



INFORME DE RECOMENDACIONES CENTRO DE CONVENCIONES

FIDUCOLDEX

**Barranquilla, 12 de septiembre de
2025**

“ESTUDIOS DE PATOLOGÍA Y DISEÑOS ESTRUCTURALES AL SISTEMA PERIMETRAL DE CONFINAMIENTO DE MATERIAL DE RELLENO DEL PREDIO DONDE SE ENCUENTRA EL CENTRO DE CONVENCIONES DE CARTAGENA (CCCI)”

INFORME DE RECOMENDACIONES

BARRANQUILA

12 DE SEPTIEMBRE DE 2025

FIDUCOLDEX

CONTENIDO

1	OBJETIVO	3
1.1	OBJETIVO GENERAL	3
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
2	INTRODUCCIÓN	4
3	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	4
3.1	GENERALIDADES	4
3.2	RECOMENDACIONES PARA CADA SECTOR.....	5
3.2.1	SECTOR 7.....	5
3.2.2	SECTOR 6.....	7
3.2.3	SECTOR 5.....	9
3.2.4	SECTOR 3.....	11
3.2.5	SECTOR 1.....	13
3.3	EXPERIENCIA DE USO TABLAESTACA VINILICA	15
3.4	PROCEDIMIENTO PARA REPARACIÓN EN AMBIENTE MARINO	16
3.5	ESPECIFICACIONES DE LAS MEZCLAS DE CONCRETO	19
3.5.1	Condiciones para la colocación	21
3.5.2	Condiciones para durabilidad extendida.....	21
3.6	MANTENIMIENTO Y RECOMENDACIONES PARA PROLONGAR LA VIDA ÚTIL	21
3.6.1	Mantenimiento preventivo.....	22
3.6.2	Mantenimiento correctivo.....	22
3.7	RECOMENDACIONES SEGÚN ESTUDIO GEOFÍSICO	22
	BIBLIOGRAFÍA.....	23
	ANEXOS.....	24

1 OBJETIVO

1.1 OBJETIVO GENERAL

Establecer las recomendaciones técnicas y especificaciones necesarias para la intervención de la estructura perimetral del Centro de Convenciones “Cartagena de Indias”, con base en los hallazgos obtenidos durante los trabajos en campo realizados.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Delimitar los tramos de la estructura perimetral que requieren intervenciones correctivas por reforzamiento.
- Identificar las zonas con fallas estructurales críticas, recomendando su demolición y reconstrucción.
- Establecer los criterios técnicos para el diseño de mezclas de concreto estructural y de reparación, especificando la dosificación.
- Establecer los requisitos de durabilidad conforme a la exposición marina.
- Formular recomendaciones de mantenimiento preventivo y correctivo a largo plazo, orientadas a conservar la funcionalidad y prolongar la vida útil de la estructura perimetral.

2 INTRODUCCIÓN

La estructura perimetral del Centro de Convenciones de Cartagena de Indias presenta múltiples patologías estructurales, tales como desprendimientos de concreto, fisuras longitudinales, exposición de acero de refuerzo con avanzado estado de corrosión y posibles socavaciones. Estas condiciones fueron identificadas mediante inspecciones submarinas detalladas, levantamientos topográficos y batimétricos, así como ensayos destructivos y no destructivos.

La ausencia de planos estructurales originales ha llevado a basar el diagnóstico en la observación directa y ensayos técnicos in situ, generando un marco técnico fundamentado para diseñar intervenciones correctivas y preventivas que garanticen la integridad de la infraestructura y la seguridad del entorno. Este informe establece, por tanto, las bases para definir un plan de acción técnico estructurado, que permita corregir las deficiencias identificadas y extender la vida útil de la infraestructura.

3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto comprende la evaluación y posterior intervención de la estructura de confinamiento perimetral del Centro de Convenciones “Cartagena de Indias”, la cual bordea un área de aproximadamente 847.6 metros lineales y se encuentra compuesta por siete sectores estructuralmente diferenciados (muros, pilotes cuadrados y redondos, tablestacados, etc.).

La intervención se fundamenta en la siguiente secuencia técnica:

- Recolección y análisis de datos mediante inspección visual terrestre.
- Ejecución de ensayos especializados, incluyendo auscultación de refuerzos, ultrasonido, carbonatación, contenido de cloruros y sulfatos, integridad de pilotes y perfil geotécnico marino y terrestre.
- Clasificación de sectores según tipología estructural y nivel de deterioro.
- Formulación de lineamientos técnicos para reforzamiento, mantenimiento correctivo y diseño estructural conforme a los hallazgos.

3.1 GENERALIDADES

PROYECTO: Estudio de patología estructural de la estructura perimetral del centro de convenciones.

LOCALIZACIÓN: Centro de convenciones Cartagena de Indias, Bolívar. Coordenadas: 10°25'14"N 75°32'56"W (ver **Imagen 1**).



Imagen 1. Localización de la estructura perimetral.

3.2 RECOMENDACIONES PARA CADA SECTOR

De acuerdo con los resultados de los ensayos, inspecciones y diagnósticos presentados en el informe de patología, se establecen las recomendaciones y medidas de intervención diferenciadas por sector. En la **Tabla 1**.

Tabla 1. Escala cualitativa de prioridad de intervenciones

Color	Nivel	Definición técnica	Sectores
Rojo	Crítico	Daños estructurales severos, pérdida de material estructural (desprendimientos), socavaciones activas, exposición de refuerzo con corrosión avanzada, pérdida de integridad funcional. Requiere intervención inmediata de diseño y reconstrucción.	Sector 3 y sector 5
Naranja	Alto	Daños moderados: grietas profundas, exposición parcial de acero sin pérdida significativa de sección, inicio de socavaciones. Requiere intervención prioritaria con intervenciones de reforzamiento.	Sector 1, sector 6 y sector 7
Amarillo	Moderado	Daños menores como fisuración o degradación superficiales del concreto, sin exposición de armaduras ni socavación. Requiere mantenimiento programado.	Sector 4, Sector 2

3.2.1 SECTOR 7

En el Sector 7, la intervención recomendada corresponde a la demolición y reconstrucción del elemento denominado sistema de contención, constituido por una viga de amarre encima de los pilotes

(ver **Imagen 2**), debido a los elevados contenidos de cloruros identificados en los ensayos realizados. El procedimiento consistirá en la demolición total del elemento actual de contención, retirando el concreto deteriorado y el acero de refuerzo, para posteriormente ejecutar la reconstrucción total del sistema. El vaciado del nuevo concreto deberá realizarse siguiendo de manera estricta las especificaciones de mezclas señaladas en este informe, garantizando así resistencia y durabilidad, dado el ambiente agresivo en el que se encuentra la estructura. Asimismo, el acero de refuerzo deberá disponerse de acuerdo con los planos estructurales, asegurando los recubrimientos mínimos y la continuidad necesaria para restituir la capacidad de confinamiento del sector.

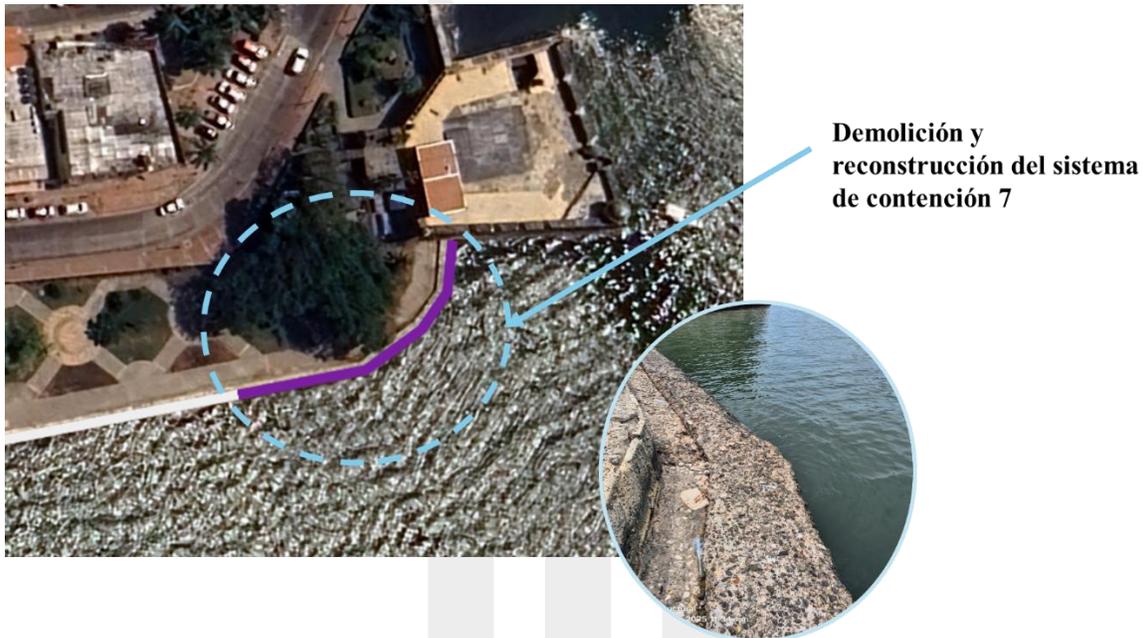


Imagen 2. Demolición y reconstrucción de elemento de contención 7

A continuación, se presenta la sección transversal en la que se va a intervenir en la **Figura 1**.

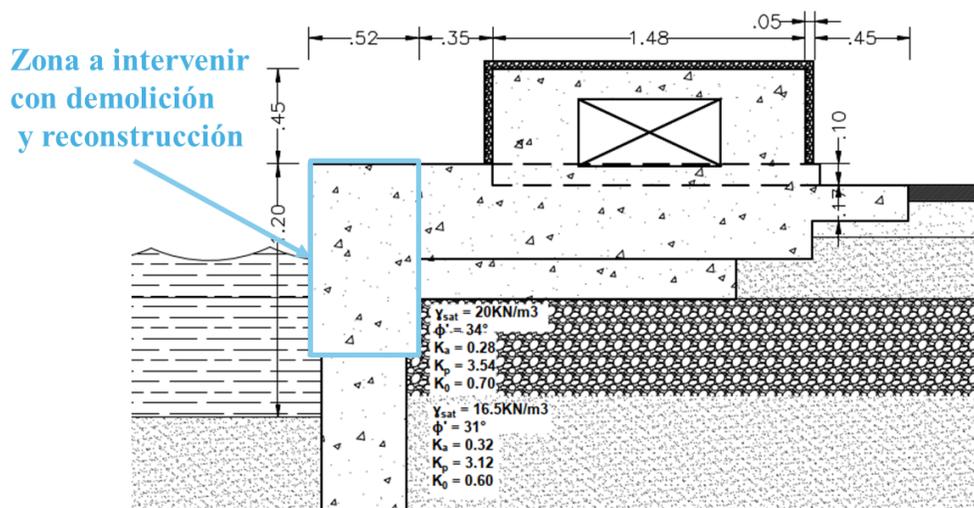


Figura 1. Zona a intervenir en sección transversal

Además de las reparaciones se recomienda no aplicar una sobrecarga superior a 10kPa en este sector, teniendo en cuenta lo evaluado en el INFORME DE REVISIÓN Y DISEÑO DE REFORZAMIENTO U OBRAS.

3.2.2 SECTOR 6

En el Sector 6, las actividades de intervención previstas contemplan la demolición y reconstrucción de la viga cabezal perimetral, así como la escarificación y reforzamiento con concreto en el sistema de contención de los sectores 5 y 6 y en la zona recientemente rehabilitada (como se aprecia en la **Imagen 3** y en la **Imagen 4**). Estas acciones buscan restituir la capacidad estructural del elemento y garantizar la continuidad del sistema de confinamiento.

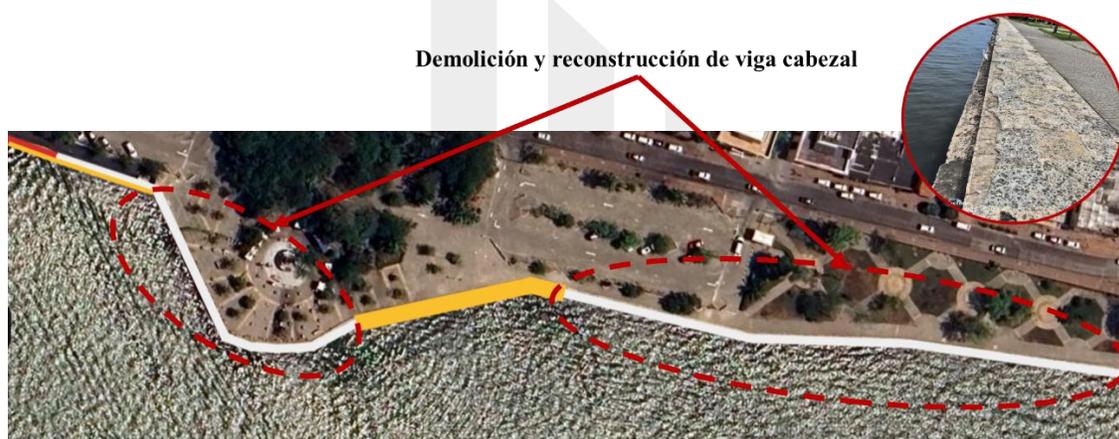


Imagen 3. Ubicación de intervenciones de demolición y reconstrucción de viga cabezal en sector 6



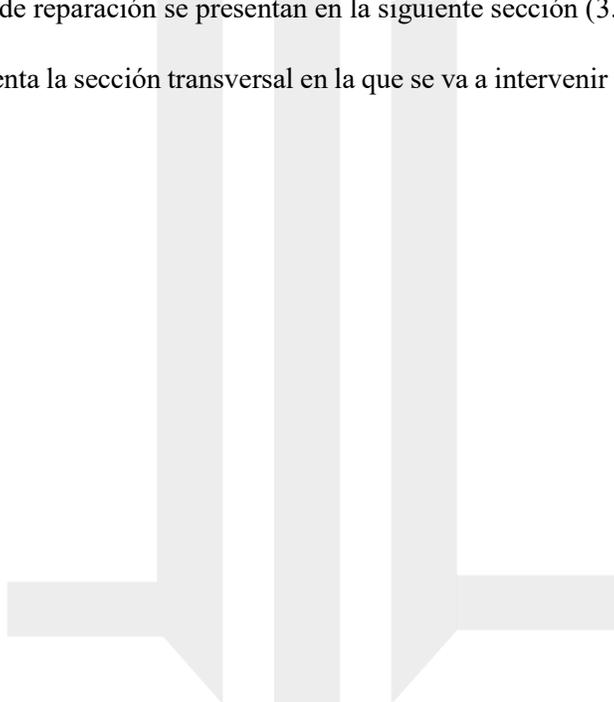
Imagen 4. Ubicación de intervenciones de escarificación y reforzamiento estructural en viga cabezal y sistema de contención 5-6 en sector 6

El procedimiento para la viga cabezal perimetral inicia con la demolición de la viga existente, la cual se ejecutará mediante el uso de rotomartillos y herramientas de percusión manual, evitando daños colaterales sobre las secciones de concreto adyacentes. Una vez retirada la viga deteriorada, se

procederá a la instalación de formaletas metálicas o de madera tratada, correctamente alineadas y niveladas, que permitan contener el vaciado de la nueva sección. Posteriormente, se realizará el vaciado del concreto estructural, cumpliendo las especificaciones técnicas definidas en el capítulo de recomendaciones de concreto del presente informe, con control del asentamiento, resistencia especificada y curado adecuado. La viga se complementará con la colocación de acero de refuerzo según los planos estructurales, con recubrimientos garantizados y asegurando su correcto anclaje a los elementos contiguos.

En lo que corresponde al reforzamiento de las secciones del sistema de contención en los sectores 5 y 6 y la zona rehabilitada, el proceso comienza con la demolición del concreto deteriorado hasta alcanzar el nivel del acero de refuerzo existente. Una vez expuesta la armadura, se realizará una limpieza y aplicación de un recubrimiento al acero de refuerzo. En caso de que los planos estructurales lo indiquen, se procederá a la colocación de refuerzos adicionales de acero, amarrados al existente y con continuidad adecuada. Se recomienda emplear una barrera química entre el concreto existente y el nuevo para mitigar el efecto *halo* en la zona reparada. Finalmente, se ejecutará el vaciado de concreto nuevo con las especificaciones establecidas en este informe. Estas actividades permitirán recuperar la capacidad de confinamiento y mejorar la durabilidad del sistema en este sector crítico. Detalles de los trabajos de reparación se presentan en la siguiente sección (3.3).

A continuación, se presenta la sección transversal en la que se va a intervenir en la **Figura 2** y **Figura 3**.



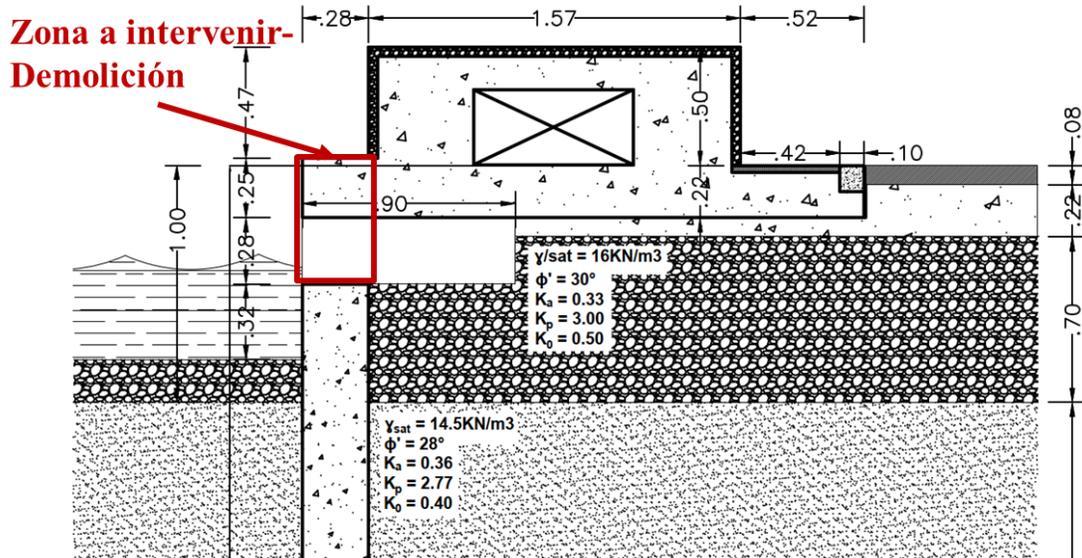


Figura 2. Zona a intervenir en sección transversal para demolición

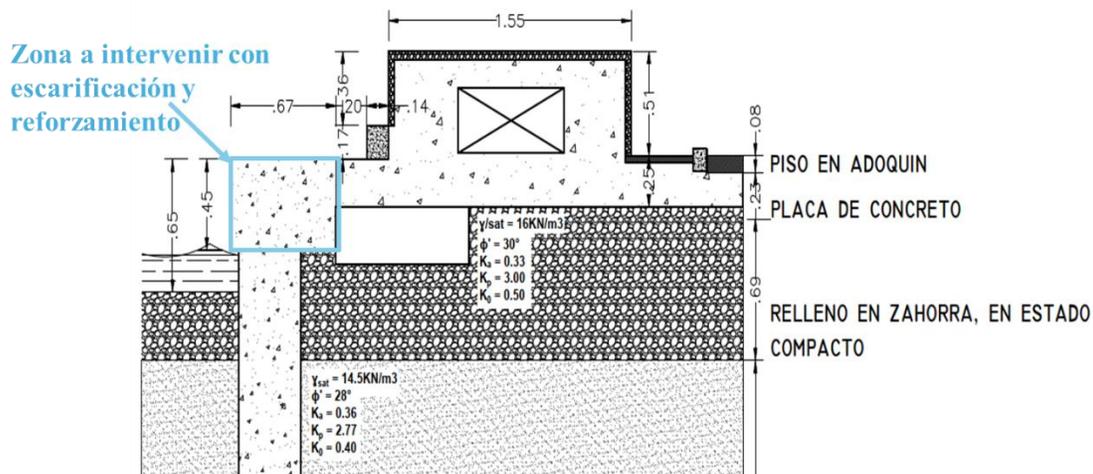


Figura 3. Zona a intervenir en sección transversal para reforzamiento

Además de las reparaciones se recomienda no aplicar una sobrecarga superior a 10kPa en este sector, teniendo en cuenta lo evaluado en el INFORME DE REVISIÓN Y DISEÑO DE REFORZAMIENTO U OBRAS.

3.2.3 SECTOR 5

En el Sector 5, la intervención planteada corresponde a la demolición total y reconstrucción del sistema estructural existente (ver **Imagen 5**), dado el nivel de deterioro avanzado que compromete la funcionalidad de la viga cabezal y de los elementos de contención. La reposición constituye la solución más adecuada y segura; se propone ejecutarse mediante la instalación de un sistema de tablestacado, de acuerdo con las conclusiones del informe estructural.

El procedimiento inicia con la demolición controlada del tramo existente, removiendo el concreto deteriorado. Una vez despejado el sector, se procederá a la construcción de la nueva sección mediante el vaciado de concreto estructural, siguiendo las especificaciones de mezclas establecidas en este

informe. La ejecución deberá realizarse bajo estricto control de calidad, cuidando espesores, recubrimientos y acero de refuerzo de acuerdo con los planos estructurales, lo que permitirá restituir la capacidad resistente y la durabilidad de la sección reconstruida.

De manera complementaria, en la transición con los sectores 5 y 6 se ejecutará un reforzamiento del sistema de contención (ver **Imagen 5**), con procedimientos semejantes a los descritos para el Sector 6. Para ello, se debe demoler el concreto deteriorado hasta exponer el acero de refuerzo embebido, con posterior inspección, limpieza y protección (en caso de ser necesario). En la interfaz del concreto existente y nuevo, se recomienda aplicar una barrera que permita mitigar la aparición del *efecto halo*, en la zona de reparación (sección 3.3). Se adicionará acero de refuerzo de acuerdo con los planos estructurales, y se procederá al vaciado de concreto nuevo bajo las especificaciones técnicas definidas en este informe. Con estas actividades, se garantizará la continuidad estructural y el adecuado confinamiento de los materiales en esta zona crítica.

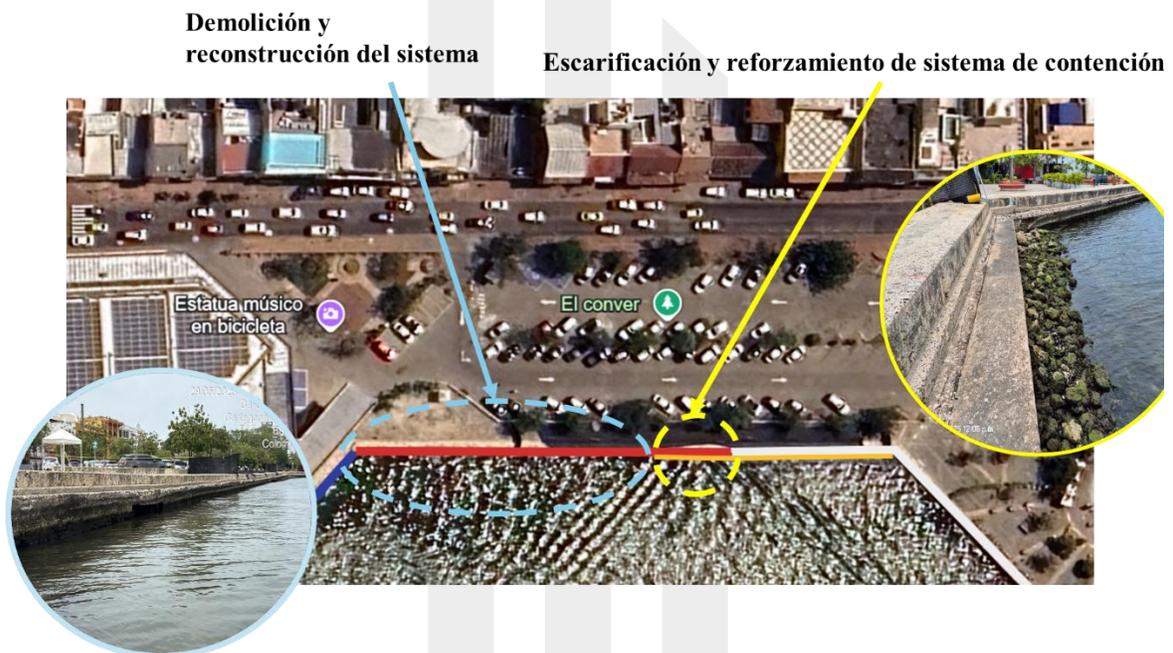


Imagen 5. Ubicación de intervenciones de demolición-reconstrucción del sistema en sector 5 y escarificación-reforzamiento en sistema de contención 5-6

A continuación, se presenta la sección transversal en la que se va a intervenir en la **Figura 4** y **Figura 5**.

**Zona a intervenir
demolición y
reconstrucción**

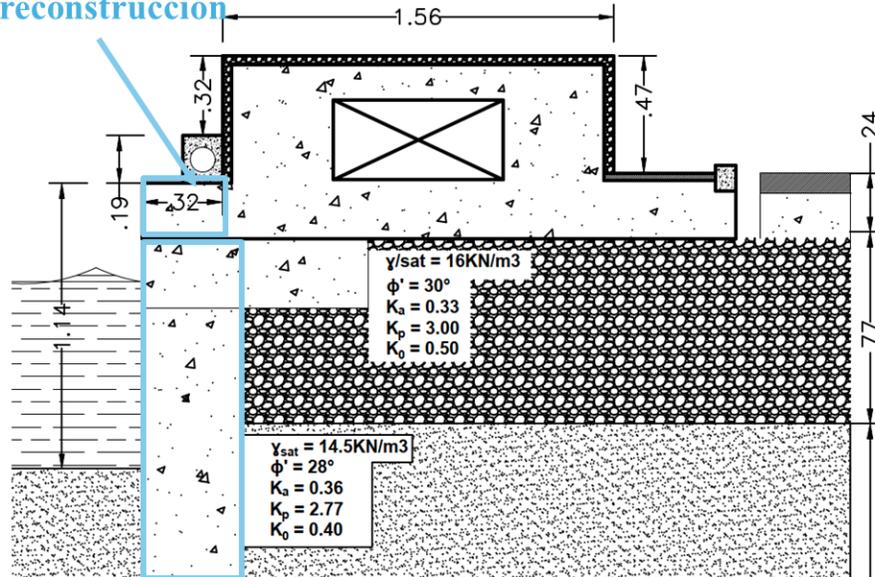


Figura 4. Zona a intervenir en sección transversal para demolición

**Zona a intervenir con
escarificación y
reforzamiento**

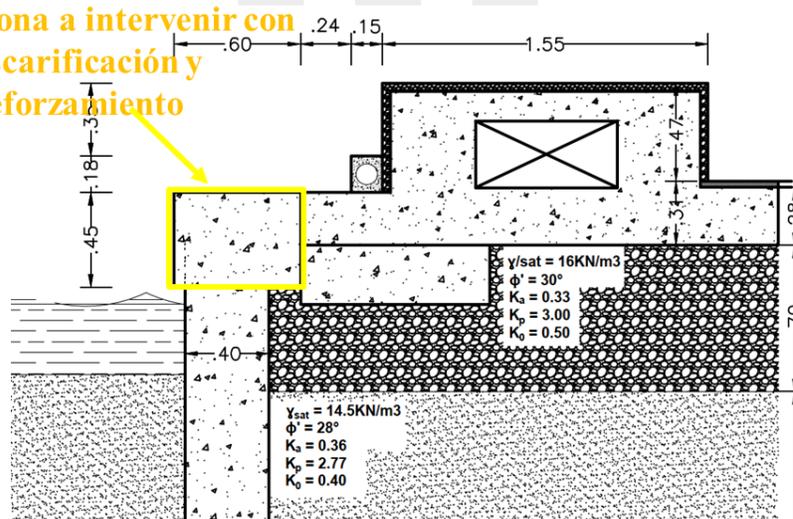


Figura 5. Zona a intervenir en sección transversal para reforzamiento

Además de las reparaciones se recomienda no aplicar sobrecarga adicional en este sector, teniendo en cuenta lo evaluado en el INFORME DE REVISIÓN Y DISEÑO DE REFORZAMIENTO U OBRAS.

3.2.4 SECTOR 3

En el Sector 3, los resultados de los ensayos de durabilidad y el grado de deterioro reportado conducen a recomendar la demolición total y reconstrucción del sistema estructural existente (ver **Imagen 5**). Al igual que en el Sector 5, el estado actual del concreto y del acero de refuerzo no permite considerar soluciones de reforzamiento parcial, sino la reposición completa del tramo, implementando un nuevo sistema de tablestacas, según lo definan las conclusiones del informe estructural.

La reconstrucción deberá ejecutarse con concreto preparado bajo las especificaciones de mezclas establecidas en este informe, con estricto control de calidad durante el vaciado, recubrimientos adecuados y colocación de acero conforme a los planos estructurales. Con esta intervención, el Sector 3 podrá recuperar la capacidad resistente y funcional del sistema de contención, asegurando su desempeño estructural y extendiendo su vida útil bajo condiciones de servicio.



Imagen 6. Ubicación de intervenciones de demolición-reconstrucción del sistema en sector 3

A continuación, se presenta la sección transversal en la que se va a intervenir en la **Figura 6.**

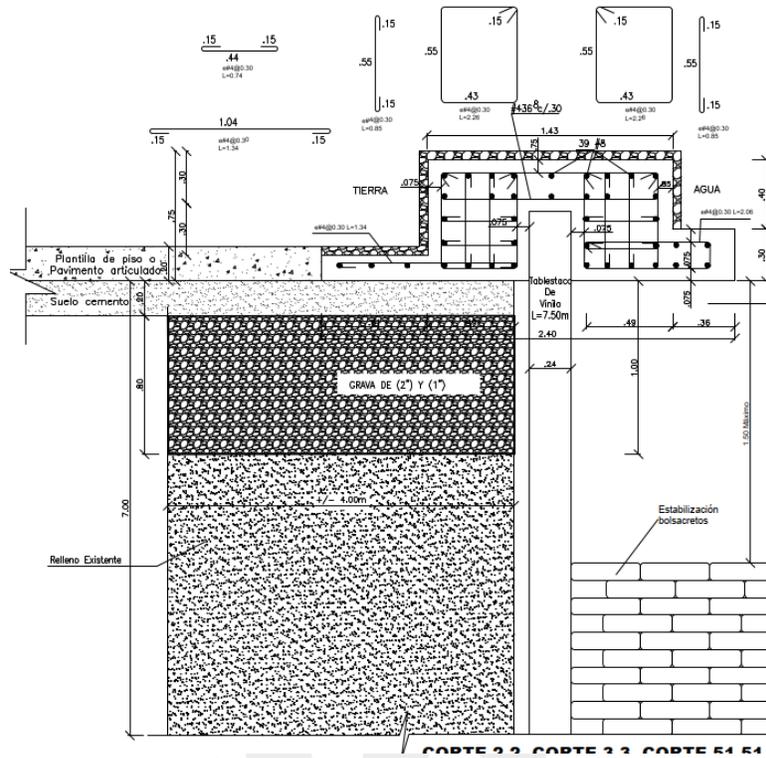


Figura 6. Zona a intervenir en sección transversal para demolición

3.2.5 SECTOR 1

En el Sector 1, la intervención planteada corresponde a la demolición y reconstrucción de la viga cabezal, dado el nivel de deterioro evidenciado en las inspecciones (ver **Imagen 7**). El procedimiento es similar al planteado para el Sector 6, adaptado a las condiciones particulares de este tramo.

Reforzamiento de viga cabezal

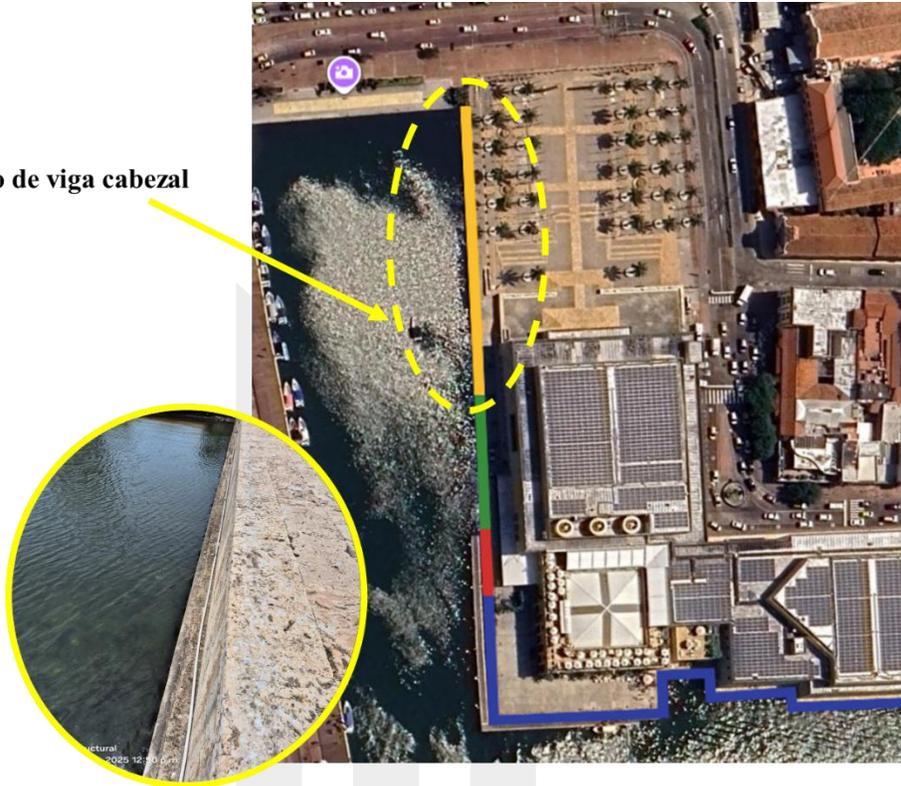


Imagen 7. Ubicación de intervenciones de reforzamiento estructural en viga cabezal sector 1

El proceso iniciará con la demolición del concreto deteriorado de la viga y de las placas interiores de concreto (ver **Figura 7** y **Figura 8**), la cual se ejecutará mediante rotomartillo y herramientas manuales, retirando cuidadosamente el material hasta dejar expuesto el acero de refuerzo existente. Una vez alcanzado este nivel, se procederá a la inspección, limpieza del acero de refuerzo y protección. En caso de que los planos estructurales indiquen la necesidad de refuerzo adicional, se colocará acero complementario, correctamente amarrado al existente y con anclajes adecuados, garantizando la continuidad estructural del elemento. Se recomienda emplear una barrera química entre el concreto existente y el nuevo, para mitigar el *efecto halo* en las zonas de reparación (sección 3.3). Posteriormente, se instalarán las formaletas para la conformación de la sección de la viga y se procederá al vaciado del concreto estructural de acuerdo con las especificaciones definidas en el capítulo de recomendaciones de concreto del informe. Finalmente, se llevará a cabo el curado del concreto para asegurar el desarrollo adecuado de la resistencia y la integración con el material existente. Este procedimiento permitirá recuperar la sección original de la viga cabezal y garantizar su capacidad de confinamiento y transmisión de cargas, prolongando la vida útil del sistema en este sector.

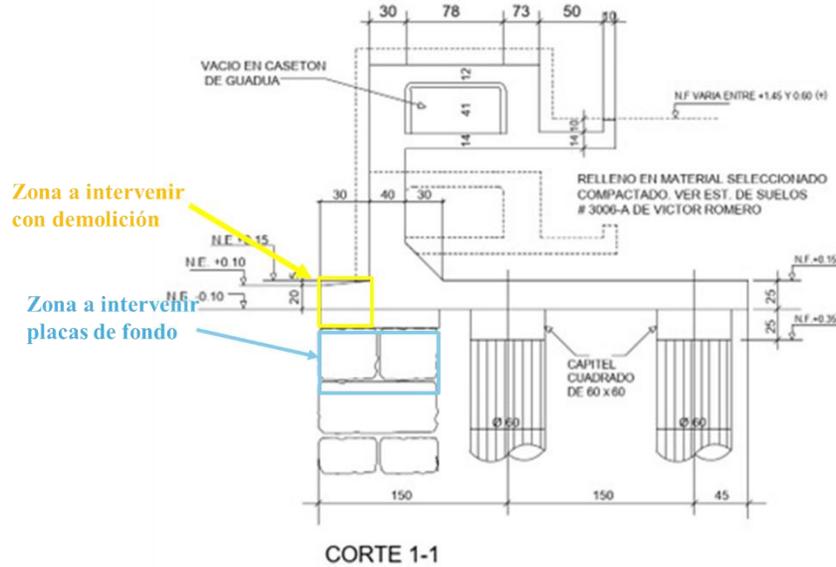


Figura 7. Zona a intervenir en sección transversal para demolición

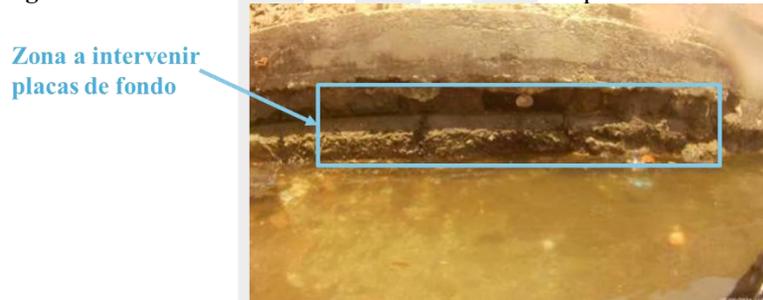


Figura 8. Zona a intervenir – placas de fondo

Además de las reparaciones se recomienda no aplicar una sobrecarga superior a 10kPa en este sector, teniendo en cuenta lo evaluado en el INFORME DE REVISIÓN Y DISEÑO DE REFORZAMIENTO U OBRAS.

3.3 EXPERIENCIA DE USO TABLAESTACA VINILICA

Para la solución de la contención y estabilización del terreno se recomienda implementar un sistema de tablestacas de vinilo PVC, teniendo en cuenta que los estudios de patología realizados evidencian un deterioro avanzado en los elementos actuales de concreto armado y acero de refuerzo. Se ha constatado corrosión generalizada, recubrimientos muy inferiores a los mínimos normativos, concretos de baja calidad y un ataque sostenido de cloruros, sulfatos y productos expansivos como etringita y geles de reacción álcali-sílice. Estas condiciones hacen inviable la reposición con materiales tradicionales, los cuales han demostrado una alta vulnerabilidad en el ambiente marino propio de Cartagena. En la **Imagen 8** se presenta el proyecto de tablestacado del Muelle Marina Santa Cruz, el cual respalda la utilización de este sistema constructivo para la contención de suelos en muelles ubicados en ambientes marinos de la ciudad de Cartagena.

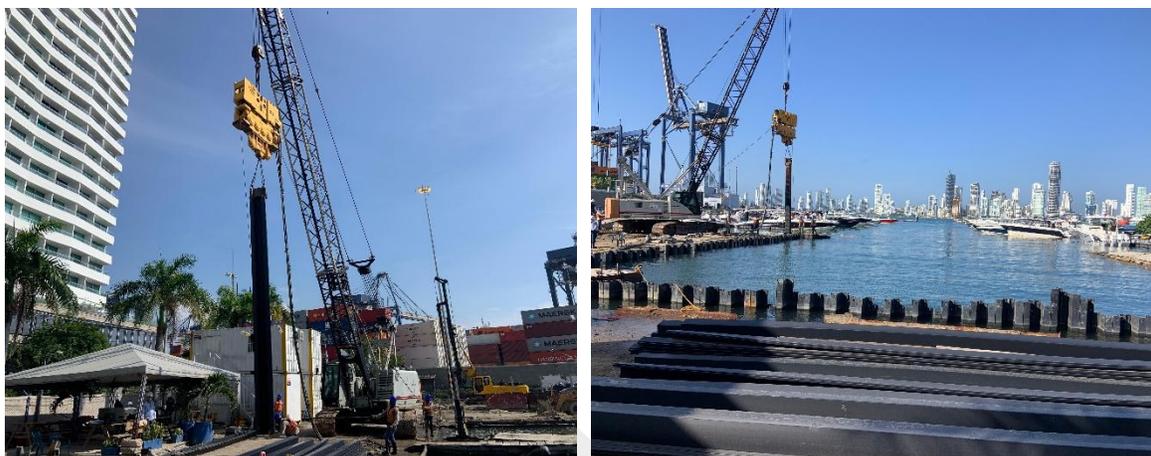


Imagen 8. Utilización del sistema de tablestacado de vinilo en obra Muelle Marina Santa Cruz.
Foto provista

El empleo de tablestacas de vinilo PVC ofrece ventajas significativas frente a este escenario: su diseño elimina el riesgo de corrosión al no depender de acero de refuerzo; es completamente inmune a la acción de cloruros, sulfatos y carbonatación; y no desarrolla procesos químicos de deterioro propios de los materiales cementicios, por lo que conserva su integridad incluso en ambientes marinos severos. Su bajo peso facilita el transporte y la instalación con equipos livianos, lo que hace más ágil y económica la ejecución. Asimismo, la ausencia de sistemas de protección adicionales o de mantenimientos periódicos asegura una operación prácticamente libre de intervenciones. De acuerdo con la experiencia internacional y las especificaciones de los fabricantes, la vida útil proyectada alcanza al menos 25 años en ambientes marinos, lo que convierte a este sistema en una alternativa confiable, rentable y sostenible.

Además de las reparaciones se recomienda no aplicar sobrecarga en este sector, teniendo en cuenta lo evaluado en el INFORME DE REVISIÓN Y DISEÑO DE REFORZAMIENTO U OBRAS.

3.4 PROCEDIMIENTO PARA REPARACIÓN EN AMBIENTE MARINO

Las siguientes recomendaciones para el diseño, supervisión y ejecución de estrategias de reparación de estructuras de concreto en ambiente marino se establecen siguiendo las disposiciones del Estándar Europeo EN 1504. El objetivo es asegurar una estrategia de rehabilitación eficaz, segura y duradera, con la selección adecuada de productos, sistemas y métodos de aplicación.

La intervención requiere de las siguientes actividades:

- **Saneado o escarificación del concreto:** consiste en el retiro del concreto en zonas deterioradas hasta encontrar material sano, libre de cloruros. Por la condición de algunas zonas inspeccionadas, la superficie deberá limpiarse exhaustivamente, eliminando incrustaciones marinas, óxido, concreto suelto o deteriorado, microorganismos y cualquier otro contaminante. Se debe evitar inducir fisuras adicionales y no afectar el acero en buen estado. Se usan los datos de los perfiles para definir la profundidad donde los cloruros alcanzan niveles bajos. La escarificación se debe continuar hasta alcanzar concreto firme y sano (verificar: sondeo con martillo, inspección visual).
- **Tratamiento del acero de refuerzo embebido:** consiste en la limpieza mecánica del acero eliminando óxido y partículas sueltas. Se debe garantizar la limpieza adecuada para asegurar una buena adherencia de los recubrimientos protectores. Grado recomendado: SA 2½ (chorro

abrasivo) o limpieza equivalente con agua - grado de limpieza SSPC-SP5, SSPC-SP 10 o SSPC-SP12 según sea el caso. El acero debe quedar limpio, sin cascarilla suelta ni productos de corrosión visibles. Verificar pérdida de sección y disposición del acero de acuerdo con los planos estructurales. Si es necesario reemplazar acero para garantizar su continuidad en la sección. Se debe tener en cuenta: diámetro y longitudes de anclaje, traslapes, recubrimientos mínimos. Las condiciones marinas son severas, con alta humedad y exposición a la salinidad.

- Condición concreto existente/soporte: la superficie debe estar limpia, rugosa. La rugosidad debe asegurar la adherencia entre el concreto de soporte y el material de reparación. Se debe asegurar un espacio mínimo de 20 mm entre el acero y el concreto de soporte más cercano. Se debe garantizar un perfil de adherencia de 1 mm a 3 mm (CSP 5 – CSP 8 según guía ICRI 310.1R “Selección y especificación de preparación de superficies de concreto”), dependiendo del espesor de la reparación. Limpiar la superficie dejándola libre de polvo, grasa, material suelto, etc. En los casos que no se requiera puente de adherencia se recomienda lavar con agua a baja presión (1000 - 1400 psi), para retirar sales remanentes sobre las superficies de concreto antes de la colocación del mortero de reparación o concreto, el sustrato debe estar húmedo, pero no con exceso de agua.

En la siguiente tabla se resumen las especificaciones de acuerdo con lo establecido en el estándar Europeo EN 1504.

<i>Ensayo / Control</i>	<i>Criterio de aceptación mínimo</i>	<i>Referencia normativa EN1504</i>
Adherencia del mortero de reparación al sustrato (pull-off)	$\geq 1,5 \text{ MPa (R3)} / \geq 2,0 \text{ MPa (R4)}$	EN 1504-3
Resistencia a compresión mortero de reparación	$\geq 25 \text{ MPa (R3)} / \geq 45 \text{ MPa (R4)}$ a 28 días	EN 1504-3
Contenido de cloruros en el concreto remanente	$\leq 0,4 \%$ en peso de cemento (umbral de corrosión)	EN 1504-9 / ACI 222R
Recubrimiento anticorrosivo aplicado sobre acero	2 capas completas, sin discontinuidades, adherencia $\geq 1,0 \text{ MPa}$	EN 1504-7
Protección superficial (coating / impregnación)	Ensayo de adherencia $\geq 1,0 \text{ MPa}$. Absorción capilar reducida $\geq 90 \%$ respecto al testigo	EN 1504-2
Condición de aplicación del sustrato	Superficie SSD, limpia y rugosa	EN 1504-10
Curado del mortero/concreto de reparación	$\geq 72 \text{ h}$ protegido de spray salino directo y secado rápido	EN 1504-10

Luego de la intervención inicial, se proyecta la reparación del concreto. En las reparaciones convencionales, las áreas de concreto no intervenidas tienden a convertirse en nuevos ánodos

incipientes a mediano plazo, lo que genera procesos de corrosión en el acero de refuerzo embebido en la zona adyacente a la reparación, también conocido como *efecto halo*. En consecuencia, la zona adyacente a la reparación se convierte en ánodo al resto del sistema, con la posterior aparición de agrietamiento, de laminaciones en el concreto. Este fenómeno ocasiona que la reparación se convierta en un proceso repetitivo y no definitivo.

Según la EN 1504, dependiendo la vida útil de la reparación, se pueden implementar los siguientes procedimientos de reparación/protección:

Opción 1:

- Protección del acero de refuerzo existente: uso de recubrimientos anticorrosivos aplicados tras la limpieza y saneado del acero, que permiten recuperar la pasividad del acero embebido. El producto se debe aplicar siguiendo la ficha técnica (preparación, espesor, tiempos de secado).
- Reparación de concreto: sustitución por concretos estructurales/morteros de reparación que cumplan EN 1504-3.

Opción 2:

Corresponde al procedimiento descrito en la Opción 1 y se incluye adicionalmente:

- Preparación del sustrato: Emplear un puente de unión específico (epóxico/cementicio), que a su vez actúe como barrera química entre el concreto contaminado y el concreto nuevo. La barrera química es a su vez de base cementicia y servirá como puente de adherencia.
- Protección superficial: aplicación de recubrimientos, impregnaciones o membranas (EN 1504-2) para reducir el posterior ingreso de cloruros y agua. Impregnaciones hidrofóbicas (silanos/siloxanos) cuando se busca control de humedad. Los recubrimientos por utilizar deberán ser productos formulados específicamente para zonas expuestas a condiciones de alta humedad y deberán presentar elevada resistencia tanto al ataque químico como al desgaste por oleaje.

Opción 3:

Corresponde al diseño de un sistema de protección catódica (PC):

- Protección catódica: es la única técnica capaz de detener completamente la corrosión activa en el acero embebido. Requiere instalación especializada y monitoreo permanente. Esta alternativa implica diseño del sistema (p. ej., ánodos galvánicos/corriente impresa) en las ubicaciones y cantidad establecidas por el diseño. Es importante verificar conexiones y continuidad eléctrica requerida para garantizar la efectividad del sistema.

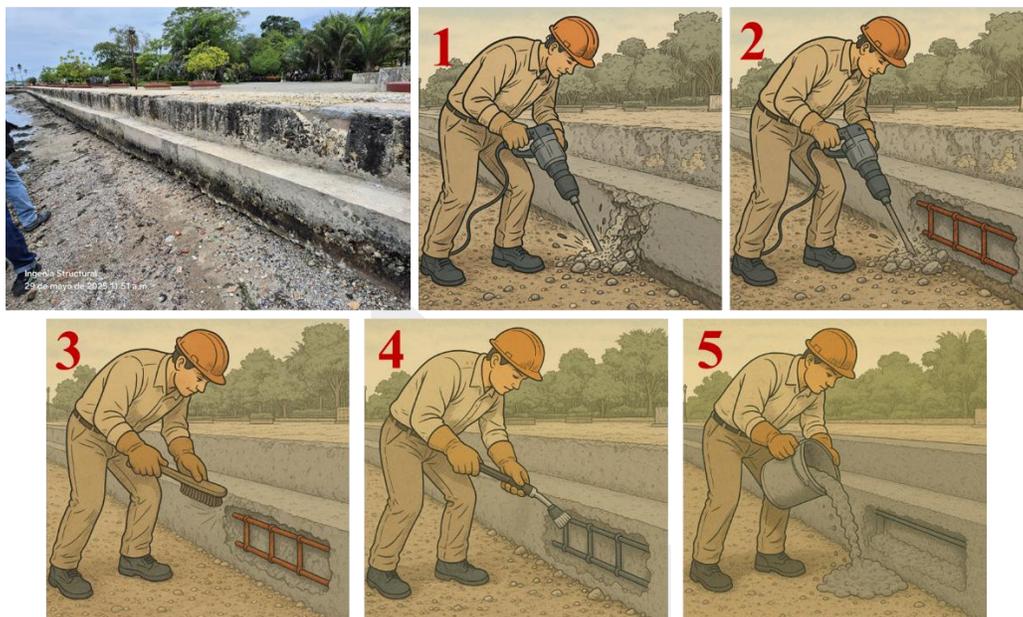


Figura 9. Esquema de Reparación. 1-2 Escarificaciones hasta el acero de refuerzo, 3-Limpieza de acero y/o colocación de nuevo acero, 4-Aplicación de recubrimiento en acero y barrera química en el concreto, 5-Colocación del concreto y/o mortero de reparación.

Para las reparaciones, se recomienda revisar manuales internacionales como los adjuntados en ANEXOS.

3.5 ESPECIFICACIONES DE LAS MEZCLAS DE CONCRETO

Todas las estructuras de concreto en ambientes marinos están sometidas a un conjunto de agentes y condiciones que comprometen la durabilidad del concreto a mediano o largo plazo. Entre ellos se destacan la acción del agua de mar, por su alto contenido de sulfatos y cloruros; el efecto de las mareas, el oleaje; y la influencia de la temperatura, la humedad y los ciclos de exposición. Adicionalmente, se deben considerar los procesos de abrasión generados por aguas en movimiento, así como los impactos producidos por partículas sólidas o por la acción directa del agua. Todos estos mecanismos, actuando de manera aislada o combinada, representan riesgos significativos de deterioro que deben ser prevenidos desde la etapa de diseño, selección de materiales y ejecución de obra.

Estas especificaciones se aplican a la producción, transporte, colocación y curado de concreto estructural a ser empleado en elementos que conforman el sistema de contención en los sectores que requieren reconstrucción y que van a estar expuestos al ambiente marino (S1-C2 / Tipo C). El objetivo principal es garantizar la resistencia mecánica, la durabilidad frente a cloruros y sulfatos, y minimizar el riesgo de fisuración a corto y largo plazo, y garantizar la vida útil de la estructura. Se toman como referencia las normas: **NTC 3318**, **NSR-10 (Capítulo C.3)**, **ACI 318**, **ACI 201.2R**, **ACI 305R**, **ACI 207.1R/207.2R** y **ACI 224R**. A continuación, se mencionan los criterios principales:

Parámetro	Referencia/ Especificación
Tipo de cemento	MRS – TIPO MS o empleo de adiciones minerales (ceniza volante, escoria, microsíllica, puzolanas) para disminuir la permeabilidad.

<i>Medio ambiente</i>	S1-C2 / Tipo C (NTC 5551)
<i>Resistencia a compresión</i>	≥ 35 MPa
<i>28 días (f'_{c28})</i>	
<i>Contenido mínimo de cementante</i>	350 kg/m ³
<i>Relación agua/cemento (a/c)</i>	≤ 0.40
<i>Asentamiento (slump)</i>	6 ± 1 cm
<i>Tamaño máximo de agregado</i>	25,4 mm (1") / 19 mm
<i>Contenido de cloruros</i>	$\leq 0,15$ % peso cemento
<i>Temperatura máxima de entrega</i>	32 C
<i>Recubrimiento mínimo al acero de refuerzo</i>	<u>Concreto expuesto a cloruros:</u> se recomienda ≥ 51 mm para muros y losas y 63 mm para otros elementos <u>Concreto en contacto con suelo y permanentemente expuesto:</u> 75 mm

El diseño de mezcla que se propone a continuación debe ser validado con ensayos de laboratorio y verificaciones de calidad. Se recomienda que todo lote se fabrique con materiales homogéneos (cemento, agregados y aditivos) y se debe hacer un control estricto de la permeabilidad mediante ensayos de migración de cloruros como se indica más adelante. Adicionalmente, la evaluación de reactividad álcali-agregado se debe hacer a los agregados cuando lo requieran.

<i>Componente</i>	<i>Cantidad (kg / m³)</i>
Cementante total (C_{Total})	506,0
— Cemento Portland	379,5
— Ceniza volante (20%)	101,2
— Silica fume (5%)	25,3
Agua	200,0
Relación agua / cementante (w / C_{Total})	0,395
Arena	831,0
Grava 3/8"	779,0
Retardante (0,60 %)	3,036
Plastificante / reductor de agua (0,70 %)	3,542
Asentamiento (slump)	6 ± 1 cm
Inhibidor de corrosión (Sika ® CNI)	15 Lt

Además de los ensayos convencionales de resistencia a compresión y control de calidad, en ambientes marinos deben considerarse ensayos especializados, tanto en la etapa de diseño como en la

construcción y el mantenimiento. Esto se debe a que la durabilidad del concreto en ambiente marino dependerá de las propiedades de transporte del concreto, que incluyen: la permeabilidad, la absorción capilar y la resistividad eléctrica. Estas propiedades son fundamentales para pronosticar/modelar la resistencia del concreto a la entrada de sustancias nocivas, como cloruros, sulfatos o dióxido de carbono, y por ende calcular la vida útil. Se pueden considerar los siguientes ensayos:

- Ensayos de penetración rápida de cloruros (RCPT) - ASTM C1202 / NTC 5682. Se indican aquí valores de referencia:

≤ 1000 coulombs \rightarrow Muy baja permeabilidad (recomendado).

1000 – 2000 coulombs \rightarrow Baja permeabilidad

2000 – 4000 coulombs \rightarrow Moderada permeabilidad

- Ensayos de sortividad o absorción capilar - ASTM C1585 / NTC 4774-3. Se indican aquí valores de referencia:

Coefficiente de absorción inicial (Si) $\leq 0,10$ mm/ \sqrt{s} .

Coefficiente de absorción secundario (Ss) $\leq 0,02$ mm/ \sqrt{s} .

3.5.1 Condiciones para la colocación

Deben tenerse en cuenta las siguientes disposiciones para instalación de concreto en clima cálido de acuerdo con lo establecido en la norma ACI 305R:

- Temperatura máxima del concreto en entrega: **32 °C**.
- Programación de las fundidas en horas frescas o nocturnas.
- Proteger superficies expuestas contra evaporación rápida (lonas, cortavientos) y garantizar curado prolongado.

3.5.2 Condiciones para durabilidad extendida

Para prolongar la vida útil de la estructura, especialmente en ambiente marino, es necesario complementar el diseño de mezcla y la ejecución de obra con medidas de mejora y control adicionales. Algunas alternativas que se proponen en este proyecto para extender la vida útil de las zonas construidas en los diferentes sectores son:

- Aditivos especiales: inhibidores de corrosión a base de nitrito de calcio (ASTM C1582), recomendados específicamente en estructuras de concretos con exposición a cloruros.
- Revestimientos protectores y barreras impermeables en el concreto.

3.6 MANTENIMIENTO Y RECOMENDACIONES PARA PROLONGAR LA VIDA ÚTIL

Una vez ejecutadas las intervenciones de reforzamiento, reconstrucción o reparación en los distintos sectores de la estructura perimetral del Centro de Convenciones, se establece un plan de mantenimiento estructurado con el fin de prolongar su vida útil y asegurar su funcionalidad en el

tiempo. Este plan contempla acciones periódicas de inspección, control, limpieza y monitoreo, así como criterios técnicos de intervención ante la reparación de patologías o condiciones de exposición severa.

3.6.1 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo se aplicará a todos los tramos intervenidos, con énfasis en zonas expuestas a condiciones agresivas (zona de splash, proximidad a mareas, áreas con historial de deterioro). Las acciones mínimas recomendadas son:

- **Inspecciones técnicas anuales**, que incluyan evaluación visual de fisuras, desprendimientos, corrosión expuesta o deformaciones.
- **Medición de contenido de cloruros y carbonatación superficial** cada cinco años, mediante extracción de testigos y análisis en laboratorio acreditado.
- **Limpieza de superficies** cada seis meses, utilizando técnicas de limpieza manual o hidrolavado a baja presión para remover incrustaciones, biofilm marino y sales superficiales.
- **Reaplicación de recubrimientos protectores** (coatings, barreras hidrofóbicas) cada 5 años o según evaluación técnica, para mantener la impermeabilidad y resistencia al ingreso de agentes agresivos.

3.6.2 Mantenimiento correctivo

Ante el hallazgo de nuevos daños, se deberán ejecutar intervenciones de mantenimiento correctivo conforme a los siguientes lineamientos:

- **Saneamiento de zonas afectadas**, siguiendo los procedimientos definidos en el capítulo 3.3 del presente informe (EN 1504).
- **Reparación de fisuras o desprendimientos localizados** con morteros estructurales de baja permeabilidad, reforzando la adherencia y durabilidad.
- **Reposición de concreto contaminado por cloruros** si se supera el umbral del 0,4 % en peso de cemento, de acuerdo con ACI 222R.
- **Sustitución o pasivación de acero corroído**, aplicando recubrimientos anticorrosivos certificados.

3.7 RECOMENDACIONES SEGÚN ESTUDIO GEOFÍSICO

En el Estudio Geofísico Integral del Centro de Convenciones Cartagena de Indias (2025) se incluyen modelaciones hidrodinámicas que permiten proyectar cambios en la morfología costera y batimétrica. Este estudio, al integrar variables como oleaje, mareas y descargas del Canal del Dique, constituye una base técnica clave para prever el comportamiento futuro del nivel del mar en la bahía de Cartagena.

Dado que el contrato actual **no incluye intervención por cambios del nivel del mar**, se pueden dejar recomendaciones proyectadas a largo plazo como insumo para la planeación territorial e inversión futura:

Proyección de aumento del nivel del mar y eventos extremos:

- Recomendar realizar cada 5 años una actualización del modelo hidrodinámico, integrando datos de mareógrafos, IDEAM y DIMAR, para verificar nuevas tendencias del nivel del mar.

Evaluar elevación mínima del terreno (cota de protección):

- Para el sector de parqueadero, proponer que, en una próxima intervención o rediseño, la cota mínima del terreno sea elevada entre 0.5 m y 1.0 m, considerando:
 - Tendencia regional de aumento del nivel del mar (≈ 3 mm/año).
 - Eventos de pleamar con sicigias y lluvias extremas.
 - Riesgo de intrusión salina o socavación en estructuras superficiales.

Planificación de inversiones diferidas:

- Incluir esta adaptación como parte de una fase futura de infraestructura resiliente, independiente del alcance actual, pero necesaria a partir del año 2040-2045.

Articulación con la DIMAR y POT:

- Estas recomendaciones deben ser validadas ante la Dirección General Marítima (DIMAR) y planeación local, para garantizar que los proyectos futuros cumplan con políticas de adaptación al cambio climático.

Uso de materiales resistentes al ambiente marino:

- Considerar para cualquier obra futura el uso de concreto con resistencia a sulfatos, anclajes tratados, y estructuras elevadas.



Andrés F. Galán B.
Representante Legal Principal
Consortio ingenia & ecolplanet
I.C. – M.I.C.
Mat. 08202-251164 ATL

BIBLIOGRAFÍA

NTC 3318: Concreto – Especificaciones para producción y colocación.

NSR-10 (Colombia): Capítulo C.3 – Materiales y mezclas de concreto.

ACI 318: Building Code Requirements for Structural Concrete – requisitos generales de diseño y construcción. ACI 201.2R: Durabilidad del concreto en ambientes agresivos.

ACI 305R: Hot Weather Concreting – colocación en clima cálido.

ACI 207.1R / 207.2R: Concreto masivo y control de calor de hidratación.

ACI 224R: Control de fisuración en estructuras de concreto

ANEXOS

Anexo 1: Repair Application Procedures

Anexo 2: Fiel Guide to Concrete Repair Application Procedures

