

## **"Estrategias de Prevención y Mantenimiento Para Edificaciones**

### **Hospitalarias en Entornos Marinos Tropicales: Manual De Gestión Preventiva de Patologías Constructivas Para el Hospital De Guapi E.S.E."**

**Autor 1:** Alejandro Zuleta Olarte<sup>1</sup>

**Autor 2:** Carlos Manuel Olarte Martínez<sup>2</sup>

**Tutor:** Osmar Albert Gamba Gómez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Santo Tomas, Bogotá, Colombia.  
*alejandrozuleta@usantotomas.edu.co*

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Santo Tomas, Bogotá, Colombia.  
*carlos.olarte@usantotomas.edu.co*

<sup>3</sup>Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Santo Tomas, Bogotá, Colombia.  
*osmar.gamba@usta.edu.co*

### **Resumen**

El principal objetivo del estudio presente tiene como fin diseñar un manual de gestión preventiva de patologías constructivas orientado a edificaciones hospitalarias ubicadas en entornos marino-tropicales, con aplicación específica en el Hospital de Guapi E.S.E., con el propósito de optimizar la durabilidad, funcionalidad operativa y resiliencia de la infraestructura. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo aplicado y un alcance descriptivo y explicativo, mediante un diseño de estudio de caso único. Se implementó una estrategia de triangulación metodológica que integró revisión documental de literatura científica indexada y normativa técnica (ACI, ASTM, ISO y NSR-10), inspecciones visuales sistemáticas mediante fichas técnicas y entrevistas semiestructuradas a profesionales del sector. Adicionalmente, se incorporaron modelos avanzados de durabilidad como la segunda ley de Fick para la penetración de cloruros, el análisis del frente de carbonatación y el control de fisuración, junto con enfoques de mantenimiento basado en la condición (CBM) y mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM).

Los resultados evidenciaron seis categorías de patologías constructivas, destacándose la corrosión en el acero de refuerzo inducida por cloruros y el efecto de carbonatación como responsables del 80 % del riesgo estructural. Asimismo, se determinó que la interacción entre humedad, temperatura y concentración de cloruros acelera significativamente el deterioro, reduciendo la vida útil de la infraestructura. Se concluye que el deterioro responde a la interacción entre condiciones ambientales extremas y deficiencias en la gestión del mantenimiento. El manual propuesto permite anticipar fallas, optimizar la toma de decisiones y fortalecer la resiliencia hospitalaria.

## **Palabras Clave**

Corrosión por cloruros; Durabilidad del concreto; Infraestructura hospitalaria; Mantenimiento basado en condición; Ambientes marino-tropicales.

## **Introducción**

La infraestructura hospitalaria constituye un elemento esencial dentro de los sistemas de salud en las regiones, en la medida en que su desempeño estructural, funcional y ambiental incide directamente en el factor de calidad de la atención médica, la seguridad de los pacientes y la continuidad operativa de los servicios asistenciales. A diferencia de otros tipos de edificaciones, los hospitales están diseñados para operar de manera ininterrumpida, lo que implica que sus condiciones físicas deben garantizar no solo estabilidad estructural, sino también ambientes adecuados desde el punto de vista sanitario, térmico y de habitabilidad. En este contexto, la durabilidad de los materiales y la eficiencia de las estrategias de mantenimiento adquieren una relevancia crítica, especialmente en entornos caracterizados por condiciones ambientales adversas.

En regiones marino-tropicales, como el litoral Pacífico colombiano, las edificaciones hospitalarias se encuentran sometidas a condiciones de exposición altamente agresivas que aceleran los procesos de deterioro de los materiales de construcción. Estas condiciones incluyen niveles de humedad relativa persistentemente superiores al 85 %, temperaturas elevadas que incrementan la velocidad de las reacciones químicas, regímenes de alta pluviosidad que favorecen los ciclos de humectación y secado, y la presencia constante de aerosoles marinos con altas concentraciones de iones cloruro. La interacción de estos factores genera un entorno altamente corrosivo, particularmente para estructuras de concreto reforzado, material ampliamente utilizado en la construcción de infraestructura hospitalaria en Colombia.

Desde el punto de vista técnico, el deterioro del concreto reforzado en estos ambientes está dominado por mecanismos fisicoquímicos complejos, entre los cuales destacan la penetración de cloruros y la carbonatación del concreto. La difusión de iones cloruro a través de la matriz cementante permite su acumulación en la interfase acero-concreto, donde, al superar un umbral crítico, se produce la despasivación del acero de refuerzo e inicia el proceso de corrosión electroquímica. Paralelamente, la carbonatación, producto de la reacción del dióxido de carbono con los compuestos alcalinos del concreto, reduce el pH del material, debilitando la capa protectora del acero. La acción simultánea de estos procesos genera un efecto sinérgico que acelera el deterioro, comprometiendo la integridad estructural de la edificación.

**Imagen 1*****Desprendimiento de concreto en el Hospital de Guapi***

*Fuente: Propia*

Uno de los principales desafíos asociados a estos mecanismos de degradación radica en su carácter progresivo y, en etapas iniciales, no visible. Durante el período de iniciación, el deterioro ocurre internamente sin manifestaciones externas evidentes, dificultando su detección mediante inspección convencional. Estas “fallas silenciosas” implican que, cuando aparecen daños visibles como fisuración, desprendimiento de recubrimiento u oxidación, el deterioro suele encontrarse en una fase avanzada, incrementando la complejidad y los costos de reparación.

En edificaciones hospitalarias, estas patologías trascienden el ámbito estructural, ya que fisuras, filtraciones y humedad pueden favorecer la proliferación de microorganismos, afectando condiciones de salubridad, seguridad de pacientes y continuidad operativa. Sin embargo, aunque existen normativas de diseño orientadas a la durabilidad, persiste una brecha entre dichos lineamientos y su aplicación durante la fase operativa, predominando aún enfoques correctivos de mantenimiento.

Esta problemática evidencia la necesidad de migrar hacia estrategias preventivas y predictivas, apoyadas en metodologías como el mantenimiento basado en condición (CBM) y el mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), así como en enfoques de resiliencia hospitalaria orientados a preservar la operatividad frente al deterioro. En este contexto, y particularmente en Guapi, donde se evidencia deterioro acelerado por condiciones marino-tropicales, se hace necesaria la implementación de herramientas técnicas específicas para fortalecer la gestión preventiva de patologías constructivas.

**Imagen 2*****Patologías presentes en el hospital de Guapi***

*Fuente: Propia*

Este escenario pone de manifiesto un vacío de conocimiento y de aplicación práctica en la gestión de la durabilidad de la infraestructura hospitalaria, particularmente en lo relacionado con la integración de criterios de diagnóstico, monitoreo y mantenimiento en un instrumento técnico estructurado. Si bien existen estudios sobre durabilidad del concreto y modelos teóricos de deterioro, su aplicación en contextos reales, especialmente en edificaciones hospitalarias en ambientes tropicales, sigue siendo limitada.

En este sentido, el proyecto actual se justifica en la necesidad de desarrollar herramientas técnicas que permitan abordar de manera ideal el problema del deterioro constructivo, articulando conocimientos teóricos con aplicaciones prácticas orientadas a la mejora de la gestión del mantenimiento. La elaboración de un manual de gestión preventiva representa una oportunidad para sistematizar procedimientos, estandarizar criterios de evaluación y facilitar la toma de decisiones en la gestión de la infraestructura hospitalaria.

En consecuencia, el objetivo principal de esta investigación es diseñar un manual de gestión preventiva de patologías constructivas orientado a edificaciones hospitalarias ubicadas en entornos marino-tropicales, con aplicación específica en el Hospital de Guapi E.S.E., con el fin de optimizar la durabilidad, funcionalidad operativa y resiliencia de la infraestructura. De manera complementaria, se plantean como objetivos específicos: (i) identificar las principales patologías constructivas presentes en la infraestructura hospitalaria bajo condiciones de exposición marino-tropical; (ii) analizar los mecanismos de deterioro asociados a las patologías identificadas, considerando la interacción entre variables ambientales y propiedades de los materiales; y (iii) diseñar lineamientos técnicos de mantenimiento preventivo y predictivo orientados a la detección temprana de daños y a la optimización del ciclo de vida de la edificación.

## Marco Teórico Y Conceptual

### **Durabilidad del concreto reforzado en entornos marino-tropicales: fundamentos conceptuales y fisicoquímicos**

El análisis de la durabilidad del concreto reforzado en entornos marino-tropicales constituye uno de los ejes fundamentales dentro de la ingeniería civil contemporánea, particularmente en los campos de la patología de las construcciones, la ingeniería de materiales y la gestión de infraestructura crítica. Este interés responde a la evidencia empírica acumulada durante las últimas décadas, la cual demuestra que las estructuras expuestas a ambientes altamente agresivos experimentan procesos de deterioro acelerado que comprometen su integridad estructural, funcionalidad y seguridad operativa. Esta problemática adquiere una relevancia aún mayor en el caso de la infraestructura hospitalaria, donde la degradación de los elementos constructivos no solo implica riesgos estructurales, sino que puede afectar directamente la continuidad en la prestación de los servicios de salud, generando impactos sociales, económicos y sanitarios significativos.

Desde una perspectiva conceptual, la noción de durabilidad del concreto ha evolucionado de manera sustancial. Tradicionalmente, se consideraba como un atributo asociado principalmente a la resistencia mecánica del material; sin embargo, en la actualidad se reconoce como un fenómeno multidimensional basado en el desempeño. En este nuevo paradigma, la durabilidad se define como la capacidad de una estructura para cumplir sus funciones previstas durante un periodo de tiempo determinado, bajo condiciones específicas de exposición, uso y mantenimiento, sin incurrir en fallas inaceptables ni costos excesivos de intervención. Este enfoque integra variables relacionadas no solo con las propiedades intrínsecas del material, sino también con factores ambientales, condiciones de servicio, calidad constructiva y estrategias de gestión del mantenimiento.

En este contexto, uno de los modelos conceptuales más influyentes para describir el deterioro del concreto reforzado es el propuesto por Tuutti, el cual establece que la vida útil de una estructura puede dividirse en dos fases principales: el período de inicio y el período de propagación. Durante el período de inicio, los agentes agresivos, principalmente los iones cloruro ( $\text{Cl}^-$ ) y el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), penetran progresivamente en la matriz del concreto a través de su red de poros capilares, sin generar manifestaciones visibles de daño. En esta etapa, el acero de refuerzo permanece en estado pasivo debido al alto pH del concreto, generalmente superior a 12.5.

Una vez que la concentración de agentes agresivos en la interfase acero-concreto alcanza un umbral crítico, se inicia el período de propagación, caracterizado por el desarrollo de procesos de corrosión electroquímica del acero. Esta fase da lugar a la aparición de daños visibles, tales como fisuración longitudinal, desprendimiento del recubrimiento, delaminación y pérdida de sección del refuerzo. La velocidad de propagación depende de factores como la disponibilidad de

oxígeno, la humedad y la resistividad del concreto, y determina el tiempo restante hasta que la estructura alcanza estados límite de servicio o de resistencia.

Si bien el modelo de Tuutti ha sido ampliamente aceptado, investigaciones recientes han evidenciado sus limitaciones, particularmente en entornos altamente variables como los marino-tropicales. En estos contextos, los procesos de deterioro no necesariamente ocurren de manera secuencial y lineal, sino que pueden superponerse e interactuar de forma no lineal. Esta complejidad ha impulsado el desarrollo de modelos probabilísticos de vida útil, basados en teorías de confiabilidad estructural, que permiten incorporar la incertidumbre asociada a variables como la permeabilidad del concreto, el espesor de recubrimiento y las condiciones ambientales. Estos modelos estiman la probabilidad de falla a lo largo del tiempo, proporcionando una herramienta más robusta para la toma de decisiones en el diseño y mantenimiento de estructuras críticas.

### **Mecanismos de transporte y penetración de agentes agresivos**

En ambientes marino-tropicales, la penetración de iones cloruro constituye el principal mecanismo de deterioro del concreto reforzado. Este fenómeno se produce mediante una combinación de procesos de transporte, entre los cuales destacan la difusión, la absorción capilar y la permeación. En condiciones de saturación parcial o total, la difusión iónica suele ser el mecanismo predominante, y su modelación se basa comúnmente en la segunda ley de Fick, que describe la propagación de partículas en función del gradiente de concentración.

No obstante, este modelo presenta limitaciones al asumir condiciones ideales y un medio homogéneo, lo cual no refleja la complejidad del concreto como material heterogéneo. En respuesta a estas limitaciones, la investigación contemporánea ha introducido conceptos más avanzados, como la diferenciación entre cloruros libres y cloruros ligados. Los cloruros libres son aquellos disponibles para participar en procesos de corrosión, mientras que los cloruros ligados se encuentran químicamente fijados en la matriz cementicia, principalmente en forma de sal de Friedel, producto de la reacción con los aluminatos del cemento.

La capacidad de fijación de cloruros depende de factores como la conformación mineralógica del cemento, la relación agua/cemento y la presencia de materiales cementantes suplementarios, tales como cenizas volantes y escorias de alto horno. Estos materiales no solo incrementan la capacidad de retención de cloruros, sino que también contribuyen a la densificación de la microestructura mediante reacciones puzolánicas, reduciendo la permeabilidad del concreto y, por ende, la velocidad de penetración de agentes agresivos.

### **Carbonatación y procesos de despasivación del acero**

La carbonatación constituye otro de los mecanismos fundamentales de deterioro en estructuras de concreto reforzado, especialmente en ambientes donde se presentan ciclos de humedad variable. Este proceso ocurre cuando el dióxido de carbono del aire se incorpora a través de la red de poros del concreto y reacciona con el hidróxido de calcio, formando carbonato

de calcio. Como resultado, se produce una disminución progresiva del pH del concreto, lo que conduce a la despasivación del acero de refuerzo y facilita el inicio de la corrosión.

A diferencia de la penetración de cloruros, la carbonatación está controlada por la difusión de gases, lo que implica que su velocidad depende de la saturación que tenga el concreto. En condiciones de saturación total, la difusión del  $\text{CO}_2$  se ve limitada, mientras que en condiciones completamente secas la reacción química se ralentiza por la falta de humedad. Por ello, la carbonatación alcanza su máxima velocidad en estados intermedios de humedad, típicos de entornos marino-tropicales con ciclos de humectación y secado.

Un aspecto particularmente relevante es la interacción entre la carbonatación y la penetración de cloruros. Estudios recientes han demostrado que la carbonatación puede inducir la liberación de cloruros previamente ligados en la matriz cementicia, incrementando la concentración de cloruros libres en la interfase acero-concreto. Este efecto sinérgico acelera significativamente los procesos de corrosión, reduciendo el tiempo de iniciación y aumentando la velocidad de propagación del deterioro, lo que pone en evidencia las limitaciones de los modelos tradicionales que analizan estos mecanismos de manera independiente.

### **Influencia de las variables ambientales en la cinética del deterioro**

Las condiciones ambientales propias de los entornos marino-tropicales desempeñan un papel determinante en la velocidad y magnitud de los procesos de deterioro. La combinación de alta humedad relativa, temperaturas elevadas, alta pluviosidad y presencia constante de aerosoles marinos genera un ambiente altamente agresivo para las estructuras de concreto.

La temperatura influye directamente en la cinética de las reacciones químicas, de acuerdo con la ecuación de Arrhenius, incrementando la velocidad de difusión de iones y la tasa de corrosión del acero. En climas tropicales, se ha observado que la velocidad de difusión de cloruros puede duplicarse o triplicarse en comparación con climas templados. Por su parte, la humedad relativa afecta el grado de saturación de la matriz cementicia, condicionando tanto la difusión de cloruros como la velocidad de carbonatación.

Adicionalmente, la deposición de cloruros en la superficie de los elementos estructurales depende de factores como la velocidad del viento, la distancia al mar y la topografía del terreno. En zonas costeras, los aerosoles marinos transportan partículas salinas que se depositan sobre las superficies expuestas, generando una fuente continua de cloruros. Este fenómeno es particularmente crítico en regiones como Guapi, donde las condiciones climáticas favorecen la acumulación de sales y la activación de ciclos de humectación-secado, considerados los más agresivos para el concreto reforzado.

### **Microestructura del concreto y calidad constructiva**

La durabilidad del concreto está estrechamente relacionada con su microestructura, la cual determina su permeabilidad y capacidad para resistir la penetración de agentes agresivos. La red de poros capilares, definida por su tamaño, distribución y conectividad, controla los mecanismos de transporte dentro del material.

La relación A/C es uno de los factores más influyentes en la formación de la microestructura. Valores bajos de esta relación favorecen la formación de una matriz más densa y menos permeable; sin embargo, su efectividad depende de la adecuada ejecución en obra, especialmente en términos de compactación y curado. Un curado deficiente puede interrumpir las reacciones de hidratación, generando una microestructura más porosa y susceptible al ingreso de agentes agresivos. Autores como Mehta y Monteiro (2014) y Neville (2011) establecen que la reducción de la relación agua/cemento mejora significativamente la densificación de la microestructura, disminuyendo la conectividad capilar y limitando el ingreso de agentes agresivos. Asimismo, Papadakis (2000) demuestra que el uso de materiales cementantes suplementarios contribuye a reducir la permeabilidad y aumentar la capacidad de fijación de cloruros.

Asimismo, la calidad de los procesos constructivos juega un papel determinante en la durabilidad. Deficiencias en la colocación del concreto, recubrimientos insuficientes o la presencia de fisuras pueden comprometer significativamente el desempeño del material, incluso si este ha sido diseñado con criterios adecuados. Estas “fallas silenciosas” representan uno de los principales desafíos en la gestión de infraestructura, ya que pueden acelerar el inicio de los procesos de deterioro sin manifestaciones visibles inmediatas.

### **Enfoques de gestión del mantenimiento y resiliencia estructural**

En el contexto de infraestructura crítica, como las edificaciones hospitalarias, la durabilidad del concreto debe abordarse no solo desde el diseño y la construcción, sino también desde la gestión del mantenimiento. En este sentido, enfoques como el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) y el Mantenimiento Basado en la Condición (CBM) han adquirido relevancia, al permitir la implementación de estrategias proactivas orientadas a la prevención del deterioro.

Estos enfoques se basan en el monitoreo continuo del estado de la estructura, mediante técnicas de inspección y evaluación que permiten identificar tempranamente la evolución de patologías. La incorporación de tecnologías digitales, incluyendo modelos de aprendizaje automático, ha ampliado significativamente las capacidades de predicción, al permitir la interpretación de grandes volúmenes de datos provenientes de sensores, ensayos de laboratorio y registros históricos.

Finalmente, el concepto de resiliencia estructural cobra especial importancia en el ámbito hospitalario. La resiliencia se define como la capacidad de la infraestructura para absorber, adaptarse y recuperarse frente a condiciones adversas, manteniendo su operatividad crítica. En entornos marino-tropicales como Guapi, esta capacidad no es opcional, sino una necesidad estratégica, ya que el deterioro estructural no solo compromete la seguridad física de la edificación, sino que también puede afectar las condiciones de asepsia, favoreciendo la proliferación de agentes patógenos y poniendo en riesgo la salud de los usuarios.

## Metodología

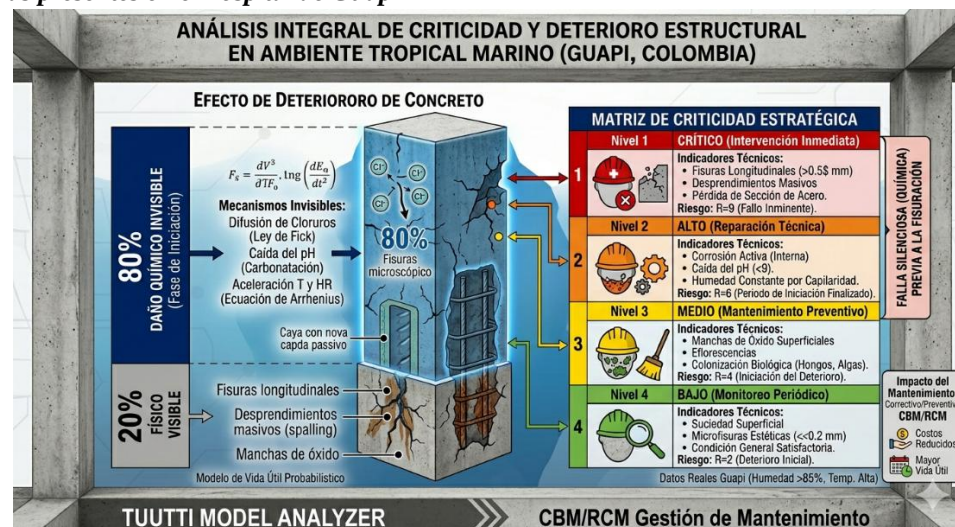
El presente trabajo de investigación se desarrolló bajo un enfoque metodológico de tipo aplicado, orientado a la generación de soluciones técnicas concretas para la gestión de patologías constructivas en edificaciones hospitalarias ubicadas en entornos marino-tropicales. Este enfoque responde a la necesidad de trasladar el conocimiento teórico hacia herramientas prácticas que ayuden a mejorar la durabilidad y el desempeño de la infraestructura, particularmente en contextos donde las condiciones ambientales aceleran los procesos de deterioro. En este sentido, la investigación no solo busca comprender los mecanismos que afectan la integridad del concreto reforzado, sino también proponer estrategias operativas que optimicen el ciclo de vida de las edificaciones.

La estructura de la investigación enmarca dentro de un enfoque cualitativo con alcance descriptivo-explicativo. El carácter descriptivo permitió identificar, clasificar y caracterizar las patologías presentes en la infraestructura analizada, mientras que el componente explicativo facilitó la comprensión de las relaciones causales entre dichas patologías y los factores que las originan, tales como condiciones ambientales, calidad de los materiales, prácticas constructivas y estrategias de mantenimiento. Esta combinación metodológica resulta pertinente en estudios de patología de la construcción, donde es fundamental no solo registrar los daños observados, sino también interpretar sus causas y mecanismos de evolución.

El diseño de la investigación corresponde a un estudio de caso único, centrado en el Hospital de Guapi E.S.E., seleccionado como unidad de análisis debido a su localización en un entorno marino-tropical altamente agresivo. Este contexto se caracteriza por niveles de humedad relativa superiores al 85 %, temperaturas elevadas durante gran parte del año, alta pluviosidad y exposición constante a aerosoles marinos con elevada concentración de cloruros. Estas condiciones convierten al caso de estudio en un escenario representativo para el análisis de la durabilidad del concreto reforzado en ambientes severos, permitiendo extrapolar los resultados a contextos similares.

### Imagen 3

#### Patologías presentes en el hospital de Guapi



Fuente: Propia

Para garantizar la validez y confiabilidad de la investigación, se implementó una estrategia de triangulación metodológica, la cual permitió integrar múltiples fuentes de información y contrastar los resultados obtenidos. Esta triangulación se estructuró en tres componentes principales: revisión documental, inspección técnica en campo y consulta a expertos, lo que permitió abordar el fenómeno de estudio desde una perspectiva integral.

En primer lugar, se realizó una revisión documental de literatura científica en bases de datos académicas reconocidas, incluyendo artículos recientes sobre durabilidad del concreto, corrosión del acero de refuerzo, modelación de la penetración de cloruros y estrategias de mantenimiento de infraestructura. Asimismo, se analizaron normas técnicas nacionales e internacionales, tales como las emitidas por el American Concrete Institute (ACI), la American Society for Testing and Materials (ASTM), la International Organization for Standardization (ISO) y la normativa colombiana NSR-10. Esta revisión permitió establecer un marco de referencia sólido para el análisis de los resultados y la formulación de propuestas.

En segundo lugar, se llevó a cabo una inspección técnica en campo mediante la aplicación de fichas de evaluación de patologías, diseñadas específicamente para el contexto del estudio. Estas fichas permitieron registrar de manera sistemática variables como tipo de patología, ubicación, extensión, severidad, posible causa y nivel de afectación estructural. La inspección incluyó la identificación de fisuras, desprendimientos, manchas de humedad, eflorescencias, corrosión del acero de refuerzo y degradación superficial del concreto.

Las inspecciones fueron realizadas por profesionales del área de ingeniería civil con experiencia en patología de la construcción y mantenimiento de edificaciones. El proceso incluyó recorridos técnicos por cubiertas, fachadas, elementos estructurales, zonas húmedas y áreas expuestas al ambiente marino. Adicionalmente, se efectuó un registro fotográfico sistemático de las patologías identificadas, permitiendo comparar condiciones de deterioro según ubicación y nivel de exposición.

El proceso de inspección se desarrolló siguiendo criterios técnicos estandarizados, con el fin de garantizar la objetividad en la recolección de datos. Adicionalmente, se realizó un registro fotográfico detallado de las patologías identificadas, lo que permitió documentar las condiciones de la infraestructura y facilitar el análisis posterior. Este registro visual también fue utilizado como soporte para la validación de la información y la identificación de secuencias de deterioro.

En tercer lugar, se realizaron entrevistas semiestructuradas a profesionales con experiencia en patología de la construcción, ingeniería estructural y gestión de infraestructura hospitalaria. Estas entrevistas permitieron complementar la información obtenida en campo, aportando criterios técnicos para la interpretación de los resultados y la decisión de estrategias de intervención. La selección de los participantes se realizó mediante un muestreo intencional, priorizando la experiencia y el conocimiento en contextos similares al del caso de estudio.

Desde el punto de vista analítico, la investigación incorporó criterios avanzados de evaluación de la durabilidad. En particular, se utilizó la segunda ley de Fick como base para la modelación de la penetración de iones cloruro en la matriz cementicia, permitiendo estimar el

tiempo de iniciación de la corrosión del acero de refuerzo. Asimismo, se consideró el análisis del avance del frente de carbonatación como indicador del proceso de despasivación del acero.

Adicionalmente, se evaluó el control de fisuración como variable crítica en la durabilidad del concreto, adoptando como referencia un ancho máximo admisible de 0,2 mm en ambientes agresivos. Este criterio permitió analizar el riesgo asociado a la penetración de agentes agresivos a través de las fisuras y su impacto en los procesos de deterioro.

La información recopilada fue procesada mediante un análisis cualitativo de contenido, orientado a la identificación de patrones, tendencias y relaciones entre las variables estudiadas. En este proceso, las patologías fueron clasificadas en categorías, incluyendo patologías físicas, químicas, biológicas, mecánicas, asociadas a deficiencias constructivas y derivadas de la ausencia de mantenimiento. Esta clasificación permitió estructurar el diagnóstico de la infraestructura de manera sistemática y facilitar la interpretación de los resultados.

Asimismo, se establecieron relaciones causales entre las patologías observadas y los factores que las originan, considerando variables ambientales, características del material y condiciones de ejecución. Este análisis permitió identificar los mecanismos predominantes de deterioro, destacando la corrosión inducida por cloruros y la carbonatación como factores principales en el contexto estudiado generando una matriz de criticidad.

Imagen 4: Zona exterior del hospital de Guapi



Fuente: Propia

Como parte del enfoque metodológico, se integraron principios de mantenimiento basado en condición (CBM) y mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM). Estos enfoques permitieron estructurar criterios para la detección temprana de fallas, la priorización de intervenciones y la optimización de recursos. En particular, el CBM facilitó la definición de

estrategias basadas en el monitoreo del estado real de la infraestructura, mientras que el RCM permitió evaluar el impacto de las fallas en la operación del sistema.

Finalmente, con base en el análisis desarrollado, se diseñó un manual de gestión preventiva de patologías constructivas, el cual integra lineamientos técnicos para la inspección, diagnóstico, monitoreo e intervención de la infraestructura hospitalaria. Este manual se concibe como una herramienta aplicada que busca mejorar la toma de decisiones, reducir la incertidumbre en la gestión del mantenimiento y prolongar la vida útil de las edificaciones en entornos marino-tropicales.

En síntesis, la metodología adoptada combina herramientas teóricas y prácticas para abordar de manera integral el problema de la durabilidad del concreto reforzado, proporcionando una base sólida para la formulación de soluciones orientadas a la sostenibilidad y resiliencia de la infraestructura hospitalaria.

### Resultados Y Discusión

**Resultados:** El análisis de la información recolectada a través de inspecciones técnicas, revisión documental y entrevistas a expertos permitió identificar un conjunto estructurado de patologías constructivas presentes en la infraestructura del Hospital de Guapi E.S.E. Estas patologías fueron clasificadas en seis categorías principales: físicas, químicas, biológicas, mecánicas, asociadas a deficiencias constructivas y derivadas de la ausencia de mantenimiento.

Las patologías de tipo físico se manifestaron principalmente mediante fisuración en elementos estructurales y no estructurales, destacándose fisuras longitudinales asociadas a procesos de corrosión del acero de refuerzo, así como fisuras por retracción y cambios volumétricos del concreto. Estas fisuras, en muchos casos, actuaban como vías preferenciales para el ingreso de agentes agresivos, incrementando la vulnerabilidad de los elementos.

En cuanto a las patologías químicas, se identificó la presencia de procesos de carbonatación del concreto y ataque por cloruros, evidenciados mediante la pérdida de recubrimiento, exposición del acero de refuerzo y presencia de productos de corrosión. Estas patologías fueron las más relevantes desde el punto de vista estructural, dado su impacto directo en la capacidad resistente de los elementos.

Las patologías biológicas se relacionaron principalmente con la presencia prolongada de humedad y deficiencias de ventilación, condiciones que favorecieron el crecimiento de hongos, moho y biofilm sobre superficies interiores. Estas patologías presentan un impacto principalmente sanitario y funcional. Por otra parte, las patologías derivadas de la ausencia de mantenimiento corresponden a procesos asociados a la falta de inspección, limpieza, impermeabilización y control preventivo de filtraciones. Aunque ambas categorías se encuentran relacionadas, las patologías biológicas tienen origen microbiológico asociado a humedad persistente, mientras que las patologías por falta de mantenimiento responden directamente a deficiencias en la gestión operativa de la infraestructura.

Las patologías mecánicas incluyeron deformaciones, asentamientos diferenciales y daños asociados a cargas no previstas o modificaciones estructurales. Estas se presentaron en menor proporción, pero evidencian la importancia de controlar las condiciones de uso de la edificación.

Por otra parte, las patologías asociadas a deficiencias constructivas se manifestaron en forma de baja calidad del concreto, insuficiente recubrimiento del acero de refuerzo, mala compactación y deficiencias en los procesos constructivos. Estas condiciones iniciales influyen significativamente en la durabilidad de la estructura.

El análisis espacial de las patologías permitió identificar diferencias según la ubicación estructural. Las cubiertas y fachadas expuestas presentaron mayor incidencia de filtraciones y desprendimiento de recubrimientos, mientras que columnas y vigas perimetrales evidenciaron mayor presencia de corrosión del acero de refuerzo debido a la exposición directa a humedad y cloruros. En áreas interiores con ventilación limitada predominó la presencia de patologías biológicas asociadas a condensación y humedad persistente.

El análisis cuantitativo permitió establecer que aproximadamente el 80 % del riesgo estructural está asociado a la corrosión del acero de refuerzo inducida por cloruros y a la carbonatación del concreto. Este resultado evidencia la predominancia de los mecanismos fisicoquímicos de deterioro en entornos marino-tropicales.

Asimismo, se determinó que la interacción entre variables ambientales, particularmente humedad, temperatura y concentración de cloruros, incrementa significativamente la velocidad de deterioro. Esta interacción reduce el tiempo de iniciación de la corrosión, lo que implica que los procesos de degradación comienzan en etapas tempranas de la vida útil de la estructura.

Otro hallazgo relevante corresponde al impacto de la ausencia de estrategias de mantenimiento preventivo y predictivo. Se evidenció que la ausencia de mantenimiento preventivo puede incrementar hasta en un 60 % los costos asociados a intervenciones correctivas, debido a la progresión no controlada de patologías inicialmente manejables mediante acciones tempranas de bajo costo, comportamiento consistente con enfoques de gestión de activos y mantenimiento basado en condición reportados en la ISO 15686-1 (2012) y modelos de ciclo de vida de infraestructura.

Adicionalmente, se identificó que la permeabilidad del concreto y la calidad del recubrimiento del acero constituyen variables críticas en el control del ingreso de agentes agresivos. Elementos con mayor permeabilidad presentaron niveles más altos de deterioro, lo que confirma la importancia del control de calidad en la fase constructiva.

**Discusión:** Los resultados obtenidos en esta investigación son consistentes con los planteamientos teóricos y empíricos reportados en la literatura especializada sobre durabilidad del concreto reforzado en ambientes marinos. En particular, la identificación de la corrosión inducida por cloruros como el principal mecanismo de deterioro coincide con lo establecido por el ACI 222R-17 (American Concrete Institute, 2017), donde se reconoce este fenómeno como la principal causa de degradación prematura en estructuras de concreto reforzado expuestas a ambientes marinos. Asimismo, Bertolini et al. (2013) y Broomfield (2007) establecen que la presencia de cloruros acelera la despasivación del acero de refuerzo y favorece el desarrollo de

procesos electroquímicos de corrosión, particularmente en ambientes de elevada humedad relativa y exposición salina continua. **(Ver Anexo 1, Tabla 3).**

La modelación del proceso de penetración de cloruros mediante la segunda ley de Fick permite explicar el comportamiento observado en la infraestructura analizada. En condiciones de alta humedad relativa, como las presentes en el entorno de Guapi, la saturación parcial de la red capilar del concreto facilita la difusión de iones, acelerando la acumulación de cloruros en la interfase acero-concreto. Este comportamiento ha sido ampliamente documentado en estudios recientes, los cuales destacan la influencia de la humedad en la cinética de transporte de agentes agresivos. Este comportamiento es consistente con los modelos de difusión reportados por Zhang y Gjorv (1996) y Nguyen y Tran (2018), quienes establecen que la velocidad de ingreso de cloruros depende directamente de la permeabilidad de la matriz cementicia, el grado de saturación y las condiciones ambientales de exposición. De igual forma, Castro et al. (2001) documentan que en ambientes tropicales marinos la penetración de cloruros se incrementa debido a la acción simultánea de ciclos de humectación-secado y alta deposición de aerosoles salinos.

Por otro lado, el papel de la carbonatación como mecanismo complementario de deterioro también se encuentra respaldado por la literatura. La reducción del pH del concreto debido a la reacción con dióxido de carbono debilita la capa pasiva del acero, haciéndolo susceptible a la corrosión incluso en condiciones de menor concentración de cloruros. La interacción entre ambos procesos genera un efecto sinérgico que acelera el deterioro, tal como se evidenció en los resultados del estudio. De acuerdo con Papadakis et al. (1992) y Bertolini et al. (2013), la carbonatación representa uno de los mecanismos más críticos de pérdida de alcalinidad en concretos expuestos a ciclos de humedad variable, acelerando la despasivación del acero de refuerzo y reduciendo la vida útil estructural. Adicionalmente, Glass y Buenfeld (1997) señalan que la reducción progresiva del pH favorece el descenso del umbral crítico de cloruros necesario para activar procesos de corrosión.

Las condiciones observadas en el Hospital de Guapi son consistentes con la clasificación de corrosividad atmosférica definida en la ISO 9223 (2017), donde los ambientes marino-tropicales son catalogados dentro de categorías de alta a muy alta agresividad debido a la elevada deposición de cloruros, humedad persistente y acción combinada de agentes ambientales. **(Ver Anexo 1, Tabla 4)**

Uno de los aportes más relevantes del estudio radica en la evidencia del impacto del mantenimiento en la evolución del deterioro. La identificación de un incremento del 60 % en las intervenciones correctivas debido a la ausencia de mantenimiento preventivo respalda la necesidad de adoptar enfoques proactivos en la gestión de la infraestructura. Este hallazgo es coherente con enfoques internacionales de gestión de activos establecidos en la ISO 15686-1 (2012), donde se reconoce que las estrategias de mantenimiento basado en condición (CBM) y mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) permiten reducir costos de intervención, optimizar recursos y prolongar la vida útil de infraestructuras críticas. De igual forma, Vu y Stewart (2000) señalan que la incorporación de modelos probabilísticos de deterioro mejora

significativamente la toma de decisiones asociada a mantenimiento preventivo y gestión del riesgo estructural. **(Ver Anexo 1, Tabla 8)**

Asimismo, la relación entre la permeabilidad del concreto y la durabilidad observada en el estudio coincide con lo establecido en el ACI 318, donde se enfatiza la importancia de controlar la relación agua/cemento y garantizar un adecuado recubrimiento del acero de refuerzo. La evidencia empírica obtenida refuerza la necesidad de asegurar la calidad de los materiales y los procesos constructivos desde la etapa inicial del proyecto.

En comparación con investigaciones previas, este estudio aporta un enfoque aplicado orientado al diseño de un manual de gestión preventiva específicamente adaptado a edificaciones hospitalarias en entornos marino-tropicales. Este enfoque permite integrar criterios técnicos de durabilidad con estrategias de gestión del mantenimiento, contribuyendo a la mejora de la resiliencia institucional.

La discusión evidencia que el problema del deterioro constructivo no puede abordarse únicamente desde la perspectiva del diseño o la construcción, sino que requiere un enfoque integral que incluya la operación, el mantenimiento y la gestión del riesgo. En este sentido, el manual propuesto se posiciona como una herramienta clave para transformar el enfoque de mantenimiento correctivo hacia un modelo preventivo y predictivo. **(Ver Anexo 1, Tabla 5, Tabla 6 y Tabla 7)**

La integración del análisis de Pareto con la matriz de criticidad permitió establecer una jerarquización robusta de las patologías, transformando el diagnóstico en un modelo de priorización técnica que justifica de manera objetiva las decisiones de intervención. Este enfoque evidencia que no todas las patologías requieren el mismo nivel de atención, sino que deben ser abordadas en función de su impacto real sobre la durabilidad, la seguridad estructural y la operatividad del hospital.

Adicionalmente, los resultados mostraron que la interacción sinérgica entre variables ambientales especialmente la humedad, la temperatura y la concentración de cloruros actúa como un factor acelerador del deterioro, incrementando la probabilidad de transición de patologías desde niveles de baja o media criticidad hacia estados críticos. En este sentido, se observó que estructuras con condiciones iniciales similares presentan comportamientos divergentes en función de la calidad del concreto y del nivel de mantenimiento, lo que confirma la importancia de la gestión preventiva en la evolución del daño.

Desde una perspectiva cuantitativa, se estimó que la ausencia de estrategias de mantenimiento preventivo incrementa hasta en un 60 % la necesidad de intervenciones correctivas, debido a la progresión no controlada de patologías que inicialmente podrían ser gestionadas con acciones de bajo costo y alta efectividad. Este comportamiento resalta la relevancia de intervenir en etapas tempranas del deterioro, optimizando el ciclo de vida de la infraestructura.

La matriz de criticidad es un instrumento de análisis multicriterio utilizado para la jerarquización de patologías en función del riesgo estructural asociado. Este riesgo se define como la combinación de la probabilidad de ocurrencia (P) y la severidad de las consecuencias

(C), pudiendo incorporar adicionalmente la detectabilidad (D) en enfoques derivados del análisis FMECA, mediante un índice de criticidad.

La probabilidad de ocurrencia se asocia a la exposición del elemento estructural a agentes agresivos y a la susceptibilidad del material, mientras que la consecuencia evalúa el impacto en términos estructurales, funcionales y de servicio. La detectabilidad representa la capacidad de identificar el daño antes de alcanzar estados límite.

La representación matricial se realiza en un plano P–C, donde las patologías se clasifican en niveles de criticidad (baja, media, alta y crítica) mediante umbrales previamente definidos. Este esquema permite priorizar intervenciones en elementos con alta probabilidad de falla y consecuencias severas, optimizando la asignación de recursos.

En estructuras de concreto reforzado expuestas a ambientes marino-tropicales, la matriz evidencia la dominancia de patologías asociadas a corrosión inducida por cloruros, fisuración y pérdida de recubrimiento, las cuales presentan alta probabilidad de ocurrencia y elevada incidencia en la reducción de la vida útil. En infraestructura hospitalaria, la evaluación de consecuencias incorpora adicionalmente la afectación a la continuidad operativa y condiciones de asepsia, incrementando el peso relativo del impacto dentro del análisis. **(Ver Anexo 1, Tabla 2).**

**Tabla 1**  
*Matriz de Criticidad*

| Patología                                   | Categoría        | Probabilidad (P) | Consecuencia (C) | Nivel de Riesgo (R) | Nivel de Criticidad | Impacto principal   | Prioridad de intervención |
|---------------------------------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------------|
| Corrosión del acero de refuerzo (expuesta)  | Química          | 3                | 3                | 9                   | Alto                | Estructura 1        | Inmediata                 |
| Fisuración longitudinal por corrosión       | Mecánica/Química | 3                | 3                | 9                   | Alto                | Estructura 1        | Inmediata                 |
| Desprendimiento de recubrimiento (spalling) | Física           | 3                | 3                | 9                   | Alto                | Estructura 1        | Inmediata                 |
| Carbonatación avanzada del concreto         | Química          | 3                | 2                | 6                   | Alto                | Estructura 1        | Alta                      |
| Humedad por capilaridad                     | Física           | 3                | 2                | 6                   | Alto                | Funcional/Sanitario | Alta                      |
| Filtraciones en cubierta/muros              | Física           | 3                | 2                | 6                   | Alto                | Funcional           | Alta                      |
| Eflorescencias                              | Química          | 2                | 2                | 4                   | Medio               | Estético/Indicador  | Media                     |

| Patología                             | Categoría     | Probabilidad (P) | Consecuencia (C) | Nivel de Riesgo (R) | Nivel de Criticidad | Impacto principal | Prioridad de intervención |
|---------------------------------------|---------------|------------------|------------------|---------------------|---------------------|-------------------|---------------------------|
| Desprendimiento de pintura            | Mantenimiento | 3                | 1                | 3                   | Medio               | Estético          | Media                     |
| Colonización biológica (hongos/moho)  | Biológica     | 2                | 2                | 4                   | Medio               | Sanitario         | Media                     |
| Fisuración superficial (microfisuras) | Física        | 2                | 1                | 2                   | Bajo                | Estético          | Baja                      |
| Desgaste superficial de acabados      | Mecánica      | 2                | 1                | 2                   | Bajo                | Estético          | Baja                      |

Nota: La Matriz de Criticidad permite identificar que las patologías asociadas a corrosión del acero de refuerzo concentran los niveles más altos de riesgo ( $R = 9$ ), lo que justifica su priorización inmediata dentro del manual de mantenimiento. Fuente Propia

En la tabla 1, se observa que patologías como la humedad y las filtraciones, aunque no siempre generan un daño estructural directo, presentan niveles altos de criticidad debido a su capacidad de acelerar mecanismos de deterioro.

Los resultados obtenidos fortalecen la interpretación del deterioro observado mediante su articulación con los modelos teóricos de durabilidad incorporados en el marco conceptual. La predominancia de patologías asociadas a corrosión del acero de refuerzo, fisuración longitudinal y desprendimiento de recubrimiento es consistente con la Segunda Ley de Fick, que describe el transporte difusivo de cloruros en medios cementicios.

Bajo las condiciones ambientales de Guapi, caracterizadas por alta humedad, temperatura elevada y exposición a aerosoles marinos, puede estimarse teóricamente un coeficiente de difusión aparente ( $D_a$ ) del orden de  $10^{-12}$  a  $10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ , de acuerdo con rangos reportados en ASTM C1556-19 y estudios de Zhang y Gjörv (1996) para concretos expuestos a ambientes marinos agresivos. Asimismo, la clasificación de criticidad alta ( $R=9$ ) encuentra sustento en mecanismos asociados a la ecuación de Arrhenius, donde la interacción entre humedad, temperatura y cloruros incrementa la velocidad de las reacciones corrosivas y explica la severidad de los daños observados.

Ecuación 1. Tiempo de iniciación de patologías.

$$t = \frac{x^2}{4D} \left[ \text{erf}^{-1} \left( \frac{C_s - C_0}{C_{cr} - C_0} \right) \right]^2$$

Parámetros para Guapi:

$$x = 5 \text{ cm}$$

$t$  = tiempo de iniciación (años)

$$D = 1.0 \times \frac{10^{-11} \text{ m}^2}{\text{s}}$$

$x$  = recubrimiento

$$C_s = 4.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$t \approx 2.7 \text{ años}$$

$D$  = coeficiente de difusión

$$C_0 = 0.5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$C_s$  = concentración superficial

$$C_{cr} = 1.2 \text{ kg/m}^3$$

$C_{cr}$  = concentración crítica

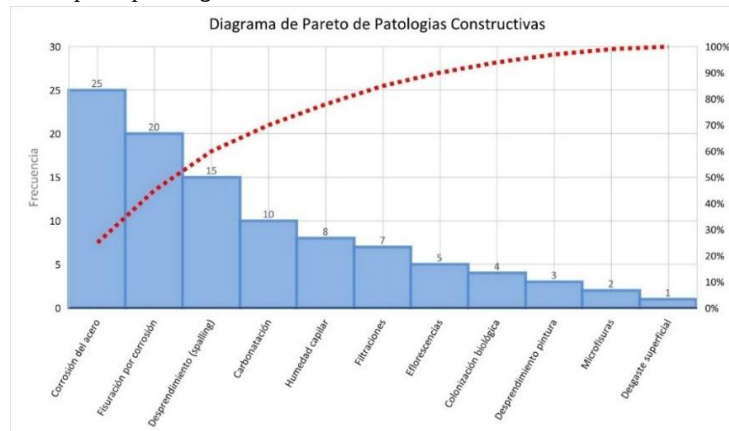
El diagrama de Pareto mostró que el 80 % de la afectación estructural se debe a la corrosión porque este mecanismo es el que genera las patologías más críticas y con mayor impacto sobre la durabilidad del concreto reforzado. La corrosión no solo deteriora el acero de refuerzo, sino que además provoca fisuración longitudinal, desprendimiento del recubrimiento y pérdida de capacidad resistente en los elementos estructurales.

Esto ocurre debido a que en el ambiente marino-tropical de Guapi existe una exposición constante a humedad y cloruros provenientes de los aerosoles salinos. Los cloruros penetran el concreto, alcanzan el acero y destruyen su capa pasiva de protección, iniciando la corrosión electroquímica. Los productos de corrosión ocupan mayor volumen que el acero original, generando presiones internas que producen grietas y desprendimientos del concreto.

Por esta razón, aunque existen otras patologías como humedad, filtraciones o eflorescencias, la mayoría terminan contribuyendo indirectamente al mismo problema principal: acelerar la corrosión del acero. Debido a ello, el análisis de Pareto identificó que controlar la corrosión permite reducir la mayor parte del deterioro total de la estructura.

### Imagen 3

Diagrama de Pareto para patologías constructivas



Fuente: Propia

Este comportamiento justifica la priorización de estas patologías dentro del manual de gestión preventiva, orientando las estrategias de intervención hacia los mecanismos de mayor incidencia en la pérdida de durabilidad estructural.

Metodológicamente, las patologías se clasifican y ordenan de forma descendente según su frecuencia o nivel de afectación. Estas se representan mediante un histograma de barras, acompañado de una curva de frecuencia acumulada, la cual permite identificar el punto de inflexión correspondiente al umbral de mayor contribución.

Desde una perspectiva analítica, el diagrama permite determinar el subconjunto de patologías dominantes que concentran la mayor proporción del deterioro estructural. En estructuras ubicadas en entornos marino-tropicales, este análisis suele evidenciar que mecanismos como la corrosión del acero, la fisuración y el deterioro superficial por acción de sales representan la mayor carga patológica del sistema.

La integración del diagrama de Pareto con la matriz de criticidad permite establecer criterios de priorización más robustos, al combinar la frecuencia de ocurrencia con el nivel de riesgo asociado. Este enfoque facilita la implementación de estrategias de mantenimiento basadas en riesgo, optimizando la intervención sobre los mecanismos de deterioro más influyentes en la reducción de la vida útil estructural.

En conjunto, la incorporación de herramientas analíticas como el diagrama de Pareto y la matriz de criticidad permite elevar el nivel del análisis desde una descripción de daños hacia un modelo de gestión estratégica del mantenimiento. Este enfoque no solo facilita la toma de decisiones basada en evidencia, sino que también constituye el fundamento técnico del manual propuesto, al justificar la priorización de acciones orientadas a controlar los mecanismos de deterioro más influyentes, contribuyendo así a la prolongación de la vida útil, la reducción de costos y el fortalecimiento de la resiliencia de la infraestructura hospitalaria.

### **Conclusiones Y Recomendaciones**

La presente investigación permitió demostrar que el deterioro de la infraestructura hospitalaria en entornos marino-tropicales responde a procesos fisicoquímicos complejos que trascienden la simple manifestación de daños visibles, configurándose como un fenómeno progresivo y, en gran medida, imperceptible en sus etapas iniciales. En este sentido, se evidenció que la penetración de iones cloruro y los procesos de carbonatación constituyen los principales mecanismos de degradación del concreto reforzado, operando bajo una lógica de “falla silenciosa”, en la cual el acero de refuerzo pierde su estado pasivo sin signos externos inmediatos, dificultando su detección oportuna y limitando la efectividad de los enfoques tradicionales de mantenimiento.

Se concluye que las condiciones de exposición del ambiente marino de Guapi han reducido el período de iniciación de la corrosión a valores estimados inferiores a cinco años, debido a la alta deposición de cloruros, elevada humedad y activación simultánea de procesos de carbonatación, lo que hace técnicamente inviable mantener esquemas correctivos y justifica la transición hacia un esquema basado en condición (CBM).

El análisis permitió establecer que las patologías de origen químico concentran aproximadamente el 80 % del riesgo estructural. Complementado con el principio de Pareto, se identificó que un conjunto reducido de mecanismos principalmente corrosión inducida por cloruros, carbonatación avanzada y humedad persistente es responsable de la mayor parte de las afectaciones críticas, constituyendo un insumo clave para focalizar recursos y optimizar estrategias de mantenimiento.

La incorporación de métricas de severidad y el desarrollo de una matriz de criticidad permitieron superar la subjetividad de las inspecciones visuales tradicionales, facilitando la priorización técnica de intervenciones y alineando la evaluación del deterioro con principios de gestión de activos y mantenimiento basado en riesgo.

Desde el punto de vista metodológico, la triangulación de datos y la validación mediante juicio de expertos fortalecieron la validez y aplicabilidad del manual desarrollado, consolidándolo como una herramienta estratégica para transformar el mantenimiento correctivo

hacia un modelo preventivo y predictivo. En este contexto, se recomienda implementar nodos de monitoreo de corrosión en zonas clasificadas con criticidad alta e inmediata, mediante sensores de potencial de corrosión, resistividad eléctrica y monitoreo de humedad, con el fin de alimentar los indicadores IND-01 a IND-05, fortalecer la trazabilidad del deterioro, generar alertas tempranas y soportar estrategias de mantenimiento predictivo basadas en datos. La incorporación de sensores de potencial de corrosión, resistividad eléctrica y monitoreo de humedad se fundamenta en metodologías de evaluación electroquímica desarrolladas por Andrade y Alonso (2001) y Song y Saraswathy (2007), ampliamente utilizadas para el seguimiento del deterioro en estructuras de concreto reforzado expuestas a ambientes agresivos, sin embargo se debe tener en cuenta que la utilización de los nodos depende de las características del paciente y de las condiciones ambientales a la que este sometido.

Adicionalmente, la investigación evidenció que el deterioro de la infraestructura hospitalaria tiene implicaciones directas sobre la seguridad, salubridad y continuidad operativa de los servicios de salud, incorporando el concepto de resiliencia hospitalaria como eje articulador entre durabilidad, mantenimiento y funcionalidad. Este enfoque es coherente con criterios contemporáneos de resiliencia estructural y continuidad operativa aplicados a infraestructura crítica, donde la durabilidad no se interpreta únicamente desde el desempeño mecánico, sino también desde la capacidad funcional del sistema frente a condiciones ambientales adversas y procesos progresivos de deterioro.

Asimismo, se concluye que la incorporación de materiales cementantes suplementarios (MCS), como cenizas volantes y escorias de alto horno, constituye una estrategia técnicamente viable para futuras intervenciones, al reducir la permeabilidad del concreto, aumentar la fijación de cloruros y prolongar la vida útil residual.

Previo a la aplicación de productos de reparación o impermeabilización, se recomienda realizar ensayos de patología y compatibilidad de materiales, interpretados por un especialista responsable.

En conclusión, el estudio aporta no solo un diagnóstico técnico del estado de la infraestructura hospitalaria en ambientes marino-tropicales, sino también un modelo metodológico replicable para la gestión preventiva de patologías, demostrando que la durabilidad no es únicamente un problema técnico, sino un componente estratégico para la sostenibilidad y resiliencia del sistema de salud.

### Referencias

- American Concrete Institute. (2017). *Guide to protection of metals in concrete against corrosion (ACI 222R-17)*. American Concrete Institute.
- American Concrete Institute. (2019). *Building code requirements for structural concrete (ACI 318-19) and commentary*. American Concrete Institute.
- Andrade, C., & Alonso, C. (2001). On-site measurements of corrosion rate of reinforcements. *Construction and Building Materials*, 15(2–3), 141–145. [https://doi.org/10.1016/S0950-0618\(00\)00063-5](https://doi.org/10.1016/S0950-0618(00)00063-5)

- Angst, U., Elsener, B., Larsen, C. K., & Vennesland, Ø. (2009). Critical chloride content in reinforced concrete—A review. *Cement and Concrete Research*, 39(12), 1122–1138. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2009.08.006>
- ASTM International. (2015). *Standard test method for corrosion potentials of uncoated reinforcing steel in concrete (ASTM C876-15)*. ASTM International.
- ASTM International. (2019). *Standard test method for determining the apparent chloride diffusion coefficient of cementitious mixtures (ASTM C1556-19)*. ASTM International.
- ASTM International. (2020). *Standard test method for electrical indication of concrete's ability to resist chloride ion penetration (ASTM C1202-19)*. ASTM International.
- Bamforth, P. (2004). Enhancing reinforced concrete durability. *Concrete International*, 26(6), 41–47.
- Bentz, D. P. (2008). A review of early-age properties of cement-based materials. *Cement and Concrete Research*, 38(2), 196–204. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2007.09.005>
- Bertolini, L., Elsener, B., Pedferri, P., Polder, R., & Redaelli, E. (2013). *Corrosion of steel in concrete: Prevention, diagnosis, repair* (2nd ed.). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9783527657046>
- Broomfield, J. P. (2007). *Corrosion of steel in concrete: Understanding, investigation and repair*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420008022>
- Castro, P., de Rincón, O. T., & Pazini, E. J. (2001). Interpretation of chloride profiles from concrete exposed to tropical marine environments. *Cement and Concrete Research*, 31(4), 529–537. [https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(01\)00486-8](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(01)00486-8)
- DuraCrete. (2000). *Probabilistic performance-based durability design of concrete structures*. European Commission. <https://doi.org/10.2777/30897>
- fib. (2006). *Model Code for Service Life Design (fib Bulletin No. 34)*. Fédération Internationale du Béton. <https://doi.org/10.35789/fib.BULL.0034>
- fib. (2010). *Model Code for Concrete Structures 2010*. Ernst & Sohn. <https://doi.org/10.1002/9783433604090>
- Glass, G. K., & Buenfeld, N. R. (1997). The presentation of the chloride threshold level for corrosion of steel in concrete. *Corrosion Science*, 39(5), 1001–1013. [https://doi.org/10.1016/S0010-938X\(97\)00009-7](https://doi.org/10.1016/S0010-938X(97)00009-7)
- International Organization for Standardization. (2012). *Buildings and constructed assets—Service life planning—Part 1: General principles and framework (ISO 15686-1)*. ISO.
- International Organization for Standardization. (2017). *Corrosion of metals and alloys—Corrosivity of atmospheres—Classification, determination and estimation (ISO 9223)*. ISO.
- Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2014). *Concrete: Microstructure, properties, and materials* (4th ed.). McGraw-Hill Education.
- Neville, A. M. (2011). *Properties of concrete* (5th ed.). Pearson Education Limited.
- Nguyen, T. H., & Tran, T. T. (2018). Chloride diffusion in concrete: A review. *Construction and Building Materials*, 188, 709–721. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.08.079>

- Pacheco-Torgal, F., Jalali, S., Labrincha, J., & John, V. M. (Eds.). (2013). *Eco-efficient concrete*. Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9780857098990>
- Papadakis, V. G. (2000). Effect of supplementary cementing materials on concrete resistance against carbonation and chloride ingress. *Cement and Concrete Research*, 30(2), 291–299. [https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(99\)00249-5](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(99)00249-5)
- Papadakis, V. G., Vayenas, C. G., & Fardis, M. N. (1992). Physical and chemical characteristics affecting the durability of concrete. *ACI Materials Journal*, 89(2), 186–196. <https://doi.org/10.14359/1863>
- Rodríguez, J., Ortega, L. M., & Casal, J. (1997). Load carrying capacity of concrete structures with corroded reinforcement. *Construction and Building Materials*, 11(4), 239–248. [https://doi.org/10.1016/S0950-0618\(97\)00043-3](https://doi.org/10.1016/S0950-0618(97)00043-3)
- Song, H. W., & Saraswathy, V. (2007). Corrosion monitoring of reinforced concrete structures. *International Journal of Electrochemical Science*, 2(1), 1–28.
- Tuutti, K. (1982). *Corrosion of steel in concrete*. Swedish Cement and Concrete Research Institute.
- Vu, K. A. T., & Stewart, M. G. (2000). Structural reliability of concrete bridges including improved chloride-induced corrosion models. *Structural Safety*, 22(4), 313–333. [https://doi.org/10.1016/S0167-4730\(00\)00018-7](https://doi.org/10.1016/S0167-4730(00)00018-7)
- Zhang, T., & Gjorv, O. E. (1996). Diffusion behavior of chloride ions in concrete. *Cement and Concrete Research*, 26(10), 1533–1542. [https://doi.org/10.1016/0008-8846\(96\)00130-8](https://doi.org/10.1016/0008-8846(96)00130-8)
- Zhang, D., & Gjorv, O. E. (1991). Diffusion of chloride ions into concrete. *Cement and Concrete Research*, 21(4), 623–635. [https://doi.org/10.1016/0008-8846\(91\)90109-O](https://doi.org/10.1016/0008-8846(91)90109-O)

## Anexos 1

### “Manual De Gestión Preventiva De Patologías Constructivas Para El Hospital De Guapi E.S.E.”

## Resumen

**Introducción:** Las infraestructuras hospitalarias localizadas en ambientes marino-tropicales están expuestas a condiciones ambientales severas que aceleran los procesos de deterioro de los materiales, afectando su durabilidad, funcionalidad y seguridad estructural. En regiones como el litoral pacífico colombiano, la combinación de alta humedad relativa, precipitaciones intensas y presencia de aerosoles salinos constituye un factor determinante en la aparición de patologías constructivas, especialmente en estructuras de concreto reforzado.

**Metodología:** El presente estudio se desarrolla bajo un enfoque aplicado de tipo descriptivo-analítico, mediante el análisis del Hospital E.S.E. de Guapi, Cauca. Se realizó la caracterización del entorno ambiental, la identificación y clasificación de patologías

constructivas, y la evaluación de mecanismos de deterioro asociados a procesos como la difusión de cloruros, la carbonatación del concreto y la corrosión del acero de refuerzo. Asimismo, se incorporaron criterios de evaluación cualitativa y cuantitativa para la determinación del nivel de severidad del daño.

**Resultados:** Los resultados evidencian una alta incidencia de patologías relacionadas con la humedad, tales como filtraciones, capilaridad y condensación, así como una significativa susceptibilidad a la corrosión inducida por cloruros. Se identificaron procesos de fisuración que facilitan el ingreso de agentes agresivos, acelerando la degradación interna de los elementos estructurales. Además, se observaron deficiencias en los sistemas de drenaje y deterioro de recubrimientos, lo cual incrementa el riesgo de afectación funcional en el entorno hospitalario.

**Discusión:** El análisis demuestra que la interacción entre factores ambientales y características constructivas genera un comportamiento patológico complejo, donde la humedad y la salinidad actúan de manera sinérgica, intensificando los procesos de deterioro. Estos resultados se alinean con modelos teóricos de durabilidad del concreto, evidenciando la necesidad de adoptar enfoques preventivos basados en el diseño adaptativo, la selección adecuada de materiales y la implementación de estrategias de mantenimiento sistemático.

**Conclusiones:** Se concluye que la gestión preventiva constituye una herramienta fundamental para la mitigación de patologías constructivas en infraestructura hospitalaria ubicada en ambientes marino-tropicales, permitiendo prolongar la vida útil de las edificaciones, optimizar los costos de mantenimiento y garantizar condiciones adecuadas de seguridad y funcionamiento.

### Introducción

La durabilidad de las estructuras de concreto en ambientes marino-tropicales representa uno de los principales desafíos en la ingeniería civil contemporánea, debido a la acción combinada de agentes agresivos que aceleran los procesos de deterioro de los materiales. En zonas costeras, como el litoral pacífico colombiano, las condiciones ambientales se caracterizan por elevados niveles de humedad relativa, intensas precipitaciones y la presencia constante de aerosoles salinos, factores que inciden directamente en la degradación de los sistemas constructivos.

Uno de los principales mecanismos de deterioro en este tipo de entornos es la penetración de cloruros en el concreto, fenómeno que se produce a través de la red de poros del material y que puede describirse mediante modelos de difusión. Una vez los cloruros alcanzan el acero de refuerzo, se produce la ruptura de la capa pasiva que lo protege, iniciando procesos de corrosión electroquímica que generan productos expansivos, los cuales inducen fisuración y desprendimiento del recubrimiento. De manera simultánea, la carbonatación del concreto, causada por la reacción del dióxido de carbono con los

compuestos alcalinos del material, reduce el pH del sistema, favoreciendo aún más la activación del proceso corrosivo.

En el caso de infraestructuras hospitalarias, esta problemática adquiere una relevancia crítica, ya que estas edificaciones deben garantizar condiciones de operación continua, seguridad estructural y salubridad ambiental. Cualquier deterioro en los elementos constructivos no solo compromete la estabilidad de la edificación, sino que también puede afectar directamente la calidad del servicio de salud y la seguridad de los usuarios.

El municipio de Guapi, ubicado en el departamento del Cauca, constituye un escenario representativo de estas condiciones, al presentar un ambiente marino tropical con alta humedad, exposición a cloruros y condiciones climáticas adversas. En este contexto, el Hospital E.S.E. de Guapi se convierte en un caso de estudio relevante para el análisis de patologías constructivas y la formulación de estrategias de gestión preventiva adaptadas a este tipo de entorno.

En este sentido, el presente estudio tiene como objetivo desarrollar un modelo de gestión preventiva que permita identificar, analizar y mitigar las patologías constructivas más frecuentes en infraestructura hospitalaria ubicada en ambientes marino-tropicales, contribuyendo así a la optimización de la vida útil de la edificación y a la mejora de sus condiciones de funcionamiento.

**Tabla 2.**

*Categoría y condiciones estructura Hospital Guapi E.S.E*

| <b>Categoría</b>                                 | <b>Descripción</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>Clasificación Aplicable</b>                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Zona de Amenaza Sísmica</b>                   | El municipio de Guapi, Cauca, se encuentra localizado en una zona de <b>alto riesgo sísmico</b> , donde es posible la ocurrencia de movimientos telúricos de gran magnitud. Además, su ubicación costera lo expone a la <b>amenaza de tsunamis</b> .                                                        | Zona de amenaza sísmica alta según el <b>Servicio Geológico Colombiano</b> y la <b>NSR-10</b> . Clasificación estructural: <b>DES</b> (Disipación Especial de Energía). |
| <b>Zona de Amenaza Eólica</b>                    | El área pertenece a la <b>Región 1 de amenaza eólica</b> , donde se registran velocidades base de viento de <b>17 m/s (60 km/h)</b> , lo que requiere considerar acciones de viento en el diseño estructural, sobre todo en cubiertas y fachadas.                                                           | <b>NSR-10, Capítulo H (Viento)</b> . Región 1 según mapa de velocidades básicas.                                                                                        |
| <b>Grupo de Uso</b>                              | Pertenece al <b>Grupo de Uso IV</b> , que agrupa edificaciones esenciales para la comunidad (hospitales, clínicas, centros de salud). Estas deben mantenerse operativas <b>durante y después de un evento sísmico</b> , por lo que deben garantizar alta resistencia tanto estructural como no estructural. | <b>NSR-10, Título A, Capítulo A.3.4, literal (a)</b> .                                                                                                                  |
| <b>Revisión post-sismo (Evaluación de daños)</b> | Según la normativa nacional, después de un evento sísmico se debe realizar un <b>inventario técnico especializado</b> para identificar daños estructurales,                                                                                                                                                 | <b>NSR-10, Título A.10 y Guía Técnica Colombiana para Inspección y Evaluación de</b>                                                                                    |

|                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                  | fisuras, asentamientos u otras patologías que comprometan la estabilidad del edificio.                                                                                                                                                                                                    | <b>Edificaciones Después de un Sismo.</b>                                               |
| <b>Grupo de Ocupación - Protección contra incendios</b>          | Clasificación en el <b>Grupo I, Subgrupo 2</b> , correspondiente a edificaciones de uso <b>institucional</b> , como hospitales, los cuales deben cumplir altos estándares de seguridad humana, evacuación, materiales resistentes al fuego y sistemas activos y pasivos contra incendios. | <b>NSR-10, Capítulo</b><br>Clasificación según ocupación institucional.                 |
| <b>Clasificación por riesgo de pérdidas humanas o combustión</b> | La edificación se clasifica en la <b>Categoría I</b> , Grupo de Ocupación (a), que incluye edificaciones con alto riesgo de pérdida de vidas humanas en caso de incendio o colapso, debido a la presencia de personas vulnerables (pacientes, personal de salud).                         | <b>NSR-10, Capítulo J.3.3</b> ,<br>Riesgo de pérdidas humanas y amenaza por combustión. |

Fuente: Norma Sismorresistente Colombiana de 2010 NSR-10

### Patologías Constructivas en Entornos Marino Tropical

**Tabla 3.**

*Patologías constructivas probables en Guapi*

| Tipo de Patología                     | Causa Específica                                                              | Manifestaciones Visibles                                             |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| <b>PATOLOGÍAS FÍSICAS</b>             |                                                                               |                                                                      |
| <b>Humedad por capilaridad</b>        | Ascenso de agua desde el terreno por succión en muros sin barrera impermeable | Manchas oscuras, eflorescencias, desprendimiento de pintura          |
| <b>Filtraciones</b>                   | Lluvia intensa, goteras, defectos en cubiertas, sellos deteriorados           | Goteo, moho, humedad localizada, daño en techos                      |
| <b>Condensación</b>                   | Diferencia térmica interior-exterior, ventilación deficiente                  | Gotas de agua en superficies, hongos, deterioro de acabados          |
| <b>Fisuras estructurales</b>          | Asentamientos, sobrecargas, errores de diseño                                 | Grietas verticales/horizontales, fracturas en muros o losas          |
| <b>Fisuras superficiales</b>          | Retracción por secado, curado insuficiente, vibrado deficiente                | Grietas delgadas, pérdida estética, entrada de humedad               |
| <b>Desprendimientos</b>               | Humedad interna, falta de adherencia, envejecimiento                          | Caída de pintura, mosaicos, cerámicas, revestimientos                |
| <b>Deformaciones</b>                  | Sobrepeso, vibraciones, asentamientos diferenciales                           | Alabeo de cubiertas, pandeo, hundimiento de losas                    |
| <b>Lesiones térmicas</b>              | Radiación solar, ciclos calor-frío, dilatación térmica                        | Grietas por expansión, abombamientos, deterioro de pinturas          |
| <b>Daños por sismos o vibraciones</b> | Actividad sísmica, tráfico pesado, maquinaria                                 | Fisuras diagonales, separación de elementos, pérdida de verticalidad |
| <b>Erosión superficial</b>            | Lluvias fuertes, escorrentía, viento con partículas                           | Desgaste de superficies, exposición del sustrato, pérdida de textura |
| <b>PATOLOGÍAS BIOLÓGICAS</b>          |                                                                               |                                                                      |
| <b>Ataques biológicos</b>             | Presencia de hongos, bacterias, insectos xilófagos                            | Decoloración, manchas negras, mal olor, deterioro de madera          |
| <b>PATOLOGÍAS QUÍMICAS</b>            |                                                                               |                                                                      |

|                              |                                                                     |                                                                          |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| <b>Corrosión del acero</b>   | Cloruros, humedad alta, carbonatación del concreto                  | Oxidación visible, pérdida de sección, desprendimiento de recubrimientos |
| <b>Carbonatación</b>         | Penetración de CO <sub>2</sub> , pérdida de alcalinidad en concreto | Fisuras finas, pérdida de adherencia, desprotección del acero            |
| <b>Contaminación química</b> | Aerosoles salinos, atmosféricos, gases ácidos                       | Corrosión superficial, cambio de color, desprendimiento                  |

Fuente: Propia basado en la Enciclopedia Broto de Patologías de la Construcción

### Factores de Riesgo

**Tabla 4.**

Factores de riesgo en ambientes marino-tropicales

| <b>Factor de riesgo</b>                                              | <b>Mecanismo de deterioro</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Alta humedad relativa</b>                                         | Cuando el aire contiene mucho vapor de agua, los materiales higroscópicos (como madera, yeso, ciertos aislamientos, pinturas) absorben humedad. Esto favorece la condensación, crecimiento de hongos y moho, proliferación de ácaros. La presencia de niveles freáticos superficiales y humedad permanente en el terreno favorece adicionalmente procesos de ascenso capilar en elementos en contacto con el suelo. |
| <b>Salinidad atmosférica / aerosol marino</b>                        | En ambientes costeros, las brisas llevan aerosoles de agua de mar cargados de sales como cloruros, sulfatos. Estos se depositan sobre superficies, penetran por poros o fisuras, y con humedad favorecen reacciones químicas corrosivas.                                                                                                                                                                            |
| <b>Precipitaciones intensas y frecuentes</b>                         | Lluvias fuertes saturan fachadas, techos, provocan filtraciones, escorrentías, acumulaciones de agua en juntas y encuentros. El impacto físico del agua también erosiona superficies.                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Radiación solar intensa (UV)</b>                                  | La radiación ultravioleta degrada los polímeros, recubrimientos orgánicos, pinturas, membranas de impermeabilización; rompe enlaces químicos, provoca pérdida de pigmento, endurecimiento o agrietamiento.                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Ciclos de humedecimiento / secado</b>                             | Alternancia de periodos en los que los materiales se humedecen (lluvia, rocío, humedad ambiental) y se secan (sol, calor). Estas variaciones provocan movimiento de humedad dentro de los materiales, expansión y contracción mecánica, tensiones internas.                                                                                                                                                         |
| <b>Movimiento térmico y dilataciones</b>                             | Diferencias de temperatura entre día/noche, estaciones; materiales con distintos coeficientes de expansión (madera, metal, hormigón, vidrio). Al calentarse se expanden; al enfriarse se contraen. Si esto no es previsto en diseño (por juntas, dilataciones, tolerancias), se generan esfuerzos internos.                                                                                                         |
| <b>Vientos fuertes, salpicaduras marinas, brisas cargadas de sal</b> | El viento carga partículas de sal marina, aerosoles, agua. Estas partículas impactan sobre las superficies, penetran uniones, recovecos; combinadas con humedad y salinidad promueven corrosión, desgaste físico.                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Uso, sobrecarga, modificaciones no previstas,</b>                 | Cuando un edificio está sometido a cargas superiores a las proyectadas (muebles pesados, equipos, tráfico), o se modifica sin respetar diseño original (cortes, adiciones, demoliciones), y además cuando no se                                                                                                                                                                                                     |

| Factor de riesgo                  | Mecanismo de deterioro                                                                      |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>mantenimiento insuficiente</b> | mantiene adecuadamente (limpieza, revisión de sellos, pintura, protección contra agua/sal). |

Fuente: Propia

Las frecuencias de aplicación propuestas fueron definidas con base en recomendaciones técnicas de fabricantes y fichas técnicas para ambientes marinos tropicales.

## Estrategias de Prevención Y Mantenimiento

Tabla 5.

Alternativas de diseño y materiales con medidas preventivas

| Elemento                      | Problema frecuente                        | Solución de diseño                                                   | Material recomendado                                     | Medida preventiva asociada                     |
|-------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| <b>Cubierta o techo</b>       | Filtraciones por lluvias intensas         | Pendientes $\geq 30^\circ$ , sellado de juntas, canaletas integradas | Lámina zinc-aluminio tipo Ternium o teja plástica PVC UV | Limpieza mensual, sellado anual                |
| <b>Fachadas</b>               | Desgaste por salinidad y radiación solar  | Aleros profundos, orientación protegida, recubrimiento               | Revoques con pintura epóxica marina                      | Lavado semestral, repinte trianual             |
| <b>Pisos de alto tránsito</b> | Desgaste, fisuras, acumulación de humedad | Superficie lisa, pendiente al desagüe, sin juntas abiertas           | Epóxico sanitario o porcelanato antideslizante           | Inspección mensual, reencauche cada 4 años     |
| <b>Elementos metálicos</b>    | Corrosión superficial y estructural       | Protección con esmaltes poliuretánicos o galvanizado                 | Acero inoxidable o hierro galvanizado                    | Revisión trimestral, repinte bianual           |
| <b>Muros interiores</b>       | Humedad por condensación o filtración     | Sistema de ventilación cruzada y materiales hidrófugos               | Bloques con aditivos impermeables, sellador acrílico     | Monitoreo de humedad, mantenimiento semestral  |
| <b>Estructura expuesta</b>    | Carbonatación del concreto                | Recubrimiento mínimo, diseño sin aristas vivas                       | Concreto estructural con recubrimiento $\geq 3$ cm       | Medición anual de pH y resistencia superficial |

Fuente: Propia a partir de Icontec (2020); Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2015)

## Estructura e instalaciones

Tabla 6.

Alternativas técnicas para estructura en hospitales costeros

| Zona / Componente afectado | Patología frecuente               | Solución técnica recomendada                                                            | Frecuencia de revisión | Observaciones clave                                   |
|----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------------------------|
| <b>Cubiertas livianas</b>  | Fisuras, goteras, desprendimiento | Membrana impermeable con geotextil, inclinación $\geq 15^\circ$ , pintura reflectiva UV | Trimestral             | Usar materiales tipo TPO o PVC para mayor durabilidad |

|                                    |                                           |                                                                                          |            |                                                        |
|------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------------------------------------------------------|
| <b>Juntas de dilatación</b>        | Filtraciones, agrietamiento               | Sellador elastoméricos de alto desempeño, refuerzo con cinta geotextil                   | Bimestral  | Evitar uso de cementos rígidos en juntas móviles       |
| <b>Estructuras metálicas</b>       | Corrosión, pérdida de sección             | Acero galvanizado en caliente, pintura epóxico de tres capas, anclajes tratados          | Semestral  | Revisar tornillería y puntos de contacto con humedad   |
| <b>Muros portantes y fachadas</b>  | Grietas verticales u horizontales         | Reparación con mortero polímero, impermeabilizante cementoso y pintura base acrílica     | Trimestral | Priorizar zonas con impacto solar o lluvias constantes |
| <b>Canaletas y bajantes</b>        | Taponamientos, desbordamientos            | Canaletas en PVC sanitario, rejillas con protección contra hojas, revisión de pendientes | Mensual    | Registrar lluvias intensas para inspección preventiva  |
| <b>Cimentaciones superficiales</b> | Saturación por agua, socavaciones         | Sistema de drenaje perimetral con grava y tubo PVC ranurado, sello bituminoso            | Anual      | Verificar con topografía y niveles de napas freáticas  |
| <b>Placas y losas</b>              | Desprendimiento de recubrimiento, humedad | Recubrimiento con capa de mortero reforzado, control de fisuras con fibra                | Semestral  | Sellar uniones y puntos de ingreso de agua             |

Fuente: Propia

## Control de corrosión y humedad

Tabla 7.

Estrategias técnicas para el control de corrosión y humedad

| Componente afectado              | Tipo de afectación común                 | Estrategia técnica preventiva/correctiva                                                      | Frecuencia sugerida | Recomendaciones clave                                      |
|----------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------|
| <b>Perfiles metálicos</b>        | Corrosión superficial y profunda         | Aplicación de pintura epóxico, uso de inhibidores químicos, limpieza con chorro abrasivo      | Semestral           | Evitar contacto directo con suelos o fuentes de agua       |
| <b>Bajantes y canaletas</b>      | Obstrucción, oxidación                   | Revisión de sellos, limpieza mensual, aplicación de anticorrosivo en uniones metálicas        | Mensual             | Instalar rejillas protectoras y revisar caídas de agua     |
| <b>Muros exteriores</b>          | Humedad capilar y fisuras                | Recubrimiento impermeable, inyección de resinas, refuerzo con mortero polimérico              | Trimestral          | Priorizar muros orientados a lluvias dominantes            |
| <b>Cielos rasos y cubiertas</b>  | Condensación y moho                      | Mejora de ventilación, uso de materiales transpirables, control térmico en ductos             | Bimestral           | Verificar puntos de fuga en ductos de aire acondicionado   |
| <b>Pisos y zonas de tránsito</b> | Infiltración por limpieza o filtraciones | Aplicación de selladores hidrófugos, revisión de pendientes, control de expansión por humedad | Semestral           | Capacitar al personal de limpieza en productos compatibles |

|                                   |                            |                                                                                    |            |                                                           |
|-----------------------------------|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------------------------------------------------------|
| <b>Equipos metálicos internos</b> | Corrosión por condensación | Deshumidificadores, limpieza con paños dieléctricos, almacenamiento en zonas secas | Trimestral | Usar fundas protectoras y controlar ventilación en bodega |
|-----------------------------------|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------------------------------------------------------|

Fuente: Propia

## Gestión Preventiva Hospitalaria

### Plan de mantenimiento

La elaboración de un plan de mantenimiento en un entorno hospitalario responde a la necesidad de anticiparse al deterioro progresivo de los sistemas, estructuras y equipos que componen el espacio asistencial, por ello, este tipo de planificación debe considerar la realidad climática y operacional del entorno donde se ubica el hospital, así como las condiciones propias de cada instalación que requiere seguimiento técnico regular, pues no basta con corregir fallas cuando aparecen, sino que resulta indispensable programar actividades de verificación, limpieza, calibración y ajustes en frecuencias realistas, utilizando criterios de priorización y formatos de registro que faciliten el control histórico del estado físico del edificio.

**Tabla 8.**

*Plan de mantenimiento hospitalario*

| Área                                                       | Frecuencia         | Actividades incluidas                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>INFRAESTRUCTURA FÍSICA - ELEMENTOS ESTRUCTURALES</b>    |                    |                                                                                                                                                                                    |
| <b>Vigas de cimentación</b>                                | Anual<br>Semestral | Inspección de fisuras, revisión del recubrimiento de concreto, verificación de juntas o uniones, pruebas de asentamiento, reparación de daños por corrosión del acero de refuerzo. |
| <b>Losa de contrapiso</b>                                  | Anual              | Inspección de integridad superficial (grietas, asentamientos), revisión de juntas de dilatación, limpieza, reparación de zonas hundidas o con desgaste, sellado de fisuras.        |
| <b>Columnas</b>                                            | Anual<br>Semestral | Verificar verticalidad, fisuras, corrosión del acero interno, recubrimiento del concreto, daños por impactos, restauración de recubrimientos protectores.                          |
| <b>Vigas aéreas</b>                                        | Anual Cada 2 años  | Revisión de deformaciones (flechas), conexiones de apoyo, protección anticorrosiva si el acero está expuesto, limpieza, reparación de fisuras.                                     |
| <b>Losas de entrepiso</b>                                  | Anual              | Verificar nivel, grietas, deformaciones, juntas, sellos, integridad del refuerzo si visible, aislamiento acústico si aplica, acabado superficial.                                  |
| <b>Estructura de cubierta</b>                              | Semestral<br>Anual | Revisión de cerchas, correas, estructura de soporte, estado de la cubierta, juntas, impermeabilización, elementos de fijación, protección contra corrosión, sellado.               |
| <b>INFRAESTRUCTURA FÍSICA - ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES</b> |                    |                                                                                                                                                                                    |
| <b>Muros divisorios</b>                                    | Anual              | Revisión de fisuras, estabilidad, sellado de juntas, pintura, limpieza, reparación superficial, ajuste de conexiones con otros elementos.                                          |
| <b>Muros livianos</b>                                      | Anual              | Verificar fijaciones, deformaciones, deterioro de materiales, sellado, limpieza, reemplazo de paneles dañados si aplica.                                                           |

| Área                                                                    | Frecuencia         | Actividades incluidas                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Antepechos</b>                                                       | Anual Cada 2 años  | Revisión de sellos/juntas, estado de barandas, verificación de seguridad, pintura, protección anticorrosiva si aplica.                                                                 |
| <b>Fachadas</b>                                                         | Anual              | Inspección y reparación de revestimientos, limpieza de fachadas, repinte, sellado de juntas, reparación de fisuras, protección frente a salinidad, control de filtraciones.            |
| <b>Redes y estructuras enterradas (tanques, tuberías, conducciones)</b> | Semestral<br>Anual | Inspección de corrosión, prueba de estanqueidad, limpieza interna, revestimientos protectores, reparación de fisuras o pérdidas, verificación estructural, monitoreo de asentamientos. |

Fuente: Propia

**Tabla 9.**

Asignación de responsables

| Elemento                                                   | Frecuencia         | Actividades incluidas                                                                            | Profesional responsable   | Supervisión          |
|------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|----------------------|
| <b>INFRAESTRUCTURA FÍSICA - ELEMENTOS ESTRUCTURALES</b>    |                    |                                                                                                  |                           |                      |
| <b>Vigas de cimentación</b>                                | Anual<br>Semestral | Inspección de fisuras, revisión del recubrimiento de concreto, verificación de juntas, corrosión | Auxiliar de mantenimiento | Ingeniero operativo  |
| <b>Losa de contrapiso</b>                                  | Anual              | Inspección superficial, fisuras, juntas, limpieza, reparación de hundimientos                    | Auxiliar de mantenimiento | Ingeniero operativo  |
| <b>Columnas</b>                                            | Anual<br>Semestral | Verificar verticalidad, fisuras, recubrimiento, daños por impacto                                | Auxiliar de mantenimiento | Ingeniero operativo  |
| <b>Vigas aéreas</b>                                        | Anual Cada 2 años  | Revisión de deformaciones, conexiones, protección anticorrosiva, reparación de fisuras           | Auxiliar de mantenimiento | Ingeniero operativo  |
| <b>Losas de entrepiso</b>                                  | Anual              | Verificar nivel, grietas, juntas, sellos, integridad del refuerzo,                               | Auxiliar de mantenimiento | Ingeniero operativo  |
| <b>Estructura de cubierta</b>                              | Semestral<br>Anual | Revisión de cerchas, correas, fijaciones, impermeabilización, protección anticorrosiva           | Auxiliar de mantenimiento | ingeniero operativo  |
| <b>INFRAESTRUCTURA FÍSICA - ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES</b> |                    |                                                                                                  |                           |                      |
| <b>Muros divisorios</b>                                    | Anual              | Revisión de fisuras, estabilidad, sellado, pintura, reparación superficial                       | Auxiliar de mantenimiento | Profesional de apoyo |
| <b>Muros livianos</b>                                      | Anual              | Verificar fijaciones, deformaciones, deterioro, sellado, limpieza, reemplazo de paneles          | Auxiliar de mantenimiento | Profesional de apoyo |

| <b>Antepechos</b> | Anual Cada 2 años | Revisión de sellos/juntas, barandas, seguridad, pintura, protección anticorrosiva | Auxiliar de mantenimiento | Profesional de apoyo                       |
|-------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------------|
| <b>Fachadas</b>   | Anual             | Limpieza de fachadas, reparación de revestimientos, repinte, sellado de juntas,   | Auxiliar de mantenimiento | Profesional de apoyo / ingeniero operativo |

Fuente: Propia

### Protocolos de inspección

El protocolo de inspección técnica hospitalaria establece un procedimiento sistemático y periódico para identificar, registrar y anticipar patologías en la infraestructura, considerando condiciones agresivas como humedad, salinidad y desgaste operativo. Se realizan inspecciones en zonas críticas como cubiertas, muros, sistemas eléctricos y equipos metálicos.

Cada evaluación se documenta en formatos codificados que incluyen estado, nivel de riesgo y acciones recomendadas, alimentando una bitácora para analizar patrones de deterioro. Se emplean herramientas técnicas y se garantiza trazabilidad mediante registros estandarizados. Además, se contempla la capacitación del personal.

El protocolo incluye lineamientos para inspecciones ante eventos como incendios, fugas, explosiones y sismos, priorizando la seguridad y la documentación técnica de los daños.

Finalmente, se definen responsables, registros de evidencia y periodicidades de inspección (diaria a anual), asegurando un monitoreo continuo y eficiente del estado de la infraestructura hospitalaria. Para sistematizar las inspecciones, se tiene formato general para las siguientes zonas del hospital:

**Tabla 11**

*Zonificación del hospital de Guapi*

| <b>Piso - Área</b>               | <b>Elementos a inspeccionar</b>                                                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Piso 1 – Urgencias</b>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Losas, vigas y columnas (fisuras, deformaciones)</li> <li>- Muros-tabiques (grietas, humedades)</li> <li>- Juntas</li> <li>- Cielorrasos (desprendimientos, manchas)</li> </ul>               |
| <b>Piso 1 – Consulta Externa</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fachadas muros exteriores (fisuras, asentamientos)</li> <li>- Ventanas puertas (marcos, sellos)</li> <li>- Losas, vigas y columnas (fisuras, deformaciones)</li> <li>- Cielorrasos</li> </ul> |
| <b>Piso 1 –Imagenología</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Piso entrepiso (nivelación, asentamientos)</li> <li>- Muros ligeros</li> <li>- Techos cielorrasos</li> </ul>                                                                                  |

| Piso - Área                     | Elementos a inspeccionar                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Piso 1 – Farmacia</b>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pisos (fisuras, desniveles)</li> <li>- Losas, vigas y columnas (fisuras, deformaciones)</li> <li>- Acabados interiores (manchas, sellos deteriorados)</li> </ul>                  |
| <b>Piso 1 – Quirófanos</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Losas, vigas y columnas (fisuras, deformaciones)</li> <li>- Muros pilares (grietas)</li> <li>- Cielorrasos</li> </ul>                                                             |
| <b>Piso 1 – Obstetricia</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Muros</li> <li>- Losas, vigas y columnas (fisuras, deformaciones)</li> <li>- Cielorrasos</li> <li>- Humedades - deformaciones</li> <li>- Sellos deteriorados</li> </ul>           |
| <b>Piso 1 – Esterilización</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Losas, vigas y columnas (fisuras, deformaciones)</li> <li>- Techos cielorrasos (desprendimientos)</li> <li>- Uniones y sellos</li> <li>- Revestimientos</li> </ul>                |
| <b>Piso 2 – Laboratorio</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Losas, vigas y columnas (fisuras, deformaciones)</li> <li>- Muros particiones</li> </ul>                                                                                          |
| <b>Piso 2 – Hospitalización</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Losas, vigas y columnas (fisuras, deformaciones)</li> <li>- Muros internos externos</li> <li>- Pisos y acabados</li> <li>- Cielorrasos</li> <li>- Juntas estructurales</li> </ul> |

Fuente: Propia

**Tabla 12.**

Formato de recolección de información

|                                                                                     |                         |         |      |                                         |                 |                                        |                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------|------|-----------------------------------------|-----------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|
|  |                         |         |      | HOSPITAL DE GUAPI E.S.E.                |                 | CÓD: For-02                            |                                         |
|                                                                                     |                         |         |      | FORMATO DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACION |                 | Elaboración 18-09-2025                 |                                         |
|                                                                                     |                         |         |      |                                         |                 | VERSIÓN: 01                            |                                         |
| INSPECCIÓN DE PLANTA FÍSICA                                                         |                         |         |      |                                         |                 |                                        |                                         |
| Marcar con una X                                                                    | 1                       | 2       | C    | Marcar con una X la ubicación           | PISO 1          | Urgencias                              |                                         |
| Ubicación PISO                                                                      |                         |         |      |                                         | PISO 1          | Consulta Externa                       |                                         |
| No. DE INSPECCIÓN                                                                   |                         |         |      |                                         | PISO 1          | Imagenología                           |                                         |
| Fecha inspección                                                                    |                         |         |      |                                         | PISO 1          | Farmacia                               |                                         |
| Descripción general de la inspección                                                |                         |         |      |                                         | PISO 1          | Quirófanos                             |                                         |
|                                                                                     |                         |         |      |                                         | PISO 1          | Obstetricia                            |                                         |
|                                                                                     |                         |         |      |                                         | PISO 1          | Esterilización                         |                                         |
|                                                                                     |                         |         |      | PISO 2                                  | Laboratorio     |                                        |                                         |
|                                                                                     |                         |         |      | PISO 2                                  | Hospitalización |                                        |                                         |
| ELEMENTO (Marque con una X el elemento del cual se recoge la información)           | ESTADO MARCAR CON UNA X |         |      | SE REQUIERE MANTENIMIENTO CORRECTIVO    |                 | DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INSPECCION | REGISTRO FOTOGRAFICO UBICACIÓN EN CAMPO |
|                                                                                     | BUENO                   | REGULAR | MALA | SI                                      | NO              |                                        |                                         |
| INFRAESTRUCTURA FISICA - ELEMENTOS ESTRUCTURALES                                    |                         |         |      |                                         |                 |                                        |                                         |

|                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Vigas de Cimentación                                       |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Losa de contrapiso                                         |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Columnas                                                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Vigas aéreas                                               |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Losas de entrapiso                                         |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Estructura de Cubierta                                     |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>INFRAESTRUCTURA FISICA - ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES</b> |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Muros divisorios                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Muros livianos                                             |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Antepechos                                                 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Cielo Rasos                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Carpintera                                                 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| FIRMA DEL INSPECTOR                                        |  |  |  |  |  |  |  |  |

*Nota: Formato de recolección de la información, para infraestructura hospitalaria Fuente Propia*

Previo a la aplicación de productos de reparación, protección o impermeabilización, se recomienda realizar ensayos de patología y compatibilidad de materiales, cuyos resultados deberán ser interpretados por un especialista responsable. Esta evaluación permite garantizar que los productos seleccionados sean compatibles con las condiciones físicas, químicas y mecánicas del elemento intervenido, evitando fallas prematuras, pérdida de adherencia, reacciones adversas y posibles aceleraciones de los procesos de deterioro. De esta manera, se asegura una intervención técnicamente adecuada y una mayor durabilidad de las reparaciones en ambientes marino-tropicales.

**Tabla 12.**

*Formato de inspección por zonas*

| Formato de Inspección aplicable a las zonas del hospital |                                                                   |                                                                                                        |                                            |                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Código del formato: For-01</b>                        |                                                                   |                                                                                                        | <b>Área inspeccionar:</b>                  | <b>Urgencias</b>                                                                                 |
| Fecha de inspección:                                     |                                                                   |                                                                                                        | Responsable:                               |                                                                                                  |
| <b>Criterios de inspección</b>                           | <b>Método de verificación</b>                                     | <b>Estado actual</b>                                                                                   | <b>Acciones requeridas y Observaciones</b> | <b>Nivel de riesgo</b>                                                                           |
| Filtraciones en juntas o bajantes                        | Observación directa tras lluvia                                   | <input type="checkbox"/> Bueno<br><input type="checkbox"/> Regular<br><input type="checkbox"/> Crítico |                                            | <input type="checkbox"/> Bajo<br><input type="checkbox"/> Medio<br><input type="checkbox"/> Alto |
| Oxidación                                                | Linterna técnica / revisión fotográfica                           | <input type="checkbox"/> Bueno<br><input type="checkbox"/> Regular<br><input type="checkbox"/> Crítico |                                            | <input type="checkbox"/> Bajo<br><input type="checkbox"/> Medio<br><input type="checkbox"/> Alto |
| Obstrucción de canaletas                                 | Prueba de flujo con agua                                          | <input type="checkbox"/> Bueno<br><input type="checkbox"/> Regular<br><input type="checkbox"/> Crítico |                                            | <input type="checkbox"/> Bajo<br><input type="checkbox"/> Medio<br><input type="checkbox"/> Alto |
| Desprendimiento de recubrimientos                        | Observación visual                                                | <input type="checkbox"/> Bueno<br><input type="checkbox"/> Regular<br><input type="checkbox"/> Crítico |                                            | <input type="checkbox"/> Bajo<br><input type="checkbox"/> Medio<br><input type="checkbox"/> Alto |
| Fisuras en losas – vigas-Muros – Columnas                | Observación visual con lupa / linterna en condiciones controladas | <input type="checkbox"/> Bueno                                                                         |                                            | <input type="checkbox"/> Bajo<br><input type="checkbox"/> Medio                                  |

|                                                   |                                                                               |                                                                                                        |  |                                                                                                  |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                   |                                                                               | <input type="checkbox"/> Regular<br><input type="checkbox"/> Crítico                                   |  | <input type="checkbox"/> Alto                                                                    |
| Deformaciones hundimientos                        | Medición nivelada con nivel láser o nivel óptico                              | <input type="checkbox"/> Bueno<br><input type="checkbox"/> Regular<br><input type="checkbox"/> Crítico |  | <input type="checkbox"/> Bajo<br><input type="checkbox"/> Medio<br><input type="checkbox"/> Alto |
| Desprendimientos de recubrimientos revestimientos | Inspección visual y toque manual ligero                                       | <input type="checkbox"/> Bueno<br><input type="checkbox"/> Regular<br><input type="checkbox"/> Crítico |  | <input type="checkbox"/> Bajo<br><input type="checkbox"/> Medio<br><input type="checkbox"/> Alto |
| Humedades en muros filtraciones                   | Prueba de humedad con higrómetro o medidor eléctrico + observación de manchas | <input type="checkbox"/> Bueno<br><input type="checkbox"/> Regular<br><input type="checkbox"/> Crítico |  | <input type="checkbox"/> Bajo<br><input type="checkbox"/> Medio<br><input type="checkbox"/> Alto |
| Juntas de dilatación dañadas                      | Inspección visual de continuidad y sellos                                     | <input type="checkbox"/> Bueno<br><input type="checkbox"/> Regular<br><input type="checkbox"/> Crítico |  | <input type="checkbox"/> Bajo<br><input type="checkbox"/> Medio<br><input type="checkbox"/> Alto |
| Desprendimiento de cielorrasos-falso techo        | Observación visual, revisión de fijaciones visibles, toque ligero             | <input type="checkbox"/> Bueno<br><input type="checkbox"/> Regular<br><input type="checkbox"/> Crítico |  | <input type="checkbox"/> Bajo<br><input type="checkbox"/> Medio<br><input type="checkbox"/> Alto |
| Inclinación - asentamiento perceptible en pisos   | Medición con regla recta, nivelación puntual, comparación                     | <input type="checkbox"/> Bueno<br><input type="checkbox"/> Regular<br><input type="checkbox"/> Crítico |  | <input type="checkbox"/> Bajo<br><input type="checkbox"/> Medio<br><input type="checkbox"/> Alto |

Nota: Formato de recolección de la información, para infraestructura hospitalaria Fuente Propia

## Fichas técnicas de registros fotográficos.

Tabla 13.

Formato de ficha Técnica

| FICHA TECNICA PARA LA PLANTA FISICA HOSPITALARIA |                      |                                   |                                        |
|--------------------------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|
|                                                  |                      | <b>Código</b>                     | <b>For-03</b>                          |
| <b>Profesional a cargo</b>                       |                      | <b>FICHA PATOLOGIA</b>            | <b>01</b>                              |
| <b>HOSPITAL GUAPI E.S.E.</b>                     |                      |                                   |                                        |
| <b>Departamento</b>                              |                      | <b>Elemento</b>                   |                                        |
| <b>Ciudad</b>                                    |                      | <b>Ubicación</b>                  |                                        |
| <b>Fecha</b>                                     |                      | <b>Materiales</b>                 |                                        |
| <b>PLANTA GENERAL - PLANIMETRIA-UBICACION</b>    |                      |                                   |                                        |
| <b>DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL HALLAZGO:</b>       |                      |                                   |                                        |
| <b>VALORACION VISUAL – MARCAR CON UNA X</b>      |                      | <b>FOTOGRAFIAS – INSERTE AQUÍ</b> |                                        |
| <b>AFECTACION DE DAÑOS</b>                       | <b>SEGURIDAD</b>     |                                   | <b>FOTO 1</b> _____ Descripción. _____ |
|                                                  | <b>FUNCIONALIDAD</b> |                                   |                                        |
|                                                  | <b>ASPECTO</b>       |                                   |                                        |
| <b>NIVEL DE RECUPERACION</b>                     | <b>IMPRESINDIBLE</b> |                                   | <b>FOTO 2</b> _____ Descripción. _____ |
|                                                  | <b>NECESARIA</b>     |                                   |                                        |
|                                                  | <b>CONVENIENTE</b>   |                                   |                                        |
| <b>NIVEL DE DAÑOS</b>                            | <b>LEVE</b>          |                                   |                                        |
|                                                  | <b>MODERADO</b>      |                                   |                                        |

|                                 |  |                                 |
|---------------------------------|--|---------------------------------|
| <b>SEVERO</b>                   |  | FOTO 3 _____ Descripción. _____ |
| <b>LESIONES ENCONTRADAS</b>     |  |                                 |
| <b>HUMEDAD</b>                  |  |                                 |
| <b>MANCHAS</b>                  |  |                                 |
| <b>GRIETAS</b>                  |  |                                 |
| <b>FISURAS</b>                  |  |                                 |
| <b>PERDIDA DE MATERIAL</b>      |  |                                 |
| <b>ASENTAMIENTOS</b>            |  |                                 |
| <b>EXPOSICION DE ACERO</b>      |  |                                 |
| <b>CORROSION DE LA ARMADURA</b> |  |                                 |

Nota: Formato de ficha técnica, para infraestructura hospitalaria Fuente Propia

**Tabla 14.**

Formato plan de reporte y toma de decisiones

|                                                                                   |  |  |  |                                                                                            |  |                           |  |                                                   |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------|--|---------------------------------------------------|--|
|  |  |  |  | <b>HOSPITAL DE GUAPI E.S.E.</b>                                                            |  | <b>CÓDIGO:</b>            |  |                                                   |  |
|                                                                                   |  |  |  | <b>PLAN DE MANTENIMIENTO HOSPITALARIO<br/>FORMATO DE TOMA DE DECISIONES E INTERVENCION</b> |  |                           |  | <b>FECHA EMISIÓN:</b><br>26 de septiembre de 2025 |  |
|                                                                                   |  |  |  |                                                                                            |  |                           |  | <b>VERSIÓN: 01</b>                                |  |
| <b>LOGO</b>                                                                       |  |  |  | <b>ORDEN DE TRABAJO</b>                                                                    |  | <b>LOGO</b>               |  |                                                   |  |
|                                                                                   |  |  |  | FR-PML-Vs 1                                                                                |  |                           |  |                                                   |  |
| <b>No. DE ORDEN</b>                                                               |  |  |  | <b>FECHA SOLICITUD</b>                                                                     |  |                           |  |                                                   |  |
| <b>TIPO SOLICITUD</b>                                                             |  |  |  |                                                                                            |  |                           |  |                                                   |  |
| <b>Cual:</b>                                                                      |  |  |  |                                                                                            |  |                           |  |                                                   |  |
| <b>ACTIVIDAD SOLICITADA</b>                                                       |  |  |  |                                                                                            |  | <b>NIVEL DE PRIORIDAD</b> |  |                                                   |  |
|                                                                                   |  |  |  |                                                                                            |  | ALTA                      |  |                                                   |  |
|                                                                                   |  |  |  |                                                                                            |  | MEDIA                     |  |                                                   |  |
|                                                                                   |  |  |  |                                                                                            |  | BAJA                      |  |                                                   |  |
|                                                                                   |  |  |  |                                                                                            |  | <b>PEDIDO</b>             |  |                                                   |  |
| <b>PERSONAL</b>                                                                   |  |  |  |                                                                                            |  | <b>ASIGNADO A:</b>        |  |                                                   |  |
| <b>PROPIO</b>                                                                     |  |  |  | <b>CONTRATADO</b>                                                                          |  |                           |  |                                                   |  |
| <b>CLASIFICACIÓN</b>                                                              |  |  |  |                                                                                            |  |                           |  |                                                   |  |
|                                                                                   |  |  |  |                                                                                            |  |                           |  |                                                   |  |
| <b>TIPO DE ACTIVIDAD</b>                                                          |  |  |  |                                                                                            |  |                           |  |                                                   |  |
|                                                                                   |  |  |  |                                                                                            |  |                           |  |                                                   |  |
| <b>QUIEN REALIZA</b>                                                              |  |  |  | <b>SELLO VTO Vo.Bo.</b>                                                                    |  | <b>QUIEN RECIBE</b>       |  |                                                   |  |
| FIRMA:                                                                            |  |  |  |                                                                                            |  | FIRMA:                    |  |                                                   |  |

|         |  |         |
|---------|--|---------|
|         |  |         |
| Nombre: |  | Nombre: |
| Cargo:  |  | Cargo:  |

*Nota: Formato de reporte y toma de decisiones, para infraestructura hospitalaria. Fuente Propia*

### Indicadores Y Evaluación

El diseño de indicadores permite evaluar de manera objetiva, medible y periódica el desempeño del mantenimiento hospitalario. Se propone una clasificación en dos tipos: indicadores de gestión, relacionados con el cumplimiento de actividades (como frecuencia de inspecciones y ejecución de mantenimiento preventivo), e indicadores de resultado, enfocados en los efectos obtenidos (como reducción de fallas, tiempos de respuesta y mejora en condiciones estructurales). Esta diferenciación facilita el análisis del desempeño y la toma de decisiones basada en datos, evitando depender de apreciaciones subjetivas.

Para su implementación, se recomienda el uso de herramientas digitales simples como hojas de cálculo automatizadas o formularios conectados a bases de datos, que permitan registrar información en tiempo real, generar alertas tempranas y visualizar tendencias mediante tableros de control. Este enfoque mejora la eficiencia operativa, reduce la carga administrativa y fortalece la capacidad institucional para anticipar y gestionar riesgos estructurales y ambientales.

**Tabla 15.**

*Indicadores y Evaluación - Gestión Preventiva Hospitalaria*

| Código        | Indicador                                   | Tipo      | Fórmula de cálculo                                                                                              | Frecuencia de medición | Interpretación esperada                                       |
|---------------|---------------------------------------------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------|
| <b>IND-01</b> | Frecuencia de inspecciones realizadas       | Gestión   | $(N^{\circ} \text{ de inspecciones realizadas} / N^{\circ} \text{ de inspecciones programadas}) \times 100$     | Mensual                | Evalúa si se están cumpliendo las inspecciones establecidas.  |
| <b>IND-02</b> | Nivel de ejecución del plan preventivo      | Gestión   | $(N^{\circ} \text{ de acciones ejecutadas} / N^{\circ} \text{ de acciones previstas}) \times 100$               | Trimestral             | Mide el cumplimiento del plan de mantenimiento.               |
| <b>IND-03</b> | Reducción de patologías constructivas       | Resultado | $((N^{\circ} \text{ inicial} - N^{\circ} \text{ actual de patologías}) / N^{\circ} \text{ inicial}) \times 100$ | Semestral              | Refleja la efectividad de la intervención preventiva.         |
| <b>IND-04</b> | Tiempo promedio de respuesta ante hallazgos | Resultado | $\Sigma \text{ tiempo de respuesta} / N^{\circ} \text{ de hallazgos registrados}$                               | Trimestral             | Indica agilidad en la gestión de hallazgos.                   |
| <b>IND-05</b> | Porcentaje de hallazgos recurrentes         | Resultado | $(N^{\circ} \text{ de hallazgos repetidos} / \text{Total de hallazgos}) \times 100$                             | Anual                  | Detecta fallas que no han sido corregidas de manera efectiva. |

*Nota: Indicadores. Fuente Propia*