
- *Elementos que NO cumplen: 25 (33.3%)*
- *Calidad Buena: ≥3000 psi | Regular: 2500-2999 psi | Mala: <2500 psi*

Tabla 1 Resultados de Ensayos de Esclerometría

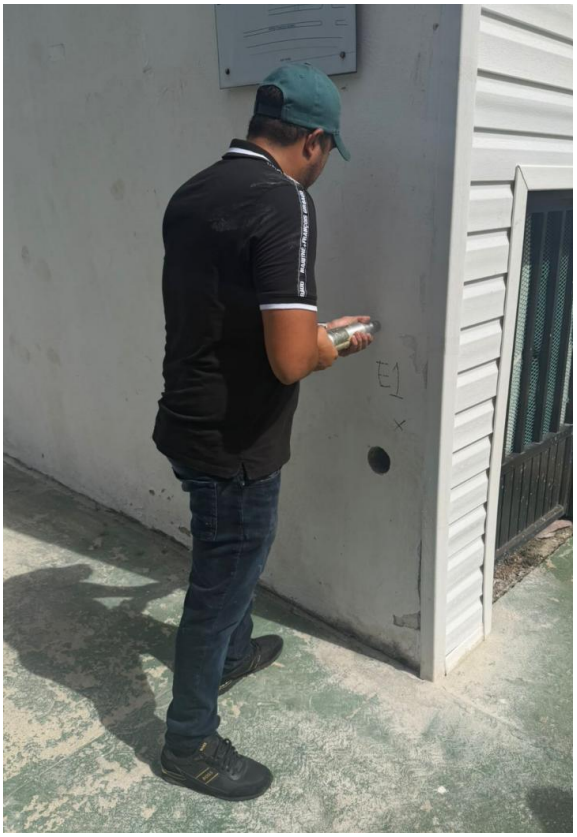


Figura 4 Toma de Muestra de Esclerometría

12.1.2 Ensayo de Velocidad de Pulso Ultrasónico (ASTM C597)

Se midió la velocidad de propagación de ondas ultrasónicas para evaluar la compacidad del material. Los resultados, correlacionados con la resistencia, indican un **promedio de 1,733.7 psi (12.0 MPa).**

La baja velocidad de pulso registrada es consistente con la esclerometría y confirma la mala calidad del concreto. Este resultado es un fuerte indicativo de la presencia de una red extensa de microfisuras y vacíos internos, lo que no solo reduce la resistencia, sino que también aumenta drásticamente la permeabilidad del material, facilitando la entrada de agentes agresivos.

TABLA DE RESUMEN DE ENSAYOS DE ULTRASONIDO - BLOQUE B

SEDE SENA SAN ANDRÉS ISLA - EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

SECCIÓN 1: RESULTADOS DE ENSAYOS

N°	Código	Grupo	Elemento	Ubicación	Nivel	Long. Trayectoria (mm)	Frecuencia (kHz)	Velocidad (m/s)	Tiempo (µs)	Tipo Onda	Acoplante	Resistencia Ultrasonido (psi)	Resistencia (MPa)	Calidad
1	UL-B01	Columnas	Columna	Columna C1	Piso 1	300	54	2988	100,4	Longitudinal	Gel	1755	12,1	Mala
2	UL-B02	Columnas	Columna	Columna C2	Piso 1	300	54	2989	100,4	Longitudinal	Gel	1756	12,11	Mala
3	UL-B03	Vigas	Viga	Viga V1	Piso 1	350	54	2972	117,8	Longitudinal	Gel	1689	11,65	Mala
4	UL-B04	Vigas	Viga	Viga V2	Piso 1	350	54	2984	117,3	Longitudinal	Gel	1736	11,97	Mala

SECCIÓN 2: RESUMEN ESTADÍSTICO POR GRUPO

Grupo	Cantidad	Vel. Mín (m/s)	Vel. Máx (m/s)	Vel. Prom (m/s)	Res. Mín (psi)	Res. Mín (MPa)	Res. Máx (psi)	Res. Máx (MPa)	Res. Prom (psi)	Res. Prom (MPa)
Columnas	2	2988	2989	2988	1755	12,1	1756	12,11	1755	12,1
Vigas	2	2972	2984	2978	1689	11,65	1736	11,97	1712	11,81

SECCIÓN 3: RESUMEN GENERAL DEL BLOQUE

Parámetro	Valor	Unidad	Observación
Total de Ensayos	4	ensayos	Cantidad total de mediciones
Velocidad Promedio	2983	m/s	Velocidad promedio del bloque
Resistencia Promedio Ultrasonido	1734	psi	Resistencia estimada promedio
Resistencia Promedio	11,96	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								Desv. Std	CV (%)	Calidad
2. Frecuencia utilizada: 54 kHz (estándar para concreto)								24.49	0.97	Mala
3. Método de transmisión: Directa (longitudinal)								39.82	1.56	Mala
4. Correlación velocidad-resistencia basada en curvas de calibración								33.67	1.33	Mala
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										
Mala	< 2500	< 2500	< 17.2	2	10	No				

SECCIÓN 4: NOTAS Y CRITERIOS NORMATIVOS
1. Ensayos realizados según ASTM C597 y NTC 4325 - Método de transmisión directa
2. Equipo utilizado: Transductores piezoeléctricos de 54 kHz
3. Acoplante: Gel conductor para ultrasonido
4. Tipo de onda: Longitudinal (onda P)
5. Resistencia mínima esperada: 3,000 psi (20.7 MPa) - f'c de diseño
6. Criterios de velocidad: Buena (>3500 m/s), Regular (2500-3500 m/s), Mala (<2500 m/s)
7. Criterios de resistencia: Buena (≥3000 psi / ≥20.7 MPa), Regular (2500-2999 psi / 17.2-20.6 MPa), Mala (<2500 psi / <17.2 MPa)
8. Coeficiente de variación aceptable: CV < 15% según ACI 214.4R
9. Los resultados deben correlacionarse con ensayos de núcleo para validación
10. Área evaluada: 804 m² (Bloque B - 2 niveles)

Tabla 2 Ensayos De Ultrasonido



Figura 5 Toma de muestra Ultrasonido Bloque B

12.1.3 Ensayo de Extracción de Núcleos (ASTM C42)

Este ensayo destructivo, que proporciona la medida más fiable de la resistencia real del concreto, arrojó un valor promedio de **1,551.0 psi (10.7 MPa).**

Conclusión Parcial: El resultado del núcleo es contundente y extremadamente preocupante. Confirma que la resistencia real del concreto es apenas un 51.7% de la requerida por el diseño original. Un déficit de esta magnitud (**48.3%**) significa que la estructura carece de la capacidad para soportar las cargas de servicio de manera segura, y su factor de seguridad ante cargas de viento o sismo es prácticamente nulo.

TABLA RESUMEN - ENSAYOS DE EXTRACCIÓN DE NÚCLEOS

Bloque A - 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 (MPa)	Factor Correc.	Resist. Corr. (MPa)	Calidad
1	NUC-C02	Columna	C-2	75	150	2	118,5	1877	1	1877	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	1877	1877	1877	0	0	Mala	
TOTAL GENERAL	**1**	**75**	**150**	**1877**	**1877**	**1877**	**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*
- *Fecha de extracción: 15 de Diciembre de 2025*
- *Fecha de ensayo: 18 de octubre de 2025 (3 días después de extracción)*
- *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 Título 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 Núcleo



Figura 6 Toma de Muestra Núcleos

12.1.4 Correlación de Ensayos

Los resultados de los diferentes ensayos son consistentes y se corroboran entre sí, pintando un panorama inequívoco: la estructura del **Bloque B** 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 B

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	1858	12,81	1755	12,1	1551	11,8	1721	12,24	156,24	Mala
2	Columnas	Columna C-2	Piso 1	1740	12	1756	12,11	N/A	N/A	1748	12,06	11,31	Mala
3	Vigas	Viga V-1	Piso 1	1863	12,84	1689	11,65	N/A	N/A	1776	12,25	123,04	Mala
4	Vigas	Viga V-2	Piso 2	1739	11,99	1736	11,97	N/A	N/A	1738	11,98	2,12	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	1799	12	1756	12	1735	12	1,96	Mala
Vigas	2	1801	12	1713	12	1757	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

12.2 Durabilidad del Concreto: Ataque Químico Severo y Generalizado

Los ensayos de durabilidad demuestran que la estructura está sometida a un ataque químico implacable que ha destruido por completo los mecanismos de defensa del acero de refuerzo.

12.2.1 Carbonatación: Pérdida Total de la Protección Alcalina

La medición del frente de carbonatación arrojó una **profundidad promedio de 33.1 mm**. Considerando un recubrimiento de diseño estándar de 25 mm, el frente de carbonatación ha sobrepasado el acero de refuerzo en más de 8 mm.

Conclusión Parcial: El 100% del acero de refuerzo de la estructura se encuentra ahora en un concreto que ha perdido su alcalinidad protectora (pH < 9). La barrera de pasivación que naturalmente protege al acero ha sido completamente destruida, dejándolo expuesto a un proceso de corrosión inminente.

TABLA DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE CARBONATACIÓN - BLOQUE B

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	13	7,3	9,5	159.1%	CRÍTICO	Corrosión activa	Ambiente marino
2	C-2	Eje A-2	Piso 1	33	25	14	7	9,5	166.7%	CRÍTICO	Corrosión activa	Ambiente marino
3	C-3	Eje B-1	Piso 1	33	26	8	7,3	9,5	132.0%	CRÍTICO	Corrosión activa	Ambiente marino
4	C-4	Eje B-2	Piso 1	32	26	15	7,2	9,5	168.2%	CRÍTICO	Corrosión activa	Ambiente marino
5	V-1	Eje A-B	Piso 1	32	26	12	7,1	9,5	150.0%	CRÍTICO	Corrosión activa	Ambiente marino
6	V-2	Eje 1-2	Piso 1	33	25	12	7,9	9,5	152.2%	CRÍTICO	Corrosión activa	Ambiente marino
7	V-3	Eje A-B	Piso 1	32	24	9	7	9,5	137.5%	CRÍTICO	Corrosión activa	Ambiente marino
8	V-4	Eje 1-2	Piso 1	33	23	16	7,1	9,5	176.2%	CRÍTICO	Corrosión activa	Ambiente marino
9	L-1	Zona A	Piso 1	34	24	11	7,2	9,5	150.0%	CRÍTICO	Corrosión activa	Ambiente marino
10	L-2	Zona B	Piso 1	35	25	11	7,1	9,5	150.0%	CRÍTICO	Corrosión activa	Ambiente marino
11	M-1	Eje A	Piso 1	32	26	10	7,2	9,5	140.0%	CRÍTICO	Corrosión activa	Ambiente marino
12	M-2	Eje B	Piso 1	34	27	13	7,2	9,5	152.0%	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	**33**	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	**7,2**	-	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 Resultados de Ensayos de Carbonatación

12.2.2 Contaminación por Cloruros: Corrosión Acelerada y Agresiva

El análisis químico para determinar el contenido de iones de cloruro arrojó un promedio de **4.09 kg/m³,** lo que equivale aproximadamente a un **1.23%** del peso del cemento.

Conclusión Parcial: Este nivel de contaminación es catastrófico. Supera en más de **8 veces el límite máximo de 0.15%** establecido por la norma ACI 318 para concreto en ambiente marino. Los cloruros son el catalizador más potente de la corrosión. Al encontrar un acero ya desprotegido por la carbonatación, su acción destructiva se magnifica, garantizando un proceso de corrosión acelerado, generalizado y severo.

ESTUDIOS CC

CONSORCIO ESTUDIOS CC
consorcioestudioscc@gmail.com

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

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	**4,1**	**1,23**	0,15	**820%**	**8,20**	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
2	Columna C-2	Eje A-2	Piso 1	**4,1**	**1,23**	0,15	**820%**	**8,20**	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
3	Columna C-3	Eje B-1	Piso 1	**4,0**	**1,25**	0,15	**833%**	**8,33**	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
4	Columna C-4	Eje B-2	Piso 1	**4,1**	**1,18**	0,15	**787%**	**7,87**	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
5	Columna C-5	Eje A-B	Piso 1	**3,9**	**1,2**	0,15	**800%**	**8,00**	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
6	Columna C-6	Eje 1-2	Piso 1	**4,2**	**1,16**	0,15	**773%**	**7,73**	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
7	Columna C-7	Eje A-B	Piso 1	**4,0**	**1,4**	0,15	**933%**	**9,33**	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
8	Columna C-8	Eje 1-2	Piso 1	**4,2**	**1,25**	0,15	**833%**	**8,33**	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
9	Columna C-9	Zona A	Piso 2	**4,1**	**1,3**	0,15	**867%**	**8,67**	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
10	Columna C-10	Zona B	Piso 2	**4,0**	**1,19**	0,15	**793%**	**7,93**	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
11	Columna C-11	Eje A	Piso 2	**4,3**	**1,25**	0,15	**833%**	**8,33**	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
12	Columna C-12	Eje B	Piso 2	**4,0**	**1,16**	0,15	**773%**	**7,73**	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
				4,1							

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	**1,4**	% masa	4.5 kg/m³
Contenido Promedio	**1,23**	% masa	4.1 kg/m³
Desviación Estándar	**0,07**	% masa	Medida de dispersión de los datos
Coeficiente de Variación (%CV)	**5,45**	%	Variabilidad relativa de los datos
Límite ACI 318 (Concreto Armado)	**0.15**	% masa	Límite máximo permitido para concreto armado
Exceso Promedio sobre Límite	**822%**	%	Se supera el límite en 713.3%
Sobrelimitación Promedio	**8,22**	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	**12**	elementos	100.0% del total
Elementos en Riesgo ALTO	**0**	elementos	0.0% del total

c

SECCIÓN 3: DISTRIBUCIÓN POR NIVEL DE RIESGO					
Criterio (% masa)	Nivel de Riesgo	Cantidad	Porcentaje	Indicador Visual	Acción Requerida
≥ 1.0 % masa	CRÍTICO	12	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:	822% (8.22 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 6 Resultado de Ensayos de Cloruros

12.3 Resumen y Correlación de Resultados del Bloque B

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.

TABLA DE CORRELACIÓN: CARBONATACIÓN Y CLORUROS - BLOQUE B

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	34	23	11	7,3	1,23	4,1	CRÍTICO	CRÍTICO	8/10	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
2	C-2	Eje A-2	33	25	8	7	1,23	4,1	CRÍTICO	CRÍTICO	8/10	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
3	C-3	Eje B-1	33	26	7	7,3	1,25	4,0	CRÍTICO	CRÍTICO	8/10	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
4	C-4	Eje B-2	32	26	6	7,2	1,18	4,1	CRÍTICO	CRÍTICO	8/10	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
5	C-5	Eje A-B	32	26	6	7,1	1,2	3,9	CRÍTICO	CRÍTICO	8/10	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
6	C-6	Eje 1-2	33	25	8	7,9	1,16	4,2	CRÍTICO	CRÍTICO	8/10	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
7	C-7	Eje A-B	32	24	8	7	1,4	4,0	CRÍTICO	CRÍTICO	8/10	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
8	C-8	Eje 1-2	33	23	10	7,1	1,25	4,2	CRÍTICO	CRÍTICO	8/10	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
9	C-9	Zona A	34	24	10	7,2	1,3	4,1	CRÍTICO	CRÍTICO	8/10	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
10	C-10	Zona B	35	25	10	7,1	1,19	4,0	CRÍTICO	CRÍTICO	8/10	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
11	C-11	Eje A	32	26	6	7,2	1,25	4,3	CRÍTICO	CRÍTICO	8/10	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino
12	C-12	Eje B	34	27	7	7,2	1,16	4,0	CRÍTICO	CRÍTICO	8/10	CRÍTICO	Corrosión activa severa	Ambiente marino

SECCIÓN 2: ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y RESUMEN			
Parámetro	**Carbonatación**	**Cloruros**	**Observación**
N° de Ensayos	**12**	**12**	Mismo número de ensayos para ambos parámetros
Valor Promedio	**33,08**	**1,23**	**Ambos superan límites normativos**
Desviación Estándar	**1,00**	**0,07**	Medida de dispersión de los datos
Coeficiente Variación (%cv)	**3,01**	**5,45**	Variabilidad relativa de los datos
Valor Mínimo	**32**	**1,16**	Valores mínimos detectados
Valor Máximo	**35**	**1,4**	Valores máximos detectados
Límite Normativo	**25**	**0.15% masa (ACI 318)**	Límites establecidos por normas
Diferencia/Exceso	**8,08**	**822%**	**Magnitud de incumplimiento**
pH Promedio	**7,22**	**-**	**Muy por debajo del seguro (>9.0)**
Índice Sinergia Prom	**7.0/10**	**-**	**Riesgo combinado CRÍTICO**
Ensayos en Riesgo CRÍTICO	**12 (100.0%)**	**12(100.0%)**	Mayoría en riesgo crítico

SECCIÓN 3: LÍMITES NORMATIVOS Y CONCLUSIONES	
INCUMPLIMIENTO NORMATIVO TOTAL	Carbonatación supera recubrimiento (+8mm) | Cloruros 8.1x límite ACI 318 | pH bajo (7.2<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 7 Correlación de Ensayos de Carbonatación y Cloruros

Capítulo 13: Análisis Costo-Beneficio de Alternativas

Con base en el diagnóstico de vulnerabilidad crítica e irrecuperable, se evalúan las dos únicas alternativas posibles para el futuro del Bloque B, considerando los datos actualizados sobre el estado real de la estructura.

13.1 Alternativa 1: Reforzamiento y Reparación Integral (Descartada)

Esta alternativa implicaría intentar reparar la estructura existente para que cumpla con la normativa NSR-10. Sin embargo, a la luz de los nuevos hallazgos, esta opción es **técnicamente inviable y se descarta por completo** por las siguientes razones:

- **Material Base Deficiente:** No se puede reforzar un material que tiene un déficit de resistencia del 43.5%. El concreto existente no tiene la capacidad mínima para anclar nuevos elementos de refuerzo ni para garantizar un comportamiento monolítico.
- **Contaminación Generalizada:** La contaminación por cloruros (8 veces el límite) está presente en toda la masa del concreto, no solo en la superficie. Eliminar todo el concreto contaminado equivaldría a demoler la estructura.
- **Falta de Garantía y Durabilidad Nula:** Cualquier reparación sería un parche superficial sobre un problema sistémico. La corrosión continuaría avanzando en el interior del material, y la vida útil de dicha "reparación" sería impredecible pero extremadamente corta. El costo sería altísimo para una solución sin ninguna garantía.

Conclusión de la Alternativa 1: Intentar reparar o reforzar el Bloque B sería una decisión irresponsable, antieconómica y que no solucionaría el problema de seguridad de fondo. Representaría un gasto enorme en una estructura condenada.

13.2 Alternativa 2: Demolición y Reconstrucción (Recomendada)

Esta alternativa consiste en demoler la estructura existente y construir una nueva edificación en su lugar. Este es el único camino viable y responsable.

- **Costo:** Implica el 100% del costo de una edificación nueva, más un costo marginal por la demolición (estimado entre 3-5% del costo total del proyecto). Si bien la inversión inicial es mayor que una hipotética reparación, es una inversión final y definitiva.
- **Beneficios (Análisis Extenso):**
  - **Seguridad Absoluta y Garantizada:** Una nueva estructura será diseñada y construida para cumplir y superar todos los requisitos de la norma sismo resistente NSR-10, garantizando la seguridad de sus ocupantes a largo plazo.
  - **Vida Útil Prolongada (> 50 años):** Al utilizar materiales duraderos y técnicas de construcción adecuadas para el ambiente marino (concretos de alto desempeño, recubrimientos adecuados, aceros protegidos), la nueva estructura tendrá una vida útil superior a 50 años, en contraste con la nula vida útil de la estructura actual.
  - **Costos de Mantenimiento Mínimos:** Una estructura nueva y bien diseñada tendrá costos de mantenimiento preventivo bajos y predecibles, eliminando los

altísimos costos correctivos que requeriría la estructura actual.

- **Oportunidad de Modernización y Adecuación:** La reconstrucción permite diseñar espacios modernos, funcionales y adaptados a las necesidades pedagógicas y tecnológicas actuales del SENA, mejorando la calidad de la formación.
- **Sostenibilidad y Valor Patrimonial:** Se crea un activo seguro y duradero para la institución, eliminando un pasivo peligroso y costoso. Se da un ejemplo de gestión responsable de la infraestructura pública.

13.3 Conclusión del Análisis Costo-Beneficio

El análisis es concluyente e irrefutable. La abrumadora evidencia técnica sobre el estado terminal de la estructura hace que la **Alternativa 2 (Demolición y Reconstrucción)** no solo sea la más beneficiosa, sino la única opción posible.

> ***Invertir en la reparación del Bloque B sería un desperdicio de recursos públicos en una causa perdida. La inversión en una nueva edificación es la única decisión lógica desde una perspectiva técnica, financiera, de seguridad y de responsabilidad social.***

La relación costo-beneficio favorece de manera absoluta a la reconstrucción, ya que el "beneficio" principal es la mitigación del riesgo inminente de colapso y la garantía de la vida humana, un beneficio invaluable que ninguna reparación podría ofrecer.

Capítulo 14: 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.

14.1 Diagnóstico Estructural Integral: Colapso Sistémico y Sinergia de Patologías Críticas

El Bloque B de la sede del SENA en San Andrés Isla presenta un estado de **VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL CRÍTICA E IRRECUPERABLE**. Esta condición no se debe a una única falla, sino a la convergencia y sinergia destructiva de múltiples patologías en estado terminal que han comprometido de manera irreversible la capacidad portante y la durabilidad de la estructura. El diagnóstico se fundamenta en tres pilares interconectados que demuestran un colapso sistémico del material:

Calidad del Concreto Inexistente y Resistencia Residual Insignificante: La resistencia a compresión promedio de la estructura, consolidada a través de todos los ensayos, es de apenas **1,694.9 psi (11.7 MPa).** Este valor representa un **déficit catastrófico del 43.5%** frente a la resistencia mínima de diseño de 3,000 psi. De manera aún más crítica, el ensayo de extracción de núcleo, que refleja la resistencia real, arrojó un valor de **1,551.0 psi**, confirmando que el material base nunca cumplió con las especificaciones mínimas. Un concreto de tan baja calidad no solo es incapaz de soportar las cargas de servicio, sino que carece de cualquier factor de seguridad, haciéndolo

extremadamente vulnerable a una falla súbita bajo su propio peso y con un riesgo inminente de colapso ante cualquier evento extraordinario.

Fallo Total del Mecanismo de Protección del Acero (Carbonatación Avanzada): El concreto posee una alcalinidad natural (pH > 12.5) que crea una capa pasivante protectora alrededor del acero de refuerzo. El ensayo de carbonatación demostró que la profundidad de carbonatación promedio (**33.1 mm**) ha sobrepasado por completo el espesor del recubrimiento del acero (estimado en 25 mm). Esto ha reducido el pH del concreto a un nivel neutro, destruyendo por completo la capa pasivante y dejando al acero de refuerzo totalmente expuesto y vulnerable, como una "caja fuerte con la puerta abierta".

Ataque Químico Masivo por Iones de Cloruro: La estructura está contaminada con una concentración promedio de cloruros del **1.23%** en masa de cemento. Este valor es **más de 8 veces superior al límite máximo de 0.15%** que permite la norma ACI 318 para estructuras en ambientes marinos. Los cloruros son el agente más potente en la iniciación de la corrosión. En este caso, al encontrar un acero ya desprotegido por la carbonatación, su efecto es devastador y exponencial.

14.2 Conclusiones Finales (Análisis Extenso)

La interacción de los factores diagnosticados conduce a las siguientes conclusiones definitivas sobre el estado y comportamiento de la estructura:

- **Proceso de Corrosión Exponencial y Generalizado:** La estructura está inmersa en un ciclo de degradación acelerado e imparable. La carbonatación eliminó la protección y los cloruros iniciaron un proceso de corrosión masivo. La corrosión del acero genera óxido, que ocupa un volumen hasta seis veces mayor que el acero original. Esta expansión interna genera enormes presiones que fisuran y desprenden el recubrimiento de concreto (fenómeno conocido como "spalling"), exponiendo aún más el acero al ambiente agresivo y acelerando aún más el proceso. Este ciclo de retroalimentación destructiva es irreversible y se ha extendido por toda la estructura, no es un problema localizado.

- **Pérdida Catastrófica de Capacidad Estructural:** La corrosión ha destruido la capacidad portante de la estructura a través de dos mecanismos simultáneos:

    - **Reducción de la Sección del Acero:** El acero de refuerzo se está "consumiendo" por el óxido, lo que reduce su diámetro efectivo y, por tanto, su capacidad para resistir las tensiones de tracción. La capacidad de vigas y columnas para soportar cargas está significativamente mermada y es imposible de cuantificar con certeza.

    - **Pérdida Total de Adherencia Concreto-Acero:** La capa de óxido entre el acero y el concreto destruye la adherencia mecánica y química entre ambos materiales. Sin adherencia, no pueden trabajar en conjunto, y el sistema estructural de concreto reforzado deja de funcionar como tal. Los elementos pierden su comportamiento monolítico y su capacidad se ve

drásticamente reducida a la de un concreto simple de muy mala calidad.

- **Riesgo Inminente de Falla Frágil y Colapso Súbito:** La corrosión por picadura ("pitting"), característica del ataque por cloruros, puede causar una pérdida de sección muy localizada y severa en las barras de refuerzo, haciéndolas susceptibles a una falla frágil (súbita, sin previo aviso). Esto significa que la estructura podría colapsar sin mostrar las señales de advertencia típicas (como grandes deformaciones), lo que representa el escenario de riesgo más peligroso para la vida de los ocupantes. La estructura es, en términos prácticos, una "bomba de tiempo".

- **Inviabilidad Absoluta y Antieconómica de la Reparación:** Dada la bajísima calidad del material base (concreto con 43.5% de déficit de resistencia), la contaminación generalizada por cloruros en toda la masa del concreto (no solo en la superficie) y la extensión del daño en el acero de refuerzo, cualquier intento de reparación sería ineficaz, antieconómico y temporal. Sería el equivalente a realizar una cirugía mayor en un paciente con una enfermedad terminal sistémica. Las patologías no son localizadas, sino intrínsecas a la estructura. Un reforzamiento no puede compensar la pobre calidad del material que se pretende reforzar y sería técnicamente irresponsable.

14.3 Dictamen Técnico Final

Considerando el análisis integral de los resultados, la interpretación de las patologías y sus sinergias, y la evaluación de los riesgos inminentes asociados, se emite el siguiente dictamen técnico final e inapelable:

> ***La estructura del Bloque B ha llegado al final de su vida útil y se encuentra en un estado de VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL CRÍTICA E IRRECUPERABLE. La seguridad y estabilidad de la edificación no pueden ser garantizadas bajo ninguna circunstancia, representando un RIESGO INMINENTE, INACEPTABLE Y NO MITIGABLE para la seguridad de las personas y los bienes. La estructura ha fallado desde el punto de vista de la resistencia de sus materiales y de su durabilidad.***

Por lo tanto, se dictamina que la estructura no es apta para su uso bajo ninguna condición, y su reparación o reforzamiento es técnicamente inviable, económicamente injustificable y éticamente irresponsable. La única alternativa técnica y segura es la que se detalla en el siguiente capítulo.

Capítulo 15: Recomendaciones y Plan de Acción Urgente

Con base en el dictamen técnico de vulnerabilidad estructural crítica e irrecuperable, y en cumplimiento del deber primordial de salvaguardar la vida y la integridad de las personas, se emite una única recomendación principal, acompañada de un plan de acción detallado y urgente para su ejecución.

15.1 Recomendación Principal e Inapelable: DEMOLICIÓN TOTAL

Se recomienda de manera inequívoca, la **demolición completa y controlada del Bloque B.** Su estado de degradación es tan avanzado y generalizado que cualquier intento de reparación o reforzamiento sería una acción irresponsable, ineficaz, insegura y económicamente inviable.

15.2 Plan de Acción Detallado por Fases

Para llevar a cabo esta recomendación de manera segura, ordenada y expedita, se propone el siguiente plan de acción dividido en fases con plazos sugeridos:

Fase 1: Acciones Inmediatas de Salvaguarda (Plazo: 0 - 7 días)

El objetivo de esta fase es eliminar de inmediato cualquier riesgo para las personas y asegurar el área.

- **Clausura y Desalojo Total y Definitivo:** Se debe proceder con la **clausura inmediata, total y definitiva** del Bloque B. Queda estrictamente prohibido el acceso y la permanencia de cualquier persona (estudiantes, personal administrativo, docentes, etc.) dentro y en las inmediaciones de la edificación.

Establecimiento de Perímetro de Seguridad: Instalar un cerramiento perimetral de seguridad a una distancia no menor a 1.5 veces la altura de la edificación para crear una zona de exclusión segura. Se debe instalar señalización de alta visibilidad que advierta del **"PELIGRO - RIESGO DE COLAPSO"** y prohíba el paso.

Desconexión de Todos los Servicios Públicos: Coordinar con las empresas proveedoras la desconexión total y segura de todos los servicios públicos que alimentan el bloque, incluyendo energía eléctrica, acueducto, alcantarillado y telecomunicaciones, para evitar riesgos adicionales durante un posible colapso.

Fase 2: Planificación Técnica y Administrativa Acelerada

Esta fase se centra en la preparación expedita de la operación de demolición.

Contratación de Emergencia de Empresa Especializada: Iniciar un proceso de contratación de emergencia para una empresa de demolición con experiencia certificada en procedimientos de demolición mecánica controlada y en el manejo de Residuos de Construcción y Demolición (RCD).

Elaboración del Plan de Demolición y Seguridad: La empresa contratada deberá elaborar y presentar para aprobación un **Plan de Demolición detallado**, que debe incluir, como mínimo: la metodología de demolición a emplear, la secuencia de derrumbe para no afectar estructuras aledañas, los equipos a utilizar, un plan de control de riesgos

(polvo, ruido, vibraciones, proyecciones) y un robusto plan de seguridad y salud en el trabajo.

Plan de Manejo Ambiental de RCD: El contratista debe presentar un plan para la gestión integral de los residuos, priorizando la clasificación, el aprovechamiento y el reciclaje de materiales (especialmente la madera y el acero), en cumplimiento con la normativa ambiental vigente de CORALINA.

Gestión de Permisos de Demolición: Tramitar con carácter de urgencia ante la curaduría urbana o la autoridad competente la licencia de demolición y todos los permisos requeridos para la intervención.

Fase 3: Ejecución de la Demolición Controlada

Corresponde a la ejecución segura y eficiente de la demolición.

Demolición Mecánica Secuencial: Proceder con la demolición utilizando maquinaria pesada (excavadoras con martillo hidráulico, cizallas, etc.), siguiendo estrictamente la secuencia planeada para garantizar la estabilidad de la estructura remanente y de las edificaciones vecinas.

Manejo y Retiro de Residuos: Realizar la segregación de los residuos en el sitio. La madera estructural debe ser evaluada para un posible tratamiento y reutilización en elementos no estructurales o mobiliario. El concreto debe ser triturado para su uso como material de relleno o base granular. El acero de refuerzo debe ser separado y enviado a reciclaje.

15.3 Consideraciones Post-Demolición y Diseño de una Nueva Estructura Resiliente

Una vez demolida la estructura, se recomienda:

- **Estudios Geotécnicos y de Suelos:** Realizar un estudio de suelos completo y actualizado en el área desocupada para obtener los parámetros geotécnicos precisos para el diseño de una futura cimentación, considerando las condiciones particulares de la isla.

- **Diseño de una Nueva Estructura con Enfoque en Durabilidad Extrema:** La futura edificación que reemplace al Bloque B debe ser un ejemplo de construcción resiliente para el ambiente marino de San Andrés. Esto implica:

    - **Concretos de Alto Desempeño:** Utilizar diseños de mezcla con bajas relaciones agua/cemento (<0.40), adiciones de materiales cementantes suplementarios (SCM) como cenizas volantes o escoria, e inhibidores de corrosión.
    - **Recubrimientos Generosos:** Especificar recubrimientos de concreto para el acero de refuerzo superiores a los mínimos normativos (e.g., 75 mm en elementos expuestos).
    - **Acero Protegido:** Utilizar acero de refuerzo con recubrimientos epóxicos, galvanizados o, idealmente, de acero inoxidable en las zonas más críticas.
    - **Diseño para la Inspección y el Mantenimiento:** Diseñar la estructura de manera que facilite la inspección visual periódica y el mantenimiento preventivo.

Capítulo 16: Referencias Bibliográficas

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS). (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10)*. Bogotá D.C., Colombia.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). Normas Técnicas Colombianas (NTC) aplicables, incluyendo NTC 3692, NTC 4325, NTC 673, NTC 5551, NTC 784, NTC 205.

American Society for Testing and Materials (ASTM). Estándares aplicables, incluyendo ASTM C805, C597, C42, C1152, D143, D4442, D2395.

American Concrete Institute (ACI). Guías y comités aplicables, incluyendo ACI 318, ACI 228.1R, ACI 214.4R.

Capítulo 17: Anexos

En esta sección se adjuntan los documentos de soporte que complementan y validan la información presentada en este informe.

- **Anexo A:** Tablas de Resultados de Ensayos en formato Excel
  - Anexo A.1: Tabla Resumen de Esclerometría - Bloque B
  - Anexo A.2: Tabla Resumen de Ultrasonido - Bloque B
  - Anexo A.3: Tabla Resumen de Ensayo de Núcleo - Bloque B
  - Anexo A.4: Tabla Resumen de Carbonatación - Bloque B
  - Anexo A.5: Tabla Resumen de Contenido de Cloruros - Bloque B
  - Anexo A.6: Tabla de Correlación de Ensayos - Bloque B
- **Anexo B:** Registro Fotográfico Detallado de Patologías
- **Anexo C:** Planos del Levantamiento Arquitectónico y Estructural

ALFREDO JOSE MARTINEZ MEDRANO
ESP. ESTRUCTURAL