

*Universidad de Matanzas Sede “Camilo Cienfuegos”*

*Facultad de Ciencias Técnicas*

*Departamento de construcciones*



**Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Civil**

**Evaluación técnico-constructiva y propuestas de acciones para un Programa de Intervención Constructiva en el Campismo Popular Canímar Abajo de la Ciudad de Matanzas**

**Autor: Alberto Jesús Roque Daniel**

**Tutor(es): DrC. Juan Alfredo Cabrera Hernández**

**Ing. Dariel Soto Portillo**

*Matanzas, 2020*

## **PENSAMIENTO**

**NUNCA CONSIDERES EL ESTUDIO COMO UN DEBER, SINO COMO UNA OPORTUNIDAD PARA PENETRAR EN EL MARAVILLOSO MUNDO DEL SABER.**

**ALBERT EINSTEIN (1879-1955) FÍSICO ALEMÁN.**

## **DECLARACIÓN DE AUTORIDAD**

Por medio de la presente declare que Alberto Jesús Roque Daniel soy el único autor de este trabajo de diploma y, en calidad de tal, autorizo a la Universidad de Matanzas a darle el uso que estime más conveniente.

## NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### **Miembros del Tribunal:**

---

**Presidente**

**Secretario**

**Vocal**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi mamá Mary y mi papá Jesús por su constancia, ejemplo, dedicación, por todos los consejos, la guía que han sido siempre para mí y el apoyo que siempre me han dado para convertirme en profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a mis padres por ser faro y guía en mi vida y apoyarme durante toda mi vida, a mi hermano por ser inspiración constante, a mis abuelos por sus sabios consejos, a mi novia por apoyarme y ayudarme tanto, a mis profesores que tanto aportaron a mi formación profesional, a mis amigos que siempre están ahí.

Quiero dar un agradecimiento muy especial a mi tutor DrC. Juan Alfredo Cabrera Hernández por su tiempo, dedicación y por ser mi luz guía durante todo este proceso.

## RESUMEN

Las Bases de Campismo Popular constituyen una modalidad recreativa y turística muy extendida en Cuba, y para los ingenieros civiles representan un tipo particular de construcciones que deben ser consideradas en su quehacer profesional. El presente Trabajo de Diploma se enmarca en esa línea de actividad y tiene como objetivo fundamental realizar una evaluación técnico-constructiva en el Campismo Popular Canímar Abajo de la Ciudad de Matanzas, el cual se encuentra en plena zona costera del litoral norte de la provincia de Matanzas, y localizado en la desembocadura del río Canímar, por lo que está sometida a la influencia del ambiente agresivo costero, y por ello presenta lesiones directamente relacionadas con dicho medio altamente corrosivo. En el desarrollo del mismo se emplearon diferentes métodos de investigación, tanto teóricos como empíricos, como son: revisión bibliográfica, observación y levantamiento de campo, análisis de material fotográfico e imágenes satelitales y el análisis de las condiciones físico-geográficas y ambientales, entre otros, todo lo cual permitió llegar a los resultados, principalmente detectar diferentes lesiones en las edificaciones de la instalación que fueron estudiadas y de igual forma establecer las posibles causas que provocan dichas lesiones y propuestas de acciones para la solución de las mismas. Se contribuye a la implementación del plan de intervención con el fin de mejorar el estado actual de la instalación y poder brindar un mejor servicio a los clientes de la misma y una mayor calidad y gestión de trabajo.

**Palabras claves:** agresividad corrosiva, cambio climático; campismo; lesiones; acciones constructivas.

## **ABSTRACT**

The Popular Camping Bases are a very widespread recreational and tourist modality in Cuba, and for civil engineers they represent a particular type of construction that must be considered in their professional activities. The present Diploma Work is part of this line of activity and its main objective is to carry out a technical-constructive evaluation in the Canímar Abajo Popular Campism in the City of Matanzas, which is located in the middle of the coastal area of the north coast of the province of Matanzas, and located at the mouth of the Canímar river, which is why it is subject to the influence of the aggressive coastal environment, and therefore presents injuries directly related to this highly corrosive environment. In its development, different research methods were used, both theoretical and empirical, such as: bibliographic review, field observation and survey, analysis of photographic material and satellite images, and analysis of physical, geographic and environmental conditions, among others. , all of which allowed the results to be obtained, mainly to detect different injuries in the buildings of the facility that were studied and, in the same way, to establish the possible causes that cause said injuries and to propose actions for their solution. It contributes to the implementation of the intervention plan in order to improve the current state of the facility and be able to provide a better service to its customers and a higher quality and work management.

Key words: corrosive aggressiveness, climate change; camping injuries; constructive actions.



## TABLA DE CONTENIDO

### CONTENIDO

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| Introducción .....   | 7                                    |
| Capítulo 1 Propuesta de acciones concretas para un programa de intervención constructiva en Campismo Popular. Bases conceptuales ..... | 14                                   |
| 1.1- Conceptos de Zona Costera, Cambio Climático y Tarea Vida .....  | 14                                   |
| 1.2-Limitación de la zona costera y agresividad corrosiva de la atmosfera en toda la zona costera de Cuba y de Matanzas. ....          | 19                                   |
| 1.3-Edificaciones costeras en Cuba y Matanzas .....  | 24                                   |
| 1.4- El hormigón como principal material de construcción y su comportamiento ante un ambiente costero agresivo.....                    | 27                                   |
| 1.5-Las patologías en edificaciones y su origen. Conceptos. ....   | 35                                   |
| Conclusiones Parciales.....  | 40                                   |
| Capítulo 2 Alcance Espacial y Fundamentos Metodológicos de la Investigación .....  | 41                                   |
| 2.1 -Secuencia metodológica de la investigación .....  | 41                                   |
| Fase 1: Análisis Previo.....   | 42                                   |
| Fase 3: Caracterización. ....  | 44                                   |
| Fase 4: Diagnóstico y evaluación del caso de estudio. ....   | 44                                   |
| Fase 5: Propuestas de la investigación.....  | 50                                   |
| 2.2-Métodos utilizados en la investigación.....  | 51                                   |
| 2.2.1-Métodos del nivel teórico .....  | 51                                   |
| 2.2.2-Métodos empíricos. ....  | 52                                   |
| 2.3-Characterización general de la zona de trabajo y del objeto de estudio. ....   | 54                                   |
| Conclusiones Parciales: .....  | 65                                   |
| Aplicación parcial y resultados preliminares .....   | 66                                   |
| Diagnóstico constructivo de la Base de Campismo .....  | 66                                   |
| Propuesta de acciones a acometer.....  | 69                                   |
| Conclusiones .....   | 76                                   |
| Recomendaciones .....  | 77                                   |
| Referencias Bibliográficas .....   | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |

## INTRODUCCIÓN

El Campismo en Cuba es una oferta recreativa, con 39 años de experiencia, que surge en Pinar del Río, en mayo de 1981, y desde sus inicios ofrece como principales opciones: descubrir, disfrutar y proteger la Naturaleza; admirar la amplia diversidad de la flora y la fauna cubanas; contemplar paisajes de alto valor geográfico; descansar en un ambiente natural y sano; y conocer los valores históricos-culturales que rodean a más de 92 instalaciones, 4 villas internacionales y un Parque Turístico, que posee el Grupo Empresarial Campismo Popular en entornos naturales de nuestra isla, contribuyendo a la formación de una Cultura de la Naturaleza y destinadas fundamentalmente al Turismo nacional y al internacional.

El Campismo es una modalidad turística muy practicada en el mundo desde finales de la Segunda Guerra Mundial, cuando se pusieron a disposición de los amantes de la recreación al aire libre, gran cantidad de tiendas de lona, cantimploras y otros medios. En Cuba no se había desarrollado una práctica masiva, aunque varias organizaciones, grupos de estudiantes e individuos de la población, propiciaban un acercamiento a los valores del entorno, aprovechando libremente las bondades del clima y el paisaje en general.

En septiembre de 1959, mientras recorría la Hacienda Cortina, hoy Parque Nacional de La Güira en la Sierra de los Órganos en Pinar del Río, provincia privilegiada por su Naturaleza, el Comandante en Jefe Fidel Castro fue impactado por la belleza de aquel entorno, y entonces sugirió la idea de extender por valles, playas y montañas, una forma de alojamiento y disfrute al alcance de todos los cubanos.

Esta idea no se pudo materializar de inmediato debido a que los esfuerzos de la naciente Revolución se enfocaron en el alcance y consolidación de muchos objetivos. En abril de 1981, veintidós años después, se dieron los primeros pasos, bajo la propia orientación del Comandante en Jefe, para organizar un plan masivo de acercamiento del pueblo a la Naturaleza, mediante la recreación. Así surge la idea del Campismo Popular, como una vía saludable de garantizar las vacaciones del pueblo trabajador.

En los últimos años el Campismo Popular sigue siendo una de las ofertas preferidas por el pueblo cubano en cuanto a recreación se refiere, es por ello que mantener las bases de campismos en un estado técnico-constructivo óptimo es una prioridad del Grupo Empresarial Campismo Popular para de esta forma poder brindar un mejor servicio a sus clientes en cuanto a confort y seguridad.

Debido a lo anteriormente planteado la siguiente investigación plantea como **situación problemática** las dificultades relacionadas con la planificación, organización y sistematización de acciones de mantenimiento y conservación de las bases de Campismo Popular de la provincia y la ausencia de un programa de intervención constructiva ha conllevado al deterioro actual del estado constructivo de numerosas instalaciones de este tipo.

Esta situación problemática resulta más compleja y necesaria de resolver debido a que en su gran mayoría están situados en Zonas Costeras y por esta razón reciben una mayor influencia Climático-Ambiental proveniente del mar y el ecosistema agresivo que va acompañado a este. Tal es el caso de la base de Campismo Canímar Abajo donde se ha constatado por los directivos y en las visitas realizadas por el autor la acumulación de problemas típicos de la falta de mantenimiento constructivo y el consecuente avance de patologías que van creando un incremento del deterioro de la instalación. Ello permite definir el siguiente problema científico.

**Problema científico:** ¿Cómo diagnosticar e identificar acciones concretas para la conformación de un programa de intervención constructiva para una instalación costera, específicamente el Campismo Popular Canímar Abajo (de la ciudad de Matanzas) para conocer y contrarrestar su grado de deterioro?

El **objeto de estudio** de la investigación aborda los tipos de intervención constructiva que se determinan a partir de un análisis del estado técnico constructivo y que tiene como **campo de acción** el Campismo Popular Canímar Abajo, una instalación ubicada en la desembocadura del Rio Canímar de la Ciudad de Matanzas.

**Hipótesis:** Si se efectúa un diagnóstico integral de las instalaciones que constituyen el objeto de la investigación (Campismo Popular Canímar Abajo), entonces es posible contribuir a proponer acciones concretas de recuperación y mantenimiento que puedan ser incorporadas al programa de intervención constructiva, en función de contrarrestar la situación actual de creciente deterioro constructivo.

**Objetivo General:** Realizar una evaluación Técnico-Constructiva del Campismo Popular Canímar Abajo que facilite la identificación de acciones concretas como parte del programa de intervención constructiva en dicha instalación.

**Objetivos específicos:**

1. Argumentar teóricamente la problemática relacionada a la conservación y mantenimiento constructivo de las edificaciones, específicamente las ubicadas en las desembocaduras fluviales de la Ciudad de Matanzas.
2. Conformar un procedimiento para poder realizar un diagnóstico de la problemática actual presente en el Campismo Popular Canímar Abajo ubicado en la desembocadura del Rio Canímar de la Ciudad de Matanzas.
3. Proponer acciones concretas de recuperación y mantenimiento que puedan ser incorporadas al programa de intervención constructiva, en función de contrarrestar la situación actual de creciente deterioro constructivo.

**Operacionalidad de las variables relevantes:**

Variable independiente: Estado técnico-constructivo del Campismo Popular Canímar Abajo, una edificación ubicada en la desembocadura del Rio Canímar de la Ciudad de Matanzas.

Variable dependiente: Tipo de intervención constructiva.

### **Tareas principales de la investigación:**

- Revisión de la panorámica actual de la conservación y mantenimiento de las edificaciones de Matanzas y en particular de las instalaciones de las bases de campismo en Cuba y Matanzas.
- Estudio previo de diversas metodologías y conformación de un procedimiento para la evaluación preliminar del estado técnico constructivo de una instalación de Campismo Popular en la zona costera en la Ciudad de Matanzas.
- Análisis y caracterización del estado constructivo del Campismo Popular Canímar Abajo, como una instalación costera en la Ciudad de Matanzas.
- Determinación y propuesta de acciones concretas de recuperación y mantenimiento que puedan ser incorporadas al programa de intervención constructiva en el Campismo Popular Canímar Abajo en función de contrarrestar la situación actual de creciente deterioro constructivo.
- **Métodos científicos:**

Para desarrollar la presente investigación se emplearon diferentes métodos científicos, tanto teóricos como empíricos.

Entre los métodos teóricos del conocimiento se destacan los siguientes:

- Método histórico- lógico: se emplearán en el estudio del estado técnico constructivo de una instalación ubicada en la desembocadura del Río Canímar de la Ciudad de Matanzas. Este método también permitirá el estudio específico del surgimiento y evolución de la instalación objeto de estudio.
- Método analítico sintético: para el procesamiento de las fuentes de información a fin de determinar los criterios relacionados con el problema de la investigación.
- Inducción - Deducción: se aplicará para generalizar los aspectos más relevantes obtenidos a partir de la documentación científico-técnica y de proyectos para definir modelos e implementar investigaciones ingenieras aplicadas.

Con respecto a los métodos empíricos sobresalen los siguientes:

- Método de estudio documental: se utilizará para la revisión de documentos en diversos formatos relacionados con los temas de la intervención constructiva y el estado técnico constructivo de los inmuebles. También se aplicará en la búsqueda de información sobre la instalación caso de estudio.
- Interpretación de planos e imágenes: se utilizará para ampliar la información de la ciudad de Matanzas y de la instalación objeto de la investigación.
- Observación directa y levantamiento de campo: permitirá detectar las lesiones existentes en cada una de las partes que componen la instalación para posteriormente elaborar el diagnóstico de la instalación objeto de estudio.
- Entrevistas a especialistas y a personal del centro: con el fin de conocer afectaciones constructivas que tiene la instalación debido a la agresión ambiental que está expuesta.
- Método de estimación de la agresividad corrosiva de la atmósfera basado en la obtención de información medioambiental: se utilizará para obtener información del grado de agresividad corrosiva que posee la zona caso de estudio además de obtener el tipo de ambiente agresivo costero que caracteriza dicho lugar.

**Valores o aportes esperados:**

**Práctico:** Se obtendrá un programa de intervención constructiva enfocado a las instalaciones costeras en la Ciudad de Matanzas y en particular a una instalación seleccionada, que enriquece los proyectos de la Dirección Provincial de Campesinismo Popular.

**Económico:** En función de detener y enfrentar el grado de deterioro de una instalación costera en la Ciudad de Matanzas, el programa de intervención constructiva contribuye a racionalizar presupuestos y gastos en su conjunto, y también se manifiesta en la

optimización de los recursos materiales eligiendo los más viable de acuerdo con las lesiones presentes.

**Social:** Se manifiesta en el impacto positivo que aporta esta investigación sobre todo a las personas que trabajan y vacacionan en ella, pues este programa contribuye a impulsar las acciones para una mejor funcionalidad y durabilidad de los inmuebles.

La tesis ha sido estructurada de la siguiente manera:

El capítulo 1 recoge el estado del arte referente al tema, y presenta las bases conceptuales que se tienen en cuenta cuando se aborda el tema de la conservación y mantenimiento de edificaciones costeras y en particular de las instalaciones de las bases de Campismo Popular en Cuba y Matanzas.

En el capítulo 2 se presentan los fundamentos metodológicos de la investigación, el mismo parte de explicar el procedimiento metodológico de la investigación, y se explican los métodos empleados y finaliza con una caracterización de la zona de estudio.

Finalmente, en el capítulo 3 se presentan los resultados de la investigación, donde primeramente se realizará un diagnóstico actualizado de toda la instalación y luego se presentan acciones concretas de recuperación y mantenimiento que puedan ser incorporadas al programa de intervención constructiva Campismo Popular Canímar Abajo, en función de contrarrestar la situación actual de creciente deterioro constructivo.

Este trabajo responde al Eje estratégico: Recursos naturales y medio ambiente, de la Conceptualización del modelo económico y social cubano de desarrollo socialista hasta 2030.

El mismo plantea que: El Estado continuará impulsando el funcionamiento y fortalecimiento de los programas integrales de protección del medio ambiente, con acciones dirigidas a la gestión de las cuencas hidrográficas, los macizos montañosos, la diversidad biológica, la lucha contra la desertificación y la sequía, la reducción de la contaminación y la educación ambiental, a lo que se deberá sumar la adopción de nuevos incentivos y sanciones económicas y la aplicación de mecanismos eficaces de supervisión

y fiscalización ambiental a todas las formas de gestión económica, de manera que se alcance un desarrollo ecológicamente sustentable, socialmente justo, equilibrado y económicamente sostenible.

De igual modo va dirigido a dar respuesta a la Tarea Vida lo cual no es más que el calificativo corto y popular que se le ha asignado al Plan de Estado para el enfrentamiento al Cambio Climático, único de su tipo hasta la fecha en la República de Cuba, y que fuera aprobado por el Consejo de Ministros el 25 de abril del 2017.

El Plan de Estado está conformado por 5 acciones estratégicas y 11 tareas. Constituye una propuesta integral, en la que se presenta en primera instancia la identificación de zonas y lugares priorizados, sus afectaciones y las acciones a acometer, las que pueden ser enriquecidas durante su desarrollo e implementación.



# **CAPÍTULO 1 PROPUESTA DE ACCIONES CONCRETAS PARA PROGRAMA DE INTERVENCIÓN CONSTRUCTIVA EN CAMPISMO POPULAR. BASES CONCEPTUALES**

En este capítulo aparece reflejado el estudio realizado sobre conceptos y principios teóricos relacionados con la conservación y mantenimiento, aplicados específicamente a las construcciones en general, y a las construcciones de Campismos Populares en particular.

## **1.1- Conceptos de Zona Costera, Cambio Climático y Tarea Vida**

### Zona Costera

Las zonas costeras son la franja marítimo terrestre de ancho variable, donde se produce la interacción de la tierra, el mar y la atmósfera, mediante procesos naturales. En la misma se desarrollan formas exclusivas de ecosistemas frágiles y se manifiestan relaciones particulares económicas, sociales y culturales" y determina sus límites en función de las siguientes características: costa baja de manglar, costa acantilada, de playa, terraza baja, en la desembocadura de los ríos o en zonas urbanizadas (Bugallo, 2018).

La zona costera es la franja de contacto entre los ecosistemas marinos y terrestres existiendo una marcada interacción entre estos medios, considerando por lo tanto una porción del territorio “seca” y otra “mojada”, las cuales entran en contacto a través de lo que se conoce como litoral. En esta zona las actividades humanas y procesos naturales interactúan profundamente, y actúan un conjunto de factores ambientales muy singulares que pueden afectar notablemente las construcciones, los atractivos turísticos, las industrias y todas las actividades económicas y sociales (Orovio et al., 2008, Turnbull et al., 2013).

El Decreto Ley 212, de Gestión de las zonas costeras cubanas, regula en su artículo 2, la definición de zona costera como la franja marítimo-terrestre de ancho variable, donde se produce la interacción de la tierra, el mar y la atmósfera, mediante procesos naturales. En

la misma se desarrollan formas exclusivas de ecosistemas frágiles y se manifiestan relaciones particulares económicas, sociales y culturales.(Consejo de Estado, 2000).

### Cambio Climático

En las zonas costeras es precisamente donde mayor repercusión tiene el fenómeno actual conocido como Cambio Climático, que se define como una modificación en el estado del clima, en crecimiento o decrecimiento de sus valores promedios, durante un tiempo prolongado, típicamente décadas o más, y que es mayormente atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial, asociado también a procesos naturales (Herrán, 2012).

Tales cambios se producen a muy diversas escalas de tiempo y sobre todos los parámetros meteorológicos: temperatura, presión atmosférica, precipitaciones, nubosidad, etc. Generalmente asociados a los cambios climáticos existen riesgos naturales los cuales provocan efectos directos e indirectos sobre el patrimonio (Liset León Consuegra, 2015).

El autor concluye que el cambio climático es la variación del clima a través de sus componentes, como son: la temperatura, el nivel del mar, aumentos de fenómenos naturales (sismos o tsunamis), los vientos o las lluvias torrenciales. Todo esto a través de un tiempo determinado, que generalmente se mide a partir de décadas o más. Y que trae consigo efectos negativos hacia el medio ambiente y el hombre en general, provocando un deterioro del entorno, actividades y vidas en el planeta.

La frecuencia y grado de afectación de las edificaciones debido al cambio climático viene dado por la región en su gran mayoría. No obstante, en las últimas décadas han sufrido grandes daños sin importar la región, todo esto viene determinado por el clima extremo a nivel mundial (entiéndase por clima extremo los incendios forestales, las tormentas o las inundaciones provocadas por las altas precipitaciones). Si no se invierte en la capacidad de adaptar o prevenir todas estas afectaciones y mejorar su capacidad de adaptación, todas estas vulnerabilidades continuarán existiendo y afectando su funcionalidad.

En nuestro país ha aumentado la intensidad y frecuencia de los distintos fenómenos naturales debido a la incidencia del cambio climático. Esto afecta grandemente a las zonas costeras debido a que es el primer punto de contacto y uno de los más frágiles.

“Muchos edificios son vulnerables a los cambios progresivos del clima y a los fenómenos extremos. Aumento de las precipitaciones, deshielo del permafrost, incendios forestales más frecuentes, tormentas e inundaciones severas son algunos de los efectos más importantes. Si no se invierte en mejorar la resistencia o capacidad de adaptación, la vulnerabilidad seguirá aumentando. La ubicación de los activos construidos es clave para la vulnerabilidad.

El sector de la construcción también está expuesto a sufrir los efectos directos del cambio climático. Las precipitaciones extremas podrían aumentar los retrasos en la construcción y por lo tanto los costos. El cambio climático también pone en riesgo la duración de las temporadas de construcción. Los patrones cambiantes de los fenómenos meteorológicos extremos implican más trabajos de reconstrucción y de reparación.

El clima de Cuba es hoy más variable y cálido. La temperatura promedio anual aumentó 0.6 grados Celsius desde mediados del pasado siglo. El nivel del mar ha subido hasta 8.56 centímetros en los últimos 40 años, en ciertos lugares del occidente del país, y la elevación pronosticada para el año 2050 reducirá considerablemente la superficie de los cayos interiores de los golfos de Batabanó, Ana María y Guacanayabo con tendencia a su desaparición total. Un panorama similar pudiera ocurrir con el 60-80% de la Ciénaga de Zapata y con muchos de los cayos que conforman el archipiélago cubano, un incremento del nivel del mar a 1m afectaría a 3 200ha de cultivos, así como a 374 096ha de pastos y forestales, principalmente de la formación de manglar, con la consecuente afectación en las costas, esto podría dañar 3,5 % del área total del país. Por su parte la actividad ciclónica ha sido muy variable. La frecuencia de los períodos con sequía ha presentado un aumento desde 1960, con particular incidencia en la región oriental del país. El 71% de las crestas de arrecifes de coral tienen un alto nivel de deterioro. El 84% de las playas están afectadas por la erosión que generan la acción del hombre y el oleaje intenso de los

ciclones tropicales y los frentes fríos, entre otras causas, y se estima un retroceso de la línea de costa de 1.2 m (Rosario, 2013).

A partir de esta situación se incluye dentro la Tarea Vida del Plan de Estado, la reconstrucción y adaptación de la infraestructura a zonas costeras.

### Tarea Vida

La Tarea Vida es el Plan Estado para el enfrentamiento al cambio climático, aprobado por el Consejo de Ministro el 25 de abril de 2017, inspirado en el líder histórico de la Revolución cubana, cuando en la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro, el 12 de julio de 1992 expresó: "... Una importante especie biológica está en riesgo de desaparecer por la rápida y progresiva liquidación de sus condiciones naturales de vida: el hombre...". El Plan de Estado está conformado por 5 acciones estratégicas y 11 tareas. Constituye una propuesta integral, en la que se presenta una primera identificación de zonas y lugares priorizados, sus afectaciones y las acciones a acometer, la que puede ser enriquecida durante su desarrollo e implementación (Cabrera, 2017).

Hoy se sabe que el clima cubano es cada vez más cálido y extremo, y que la temperatura media anual aumentó en 0,9 grados centígrados desde mediados del siglo pasado. También se ha verificado una variabilidad en la actividad ciclónica, y es muy notable que desde el 2001 hasta la fecha cuba ha sido afectada por una gran cantidad de huracanes intensos, algo sin precedentes en la historia. El régimen de lluvias ha cambiado, incrementándose significativamente las sequías, mientras que el nivel medio del mar ha subido en unos 6,77 centímetros, al tiempo que las inundaciones costeras asociadas a la sobre elevación del mar y el oleaje, producidos por huracanes, frentes fríos y otros eventos meteorológicos extremos, se han convertido en un gran peligro por la destrucción que causan del patrimonio natural y el construido en las zonas costeras cubanas.

A todo ello hay que sumar las proyecciones de los escenarios futuros, que hablan de una posible elevación del nivel medio del mar que puede alcanzar hasta 27 centímetros en el 2050, y 85 centímetros en el 2100, provocando la pérdida paulatina de la superficie

emergida del país en zonas costeras muy bajas, así como la salinización de los acuíferos subterráneos abiertos al mar por el avance de la “cuña salina”.

Es por todo ello que fue concebida la Tarea Vida, justamente para enfrentar estos fenómenos nuevos, y preservar, por encima de todo, la vida de las personas.

En el caso de la provincia de Matanzas han sido claramente definidas las prioridades para la implementación de la Tarea Vida, a esta escala territorial. El mejor diseño y gestión integrada del gran corredor turístico, la restauración de playas, humedales y de todos los ecosistemas costeros, la adaptación y el enfrentamiento al stress hidrometeorológico de la actividad agropecuaria y de las plantaciones arroceras, el avance hacia un mayor uso de las fuentes de energía alternativas, el reordenamiento de las ciudades y de todos los asentamientos poblacionales costeros, la adopción de mejores tipologías constructivas e infraestructuras de todo tipo de frente a los nuevos fenómenos que la afectan, la elevación de la percepción real de la población con respecto a los riesgos que acechan y una más efectiva educación y capacitación ambiental, con un enfoque holístico de sostenibilidad, son algunos de los retos que se han planteado para los matanceros, en el contexto de la Tarea Vida, y de la batalla por una sociedad realmente próspera y sostenible.

Se sabe que Matanzas es una provincia singular y espectacular, tanto por su relevancia económico-productiva y socio-cultural, como por la intensidad de su desarrollo territorial a nivel de Cuba, y que ha sido señalada como una de las de máxima vulnerabilidad ante los escenarios de cambios que se anuncian, y es por ello que se debe entender que lo que se haga aquí, en la implementación de la Tarea Vida, será de mucha significación y repercusión para todo el país.

Cabe destacar en este tema la acción estratégica 2, que establece: “Desarrollar concepciones constructivas en la infraestructura, adaptadas a las inundaciones costeras para las zonas bajas”. También la acción estratégica 5: “Planificar en los plazos determinados los procesos de reordenamiento urbano de los asentamientos e infraestructuras amenazadas, en correspondencia con las condiciones económicas del país. Comenzar por medidas de menor costo, como soluciones naturales inducidas (recuperación de playas, reforestación)”. Esto destaca el interés por recuperar y mejorar

las zonas costeras y sus construcciones por parte de la dirección del país. Y desarrollar variantes constructivas dentro de la infraestructura costera con el fin de lograr un mayor aprovechamiento y explotación de los asentamientos costeros, para realizar un reordenamiento urbano con el objetivo de recuperar nuestras playas.

### **1.2-Limitación de la zona costera y agresividad corrosiva de la atmosfera en toda la zona costera de Cuba y de Matanzas.**

Según el Decreto Ley 212 de Gestión de la Zona Costera, en Cuba los límites de la zona costera se establecen atendiendo a la estructura y configuración de los distintos tipos de costas.

#### Tipo de costa I: Terrazas bajas.

I. a): Constituida por rocas carbonatadas que incluyen un camellón de materiales sueltos como cantos, guijarros, gravas y arenas, formado durante los temporales y regularmente cubierto de vegetación. El límite se establece en el borde extremo hacia la tierra del camellón y la zona de protección tiene un ancho de 20 metros, medidos a partir del límite hacia tierra de la zona costera.

I. b): Terraza baja con ausencia del camellón: El límite será la línea ubicada a 20 metros hacia tierra, medidos a partir del inicio de la franja de vegetación natural consolidada más próxima al mar sobre la terraza. La anchura de la zona de protección coincide con la del tipo de costa I.

I. c): Terraza baja en ausencia del camellón y en presencia del acantilado en un segundo nivel de terraza: Ubicado a menos de 20 metros hacia tierra, medidos a partir del inicio de la franja de vegetación natural más próxima al mar sobre la terraza. El límite está dado por la cima de dicho acantilado. La anchura de la zona de protección coincide con la del tipo de costa I.

I. d): Terraza baja en ausencia del camellón si el área colindante a la terraza es una laguna costera con manglar: El límite hacia tierra está dado por la penetración máxima del

bosque de mangle. La anchura de la zona de protección coincide con la del tipo de costa I. (Decreto Ley 212, 2000).

Tipo de costa II: Costa acantilada.

El área con acantilados cuya cima no sea sobrepasada por las marejadas o penetraciones del mar. Se extiende 20 metros hacia tierra a partir de dicha cima. La anchura de la zona de protección coincide con la del tipo de costa. (Decreto Ley 212, 2000).

Tipo de costa III: Playa.

III. a): Playa constituida por materiales sueltos de diferente espesor en áreas emergidas y submarinas, que manifiestan procesos de erosión y acumulación por alteraciones de origen natural o antrópico con cambios en la dinámica de su perfil. Pertenecen a ella las barras submarinas, las bermas y las dunas. Su límite se establece en el borde extremo hacia tierra de la duna más próxima al mar. La zona de protección tiene un ancho de 40 metros, medidos a partir del límite hacia tierra de la zona costera.

III. b): Playa con ausencia de dunas: El límite será la línea ubicada a 40 metros hacia tierra, medidos a partir del inicio de la franja de vegetación natural consolidada más próxima al mar. El ancho de la zona de protección coincide con la del tipo de costa III.

III. c): Playa con ausencia de dunas y presencia de acantilado: Ubicado a menos de 40 metros hacia tierra, medidos a partir del inicio de la franja de vegetación natural más próxima al mar. El límite está dado por la cima de dicho acantilado. La anchura de la zona de protección coincide con la del tipo de costa III.

III. d): Playa con ausencia de dunas si el área colindante con la berma resultara ser una laguna costera con manglar. El límite hacia tierra está dado por la penetración máxima del bosque de mangle. La anchura de la zona de protección coincide con la del tipo de costa III. (Decreto Ley 212, 2000).

#### Tipo de costa IV: Costa baja de manglar.

El área que comprende las extensiones de manglar asociadas con las ciénagas, esteros, lagunas costeras, y en general, los terrenos bajos que reciben la influencia del flujo y reflujo de las mareas, de las olas o de la filtración del agua de mar. Su límite está dado por la penetración máxima del bosque de mangle. Si apareciese vegetación de ciénaga, el límite será fijado por el borde externo hacia tierra de dicho bosque. La anchura de la zona de protección coincide con la del tipo de costa III. (Decreto Ley 212, 2000)

#### Tipo de costa V: Desembocadura de río.

La zona costera se extiende 300 metros en línea recta hacia tierra, partiendo de la desembocadura y siguiendo la sección longitudinal del río y 60 metros tierra adentro por ambas márgenes hasta donde llegue el efecto de las mareas. La anchura de la zona de protección coincide con la del tipo de costa I. (Decreto Ley 212, 2000)

#### Tipo de costa VI: Zona antropizadas.

Sectores de la zona costera que, por causas naturales o artificiales, no es posible identificar dentro de los tipos descritos en los incisos anteriores. El límite hacia tierra se extiende 20 metros a partir de donde hayan alcanzado las olas de los mayores temporales conocidos o cuando lo supere, la línea de pleamar máxima equinoccial. La anchura de la zona de protección coincide con la del tipo de costa III. (Decreto Ley 212, 2000)

Las ciencias sociales han postulado que en la delimitación de la zona costera se deben tener en cuenta las actividades relacionadas con el mar y todas aquellas que estén dentro del imaginario costero de cada cultura. Con esta nueva perspectiva las zonas costeras deben llegar hasta donde las personas se sientan „costeras“ y sus relaciones con el mar sean indispensables para su desarrollo como culturas.

La visión económica de la delimitación costera, tiene en cuenta el concepto de uso de los recursos marinos y las actividades económicas que se puedan ubicar en la franja litoral, como los puertos, la acuicultura o el turismo de sol y playa. En este caso la zona costera llega hasta donde se desarrollen las actividades relacionadas con el mar.



Agresividad corrosiva de la atmósfera en toda la zona costera de Cuba y de Matanzas.

En Cuba debido a su forma geográfica existe una gran influencia del aerosol marino lo cual trae consigo un mayor grado de deposición de iones cloruro y(o) sulfato.

Se entiende por deposición la cantidad de partículas salinas de iones cloruro y(o) sulfato que tienden a depositarse en un captador, así como en las superficies de la infraestructura civil, mientras el aerosol marino es transportado desde el mar hacia el interior de la tierra. Este concepto está referido solamente a estudios de corrosión atmosférica.

La formación y transporte del aerosol marino han sido reflejados en la figura 1. Para su elaboración, se tuvieron en cuenta los estudios basados en la disminución de la deposición de las sales de iones cloruro con el incremento de la distancia desde el mar. Estos estudios fueron realizados en diversas zonas costeras del mundo no caracterizadas por el apantallamiento artificial de las estructuras y el apantallamiento natural debido a la presencia de vegetación de gran altura.

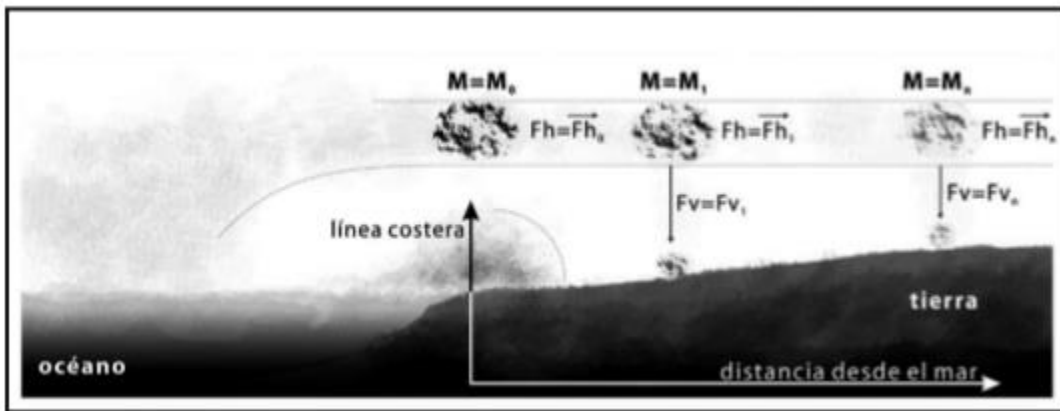


Figura 1: Esquema que muestra el proceso de formación y transporte del aerosol marino. Fuente: Howland y Castañeda, 2017.

El esquema permite reafirmar la relación entre el flujo de deposición vertical resultante ( $F_v$ ) procedente del flujo horizontal ( $F_h$ ) y la concentración de sales de iones cloruro en la atmósfera ( $M$ ), mientras el aerosol marino penetra hacia el interior de la tierra desde el mar. Este proceso es representado de forma simplificada en la ecuación del fluido mecánico: ( $F_v = vM [\mu\text{g m}^{-2} \text{s}^{-1}]$ )

Donde:  $v$ : velocidad de deposición de las sales de iones cloruro

El origen y formación del aerosol marino en el caso de estudios sobre el impacto del ambiente agresivo costero se produce por la rotura de burbujas en la interface entre la atmósfera y la superficie del mar. Las partículas salinas al ser transportadas por el viento se equilibran con la humedad relativa de la atmósfera quedando suspendidas en el aerosol marino.

Este efecto es importante, cuando la velocidad promedio anual del viento alcanza un determinado límite de velocidad donde los estudios realizados han demostrado estar alrededor de 7 m/s a 11 m/s, sin embargo, otros trabajos investigativos han aclarado que a partir de una velocidad del viento desde los 3 m/s el fenómeno de la formación del aerosol o spray salino (como también se le suele llamar), empieza a ser significativo.

Durante la formación de aerosol marino, se produce un aumento principalmente de las sales de iones cloruro con el incremento de la velocidad del viento. Esto deriva en parte con el aumento del tamaño de las partículas salinas generadas en su distribución en el componente del aerosol marino. A pesar de que las partículas de menor tamaño están en mayor proporción en el aerosol marino, las partículas mayores pueden representar el 5 %-10 % del total de partículas y corresponder al 90 %-95 % del total de la masa en el interior del aerosol. La distribución vertical del aerosol marino a partir de la deposición o asentamiento de las partículas salinas y en el caso del impacto del ambiente agresivo costero principalmente de la deposición de las sales de iones cloruro en zonas muy cercanas al mar, sufre una fuerte influencia de la gravedad. De esta forma, las partículas más pesadas, además de asentarse en las zonas más cercanas al mar, se depositan en los niveles más bajos de las estructuras, por lo que la concentración de las sales de iones cloruro desde la superficie hasta ciertas profundidades en el interior del hormigón, disminuye en relación con la altura. Es por eso que, en ocasiones, el deterioro en las estructuras de hormigón armado y metálicas es mayor en las zonas más bajas, a no ser que en la producción de los hormigones (caso de las primeras) se haya utilizado arena de mar. Lo que sucede realmente es que en la zona del rompiente de las olas se originan precisamente las partículas de mayores pesos y tamaños. Estas partículas salinas según el

esquema presentado (fig.1) son incorporadas a partir de un flujo ascendente hacia el flujo horizontal del aerosol marino (Fh) que proviene desde el interior de océano debido también a la influencia del viento.

Estas partículas, al poseer mayores pesos y tamaños en comparación con las que se forman en el interior del océano, son depositadas a cortas distancias desde el mar, siendo el indicador fundamental en la clasificación de una atmósfera costera.

En otras palabras, existen dos tipos de aerosol marino basados en estudios de impacto de ambiente agresivo costero, el que se forma en el interior del océano debido al fenómeno de la rotura de burbujas y el formado en la zona del rompiente de las olas. Evidentemente, un indicador en cuanto al incremento de la deposición de las partículas salinas de mayores pesos y tamaños es el aumento de las zonas de rompiente de las olas debido a la influencia de la velocidad del viento, así como otros factores que influyen dependientes totalmente del proceso de formación de las olas.

Las partículas formadas en el interior del océano suspendidas en el aerosol marino al presentar un menor peso y tamaño, son capaces de penetrar y depositarse hasta grandes distancias desde el mar en el interior de la tierra. De ahí, la razón por la cual la deposición de las sales de iones cloruro como principal agente provocador del impacto del ambiente agresivo costero tiende a disminuir en función de la distancia desde el mar. Incluso, en ocasiones esa disminución ocurre de manera abrupta y más si existen condiciones de apantallamiento.

Esto hace que disminuya el impacto del ambiente agresivo costero o la agresividad corrosiva de la atmósfera con el incremento de la distancia desde el mar para las estructuras de hormigón armado o las construidas con los materiales metálicos más usados en la industria de la construcción.

### **1.3-Edificaciones costeras en Cuba y Matanzas**

La ubicación geográfica de nuestro país trae graves problemas a sus edificaciones debido a la influencia que proviene del mar. Estas se encuentran influenciadas por las masas de

aire ártico y polar durante el invierno y de anticiclón del Atlántico, y las lluvias tropicales durante el verano.

Cuba se ha reconocido entre las naciones más afectadas por el incremento del nivel del mar y la frecuencia e intensidad de los eventos extremos, todo ello asociado a los cambios globales previstos, tomando en cuenta su condición insular, su configuración físico- geográfica y la existencia de zonas bajas en gran parte de su perímetro costero. El país cuenta con más de 5000km de costas, además de los cayos existentes, y la mayoría de sus municipios poseen costas y en ellas se desarrollan importantes actividades portuarias, industriales, pesqueras y turísticas, además de que allí se localiza una gran parte del patrimonio cubano (Liset León Consuegra, 2015).

“De acuerdo con el estudio realizado por el Instituto de Meteorología, denominado «Impacto del Cambio Climático y medidas de adaptación en Cuba», existen 244 asentamientos costeros sometidos a los más diversos grados de peligro y, condiciones de vulnerabilidad y riesgo. Cuentan con una población de aproximadamente 1,5 millones de habitantes (más de 10% de la población del país) que viven a una distancia entre 0 y 1000m de la línea de costa, 84 % de estos asentamientos, que agrupan más de 97% de la población costera, se ubican a menos de 200 m del litoral y clasifican como urbanos 63 y como rurales 181. De los asentamientos costeros estudiados, más de 51 de ellos han reportado inundaciones por penetraciones del mar, y hay 21 que se ubican en zona de alto peligro de inundaciones y efectos por eventos extremos” (Gutiérrez, 2013).

Mediante estos estudios se demuestra que las edificaciones costeras de nuestro país son muy afectadas por el efecto del ambiente costero y que gran parte de ellas no se encuentran en buen estado y están pendientes a reparación y mantenimiento. Todo esto parte de un concepto erróneo, por parte de nuestro país y parte del mundo, al determinar que realizar mantenimientos planificados era antieconómico, sin tener en cuenta que realizando operaciones durante períodos planificados se ahorra grandes inversiones económicas con respecto a nuevas construcciones. (Sanabria, 2018).

La dirección seguida por el país al triunfo de la Revolución fue la de construir nuevas edificaciones para la población, lo que implicó cierto descuido del mantenimiento de las

ya existentes, lo que influyó que al paso del tiempo las edificaciones del país, ya sea las antiguas o las nuevas que se construyeron, se deterioraron. La Comisión de Construcciones y Materiales de la Asamblea del Poder Popular presentó en 1977 un informe donde detallaba que el estado de las construcciones en ese momento se debía a la falta de mantenimiento de las mismas. Todo esto influiría en la concepción de nuevas Normas de Mantenimiento de las Construcciones Arquitectónicas. En la actualidad, el Consejo de Ministros aprobó el 25 de abril de 2017 la Tarea Vida, siendo esta el Plan de Estado para el enfrentamiento del cambio climático.

En la provincia de Matanzas la influencia del ambiente marino tiene una gran importancia e influencia, debido a que por la forma alargada de nuestra isla propicia la ocurrencia de efectos meteorológicos a lo largo y ancho de nuestro país, aunque con mayor influencia en el litoral norte occidental, donde se encuentra localizada nuestra provincia.

Matanzas se ha regido por el Plan de la Tarea Vida y se han sumado instituciones, como es el caso de la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” a través del documento “Tarea Vida: Un reto para la participación de la Universidad de Matanzas” elaborado por el Dr. Juan Alfredo Cabrera Hernández. También dentro del proyecto nacional del CITMA se encuentra ubicados territorios dentro la zona de trabajo del mismo, estos municipios son denominados como “municipios con prioridades” y ellos son: Cárdenas, Martí, Matanzas, Calimete, Jagüey Grande y Ciénaga de Zapata” (Cabrera, 2017), entre los que destacan los tres primeros municipios del litoral norte, muy en relación con el objetivo de esta investigación.

El tema de Campismos Populares está muy vinculado a las Zonas Costeras, pues en la provincia de Matanzas existen 6 Campismos Populares los cuales son:

- Río Canímar
- Canímar Abajo (Objeto de estudio de esta investigación)
- Río San Juan

- Faro de Maya
- Bacunayagua
- Victoria de Girón

De estos 6 Campismos Populares existentes en la provincia, 4 se encuentran en zona costera, dándonos una idea de la tendencia de ubicar estas instalaciones en dicho ambiente, el cual se caracteriza por su agresividad hacia las construcciones y el grado de deterioro que esto provoca en las instalaciones de la empresa.

De ahí la importancia de realizar esta investigación la cual responde a uno de los objetivos actuales de la Empresa Provincial de Campismos Populares el cual que es: "Las inversiones fundamentales están dirigidas al mantenimiento y remodelación de las instalaciones existentes".

#### **1.4- El hormigón como principal material de construcción y su comportamiento ante un ambiente costero agresivo.**

El hormigón hidráulico de cemento Portland es el material fundamental de construcción en todo el mundo. Es inimaginable el pasado siglo XX sin la presencia de este interesante material heterogéneo y anisotrópico, que está en todas partes. Actualmente se produce de forma anual algo más de un metro cúbico de hormigón por cada ser humano presente en el planeta, lo que equivale a aproximadamente 9 000 millones de toneladas al año, o sea, algo más de 3 700 millones de metros cúbicos. Ningún otro material en el mundo reúne sus dos cualidades básicas y que lo hacen preferido: su versatilidad para conformar todo tipo de estructuras y muy especialmente su economía, si se le compara con otros materiales suficientemente resistentes y versátiles como, por ejemplo, los polímeros. Otra ventaja frente a otros materiales se aprecia también en términos de sustentabilidad. El hormigón es no solo un material amigable con el medio ambiente, sino que, además, en su fabricación pueden tener aplicación importante los subproductos y desechos de otras industrias que pueden ser muy contaminantes al medio ambiente, como es el caso de las cenizas volantes, las escorias granuladas de altos hornos y otros, también puede tener largos plazos de vida útil y es reciclable al finalizar esta.

El hormigón puede aplicarse a toda la infraestructura de un país en los sectores de la construcción, la industria, el transporte, la defensa, los servicios de todo tipo y la vivienda.

En su forma más simple el hormigón es una mezcla de cemento, agua y áridos. El cemento y el agua constituyen la pasta que es la matriz de este importante material compuesto. La pasta de cemento que cubre la superficie de los áridos finos y gruesos, los une a medida que cura y endurece, formando una sustancia pétreo que es la que se conoce con el nombre de hormigón, en España, Cuba y algunos otros países de Hispanoamérica (como Chile, Ecuador, Argentina y Uruguay), o de concreto en el grupo restante de estos países. Además de tener una elevada capacidad para ser moldeado en cualquier forma cuando está en estado fresco, recién mezclado, es muy resistente y duradero una vez que se ha endurecido.

En 1845 fue creado el hormigón armado por Joseph-Louis Lambot, en el sur de Francia, quien comienza a fabricar objetos en los que combina un material aglomerado de cemento Portland con acero. Esto supuso una revolución en cuanto a la construcción se refiere ya que permitió construir las mismas estructuras con secciones mucho más pequeñas, logrando de esta manera aligerar las edificaciones y permitiendo un auge de la construcción vertical, tal es así que, para inicios del siglo XIX, ya se construían los primeros rascacielos.

Esta piedra artificial no es completamente compacta y densa, en su estructura se hacen evidentes ciertos mecanismos de transporte de los agentes agresivos hacia el interior de la masa: los poros capilares. A través de esos pequeños poros capilares pueden pasar los agentes agresivos presentes en la atmósfera, modificando sus propiedades e incluso, sin modificar sus propiedades esenciales, llegar hasta el acero de refuerzo, despasivándolo y creando las condiciones para su corrosión. La estructura se ve afectada en mayor magnitud cuando se encuentra en un ambiente agresivo costero.

Cuando se habla del impacto del ambiente agresivo costero, se trata del conocimiento sobre la agresividad corrosiva o corrosividad de la atmósfera que existe en el área o zona donde se procederá principalmente con los trabajos de construcción de las obras, o con

los procesos de mantenimiento y de reparación. Se entiende por agresividad corrosiva o corrosividad de la atmósfera, a la capacidad que presenta la atmósfera de originar y desarrollar el fenómeno de la corrosión atmosférica en cualquier sistema o elemento estructural. La atmósfera por su gran difusión y extensión, es el medio de exposición donde tienden a ocurrir las mayores afectaciones por corrosión, no solo en las estructuras de hormigón armado, sino también en las construidas de cualquier material metálico de la construcción. Es muy válido especificar que antes de proceder con la construcción de una determinada infraestructura, así como para los procesos de reparación en las estructuras construidas con hormigón armado u otros materiales metálicos de la construcción, el estudio sobre el futuro impacto del ambiente agresivo costero se hace imprescindible.

Las zonas costeras se caracterizan e identifican por presentar un elevado potencial constructivo. Es estratégico tratar siempre que las estructuras no lleguen a los trabajos intensos de reparación, es decir, donde estas han alcanzado ya casi su vida residual dejando atrás sus vidas útiles de proyecto y de servicio en un breve tiempo después de construidas. De ahí, la importancia que reviste la ejecución a tiempo de los trabajos de mantenimiento necesarios en el momento en que la estructura se encuentre aún en su vida útil de servicio.

La vida útil de proyecto es el tiempo en que las estructuras conservan los requisitos iniciales de su diseño, o sea, la estética, la funcionalidad y sobre todo seguridad sin costos inesperados de mantenimiento. A partir de que comiencen a aparecer los primeros síntomas de deterioro es cuando verdaderamente debe procederse con los trabajos de rehabilitación después de un minucioso estudio de diagnóstico. Cuando la estructura comienza a perder su estética, funcionalidad y sobre todo seguridad, se convierte en un peligro mortal para para las personas que viven o trabajan en ellas e incluso en sus alrededores.

La durabilidad de las estructuras de hormigón es ya una problemática seria en Cuba, debido a que las estructuras actuales son más ligeras y flexibles que las de años anteriores, lo que es el resultado lógicamente de la evolución de los métodos de diseño de las estructuras, pero, además, se han ido produciendo cambios cualitativos en las materias



primas para la producción de los hormigones, en especial, de los áridos y del cemento. Ya las fuentes de áridos de elevada calidad en Cuba se van extinguiendo. Por otro lado, los requerimientos de sostenibilidad hacen necesario utilizar los áridos que son producto del reciclaje de hormigones.

Se puede definir la durabilidad como: La capacidad de las estructuras para soportar, durante la vida útil para la que han sido proyectadas, las condiciones físicas y químicas a las que está expuesta y que podrían llegar a provocar su deterioro como consecuencia de efectos diferentes a las cargas y sollicitaciones consideradas en el análisis estructural.

Los tipos fundamentales de deterioro en las estructuras de hormigón que puede generar el ambiente donde se encuentra la edificación se han resumido en tres grandes grupos:

- Por corrosión del acero de refuerzo, en las estructuras de hormigón armado o pretensado.

- Por ataque químico del hormigón, proveniente del exterior o del interior de la estructura: — Ataque de ácidos orgánicos e inorgánicos y lluvias ácidas.

- Ataque de sulfatos y otros ataques químicos.

- Reacción árido-álcali y álcali-carbonato.

- Formación de Thaumasita.

- Por acciones físico-mecánicas y otras:

- Congelación y deshielo.

- Otros factores que afectan la durabilidad, la lixiviación y las eflorescencias.

- Deterioro del hormigón por desgaste superficial: abrasión, erosión y cavitación.

- Deformaciones y agrietamiento de las estructuras.

Estos tipos de deterioro frecuentemente no son aislados, se interrelacionan y además, dependen de muchos y variados factores tanto internos como externos a la estructura de

hormigón, como por ejemplo: la estructura interna del hormigón y los mecanismos de transporte de los agentes agresivos, la humedad ambiental, el nivel de concentración de las sustancias agresivas capaces de atacar la estructura, la microlocalización de la obra en el entorno geográfico e incluso la ubicación concreta de la estructura dentro de la obra.

Este trabajo se enfocará en el ataque químico que recibe el hormigón del exterior, debido a que la edificación caso de estudio se encuentra en una zona de alta agresividad ambiental.

El ingreso de sustancias al interior del hormigón tiene lugar través de sus macroporos y de las fisuras interconectadas en la masa de hormigón, o sea, los poros capilares que caracterizan la microestructura porosa de la pasta de cemento hidratado, junto con las microfisuras que aparecen en esta. Las sustancias a transportar son gases, agua o iones en disolución acuosa.

Los sulfatos atacan al hormigón de cemento Portland provocando reacciones expansivas que pueden conducir al deterioro del elemento estructural. Los iones sulfato pueden estar presentes tanto en soluciones ácidas, en soluciones alcalinas como el sulfato de amonio, o en sales, como: los sulfatos de calcio, de magnesio y de sodio.

En este caso se refiere específicamente al ion sulfato, que es el tipo más frecuente de ataque. El mecanismo del ataque del ion sulfato se asocia a la formación de compuestos expansivos, como es la formación de sulfoaluminato de calcio (etringita) secundaria o la formación de sulfato de calcio di-hidratado (yeso) cristalizado. Ambos productos ocupan un volumen mayor que los componentes a los que reemplazan. El efecto expansivo producido provoca la fractura del hormigón endurecido.

En la figura 2 se muestran los resultados obtenidos de diferentes briquetas de mortero sometidas a una solución concentrada de sulfato de magnesio, en donde puede apreciarse el efecto positivo de la adición de una puzolana muy activa como es el caso de la microsílíce.

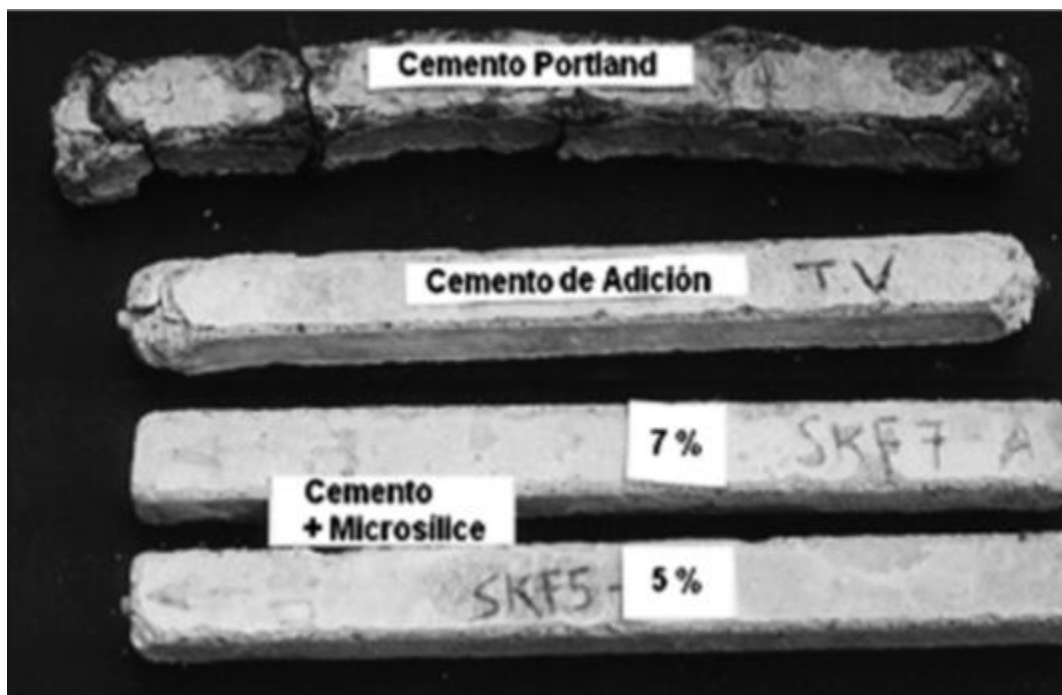


Figura 2: Resultados obtenidos al someter briquetas de morteros elaborados con cemento Portland, cemento Portland de adición y cemento Portland con la adición de microsilíce, a una solución concentrada de sulfato de magnesio. Fuente: Howland y Castañeda, 2017.

Hay que tener bien presente que lo esencial, ante el ataque de sulfatos, es que el hormigón tenga una baja permeabilidad, es decir, que posea una relación agua/cemento baja, que esté bien compactado y bien curado, es necesario destacar que los hormigones con adiciones puzolánicas requieren de un curado preferiblemente húmedo y más prolongado que el requerido para el hormigón elaborado con cemento Portland ordinario (unos 15 días sin dejar secar la superficie), para que la reacción puzolánica se produzca y rellene los poros disponibles.

El agua de mar contiene sulfatos y podría esperarse que ataque al hormigón de manera similar a la descrita anteriormente, sin embargo, al estar presentes también otras sustancias disueltas en el agua (entre ellas los cloruros), el ataque del agua de mar no es tan severo y por lo general no provoca expansión interna en el hormigón. La explicación de este fenómeno radica en que el yeso y la etringita que se producen debido al ataque de los sulfatos, son más solubles en la solución de cloruros que en el agua, lo que significa que pueden extraerse con mayor facilidad por el agua del mar. En consecuencia, no se

produce fractura en el hormigón, sino un pequeño incremento de la porosidad y, por lo tanto, una disminución de la resistencia. Además, hay que tener presente que el ingreso de los cloruros en el hormigón armado conduce a la corrosión de las armaduras de acero, que es un proceso mucho más severo que el ataque potencial de los iones sulfato.



Figura 3: Ejemplos de las afectaciones que provoca la corrosión del acero en el hormigón armado. Oficina del Historiador de La Habana, Cuba.

Es por ello que la más importante protección contra la acción del agua de mar, es disponer en la estructura de un hormigón denso (bien compactado y bien curado), impermeable, uniforme (sin la presencia de juntas frías) cumpliendo los requerimientos establecidos en la Norma Cubana NC 120 para las condiciones más agresivas, o sea, una resistencia a compresión no inferior a los 35 MPa para los hormigones armados y pretensados, con una relación agua/cemento no superior a 0,4 y un contenido de cemento no inferior a los 350 kg/m<sup>3</sup>.

Como bien se ha indicado anteriormente, la adecuada selección, dosificación, compactación, homogenización, curado y colocación del hormigón, constituyen requisitos fundamentales que permitirán garantizar una buena protección primaria al acero de refuerzo y más si la estructura será sometida a un impacto elevado del ambiente agresivo costero.

Como protección secundaria se cuenta en la actualidad con una diversidad de productos hidrofóbicos y a base de recubrimientos (pinturas) que garantizan como complemento del sistema primario el adecuado nivel de protección de las estructuras de hormigón armado contra la corrosión atmosférica del acero de refuerzo. Se ha demostrado por ejemplo que, para las estructuras de hormigón armado sometidas al ambiente agresivo costero, los sistemas secundarios de protección a base de pinturas acrílicas de base solvente, han presentado una buena eficacia en el clima tropical costero de Cuba.

No es un secreto que en el caso de las estructuras que están sometidas a ambientes muy agresivos, dentro de los que se encuentran los ambientes marinos, costeros e industriales, para poder alcanzar los plazos de vida útil para los que fueron diseñados e incluso para mantener su valor estético, requieren de protecciones secundarias, como pinturas, recubrimientos, etc. con sus mantenimientos sistemáticos, que protegen a los hormigones del impacto directo de dichos ambientes.

De cualquier forma, es la protección primaria de las estructuras, o sea la protección que es capaz de garantizar la propia estructura de hormigón, siendo densa, compacta, uniforme, bien curada, sin juntas frías y sin fisuras; la mejor y la más barata de las protecciones que es posible garantizar en estas estructuras. Una buena cultura, una

excelente práctica en todo el proceso de ejecución de las estructuras de hormigón armado es por lo tanto la solución más racional y económica para obtener una obra duradera.

### **1.5-Las patologías en edificaciones y su origen. Conceptos.**

Es un hecho que una edificación, al igual que un ser vivo, nace, vive y muere. En el transcurso de su vida o desempeño de funciones, esa edificación comienza a envejecer, a perder cualidades físicas (cuantitativas), como morales (cualitativas). (Delgado 2014).

Al realizar el estudio patológico de un edificio, es necesario conocer el significado de la palabra Patología, “pathos “, palabra proveniente del griego que significa enfermedad, dolencia y “logos “ que significa: estudio, discurso, etc. Para un proceder profesional el edificio debe ser considerado con un paciente, al que hay que atenderle sus dolencias. En este sentido la Arquitectura y la Ingeniería se han apropiado de conceptos tales como:

Patología constructiva: Es la ciencia que estudia los problemas constructivos que aparecen en el edificio después de su construcción.

Patología arquitectónica: Son los errores provocados en el desarrollo del proyecto, mutilaciones, defectos de ejecución provocados por incidentes o acciones edificatorias posteriores.

La ciencia que estudia los problemas, sus procesos y sus soluciones, se llama patología y lo patológico para los procesos y estudios referentes al proceso patológico de una estructura.

Proceso patológico: Para dar solución a problemas constructivos se necesita un diagnóstico que informe su origen, causas, síntomas, evolución y estado actual de la construcción al reunirse elementos de modo consecutivo, lo que se conoce en la ingeniería como “Proceso patológico” del que se determina un estudio patológico para la reparación y las hipótesis de prevención.

Los procesos patológicos, sus causas, permiten establecer las medidas preventivas para nuevos procesos y acciones constructivas, estando entonces en presencia de la llamada patología preventiva.

En el proceso patológico interviene tres partes fundamentales que determinan el origen, la evolución y el resultado final, de ese modo el diagnóstico debe tomarse de manera inversa, al igual que lo realizan los investigadores.

Lo que determina y dice el tipo de daño, las causas que lo originan y el futuro comportamiento se denomina diagnóstico. Tiene como objetivo determinar el alcance y gravedad de los deterioros.

Diagnóstico: El diagnóstico, proviene de la palabra griega "diagnósticos" (reconocer, tener conocimiento de la enfermedad). Por lo tanto, el diagnóstico, es evaluar si hay o no patología, la causa que lo origina y la incidencia de la misma en el edificio. Existen varios tipos de diagnóstico.

De acuerdo a la profundidad y exactitud, el diagnóstico puede ser:

-Diagnóstico visual o directo: Se vale de la percepción directa del investigador.

-Diagnóstico intensivo: En él se emplea todos los ensayos e instrumentos, para la recepción de información que permite profundizar en las patologías.

-Diagnóstico combinado: Combina la tecnología de reconocimiento con los métodos visuales o sensoriales. Según Babe Ruano Manuel existen tres tipos de diagnóstico:

-Diagnóstico sobre la anormalidad: Es el que decide si hay o no patología en el edificio.

-Diagnóstico clasificatorio: Afirma que existe patología y reconoce la causa que la origina.

Ejemplo: manchas de humedad originadas por condensaciones.

-Diagnóstico individualizado: En esta trata sobre la comprensión del problema patológico concretándolo al caso estudiado y a su entorno específico.

Lesión: "Se define como lesión a cada una de las manifestaciones observables de un problema constructivo. Será, pues el síntoma o efecto final del proceso patológico en cuestión. (Álvarez, Odalys Año 2005).



Existen dos grupos de lesiones: las primarias y las secundarias, en ocasiones una lesión es el origen de otra, por lo que conviene distinguir cual apareció primero, para no confundirla, lo que dependerá de cada proceso patológico.

En un proceso patológico la lesión primaria es la que aparece en primer lugar, mientras la lesión secundaria es consecuencia de la anterior.

Las lesiones se clasifican según el grado de importancia en leves, medias, graves y muy graves.

Leve: Cuando no tiene peligrosidad, sólo una rotura que afea.

Ejemplo: pérdida de pintura, de revestimiento, fisura de poco espesor, etc.

Media: Se debe reparar, porque en un período de tiempo puede agravarse.

Ejemplo: presencia de corrosión; con o sin eflorescencia de humedades en elementos de hormigón o muros de albañilería, grieta en muros a causa de la expansión o asentamientos, etc.

Grave: Estas lesiones se tienen que reparar con urgencia, en un período de tiempo largo o corto puede fallar el elemento o la estructura.

Ejemplo: lesiones por tracción, por flexión, por torsión, por corrosión con pérdida de sección igual o mayor al 10% sin deformación apreciable del elemento, etc.

Muy grave: La estructura o elemento puede fallar totalmente en un instante o en corto período de tiempo.

Ejemplo: desplazamientos horizontales activos, pandeos de estructuras de hormigón, asentamientos activos, pérdidas por corrosión mayores al 10% con deformaciones apreciables, etc.

Fisuras: Son aberturas de ancho inferior al milímetro, que pueden ser superficiales o internas.



Eflorescencia: Aparece en la superficie de diversos elementos conformados por materiales porosos como ladrillos, piedras, morteros, yesos y hormigones; en forma de manchas blancuzca. La eflorescencia es la re cristalización de sales que han llegado a estos elementos en disolución.

Grietas: Abertura superior al milímetro, que aparece en una estructura o elemento que pone de manifiesto el mal comportamiento del mismo.

Deterioro: Desgaste, daño o rotura de la construcción o de sus elementos componentes que impiden su utilización o le ocasiona deficiencias constructivas, funcionales o estética.

-Los procesos patológicos y sus causas, permiten establecer las medidas preventivas para nuevos procesos y acciones constructivas como son las mencionadas a continuación.

Conservación: Todas las acciones o trabajos que se realizan para obtener seguridad, durabilidad, y mantener las características estéticas de la construcción.

Rehabilitación: Acción dirigida a devolver a un edificio su uso original u otro uso.

Reconstrucción: Trabajo que se realiza para construir de nuevo un elemento que se encuentra en estado crítico y que imposibilite el uso de la construcción de forma parcial o total.

Renovación: Trabajo que se realiza en las construcciones haciendo variaciones en el diseño.

Restauración: Trabajo que se realiza en las construcciones para restablecer sus características originales.

Reparación: Trabajo que se realiza en las construcciones para arreglar partes o elementos que la componen durante su explotación.

Mantenimiento: Trabajo que se realiza periódicamente en las construcciones de carácter preventivo y planificado, durante su explotación.

Tiempo de vida útil: Es el tiempo durante el cual las construcciones están dentro de los niveles aceptables y mantienen sus condiciones técnicas, funcionales y de seguridad.

Inspección: Revisión de carácter técnico que se realiza en las construcciones de arquitectura e ingeniería para detectar el estado de los distintos elementos e indicar los trabajos a realizar.

Demolición: Es el trabajo de deshacer una construcción o parte de ella, con la consiguiente desaparición de la misma. Puede ser parcial o total.

## **Conclusiones Parciales**

1-La zona costera representa la franja marítimo-terrestre, que se compone por componentes bióticos y abióticos que se relacionan entre sí y coexisten con las comunidades humanas, debido a las riquezas que contiene es por ello que, más que un sistema natural, son un bien social y económico, y en ella se concentran múltiples asentamientos e instalaciones donde se desarrollan la vida humana y diversas actividades económicas y sociales.

2-La agresividad corrosiva de la atmósfera en zonas costeras, unido al cambio climático juegan un papel de gran importancia sobre las construcciones en zonas costeras debido a la influencia que tiene y que aumentará en un futuro con el aumento del nivel del mar y otros fenómenos meteorológicos, por lo que son necesarios los estudios aplicados de ingeniería civil enfocados en las acciones constructivas para contrarrestar estos efectos.

3- En Cuba y Matanzas las edificaciones costeras, en general y en particular, las instalaciones de las Bases de Campismo, se encuentran sometidas a condiciones particulares de agresividad corrosiva de la atmósfera costera por lo que se hacen necesarios los diagnósticos y la recuperación de dichas construcciones.

4- El hormigón hidráulico de Cemento Portland es el material fundamental de construcción en todo el mundo, puede aplicarse a todo tipo de infraestructura por la versatilidad y economía que brinda, aunque presenta ciertos mecanismos de transporte de los agentes agresivos hacia el interior de la masa que provocan deterioros tanto en el hormigón, como en el acero de refuerzo en caso de existir, limitando en gran medida su vida útil y suponiendo un problema actual, sobre todo para las edificaciones costeras, por el ambiente agresivo que caracteriza este medio.

5- Con respecto a las edificaciones costeras en general y en particular las instalaciones de las Bases de Campismo, existen fundamentos teóricos y bases conceptuales para emprender los estudios patológicos y de diagnósticos de las edificaciones en asentamientos costeros, y para la formulación de planes de intervención que pueden abarcar diferentes facetas de la conservación y mantenimientos constructivos.

## **CAPÍTULO 2 ALCANCE ESPACIAL Y FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS DE LA INVESTIGACIÓN**

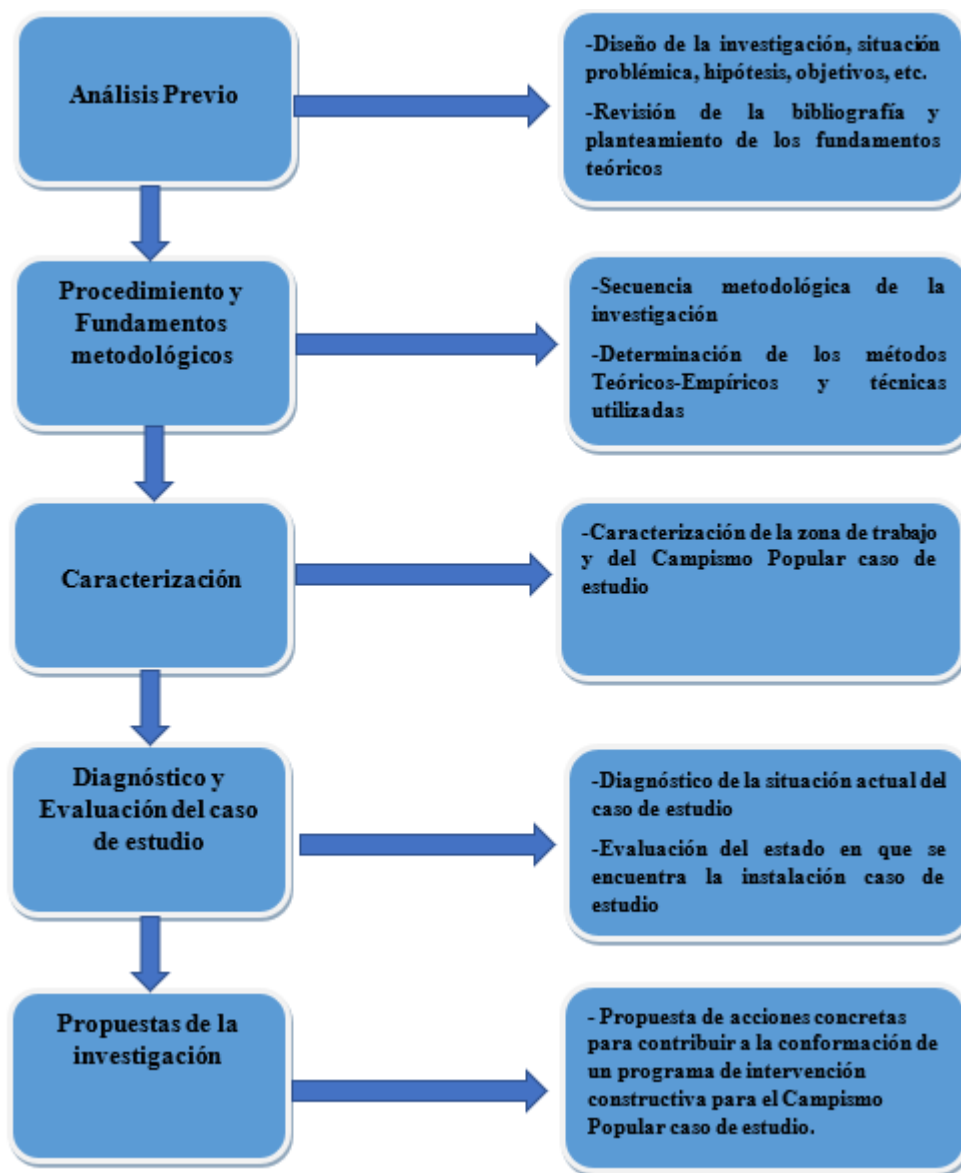
En este Capítulo se presentan los fundamentos metodológicos de la investigación, y en el mismo se parte de una explicación del hilo conductor de la investigación y los métodos empleados en la misma y seguidamente se realiza una caracterización de la zona, del Valle del Rio Canímar y de la base de Campismo Popular que constituye el objeto y alcance espacial de la investigación.

### **2.1 -Secuencia metodológica de la investigación.**

En este epígrafe se expone la estructura y organización de la investigación, lo cual es de vital importancia para la obtención de los resultados esperados. Se define la secuencia metodológica de la presente investigación a través de un esquema y la explicación de sus componentes, para ello se realizó una búsqueda exhaustiva de numerosas bibliografías de carácter nacional mayormente para determinar la más adecuada y exacta, en casos de investigaciones previas de carácter similar.

Para la conformación de la secuencia de actividades planteadas se partió de la metodología utilizada por el ingeniero Erick Almeida en su trabajo de diploma en opción al título de Ingeniería Civil del año 2016, y de la metodología utilizada por el ingeniero Eddy Dayan Barroso Molina en su trabajo de diploma en opción al título de Ingeniería Civil del año 2017 aunque fue necesario introducirles cambios en correspondencia con los objetivos y tareas de la presente investigación.

En el siguiente esquema (Esquema 1) se expone su estructura y organización para una mayor comprensión de la investigación y adoptando un orden lógico de la misma, al tiempo que se señalan los principales métodos y técnicas utilizadas. En la sección izquierda de la tabla se muestra las distintas fases por la que transcurrió la investigación, y en la sección derecha se muestran las principales tareas cumplidas en cada fase.



Esquema 1: Estructura y organización de la investigación. Fuente: Elaborado por el autor.

A continuación, se realizará una descripción detallada de cada una de las fases de la secuencia metodológica de la investigación de la presente investigación.

#### Fase 1: Análisis Previo.

En esta fase se realiza una organización preliminar de la investigación además de una recopilación y revisión de documentos relacionados con la presente investigación. También se realizó una búsqueda de estudios relacionados con la zona de trabajo, así

como imágenes satelitales y mapas que permitieran un análisis más detallado para el establecimiento de los fundamentos teóricos – conceptuales de la investigación.

Se abordó tres conceptos fundamentales: Cambio Climático que no es más que la modificación en el estado del clima durante un tiempo prolongado, además de que se abordó la influencia de dicho proceso en nuestro país; Zona Costera, de gran importancia para el desarrollo de muchas actividades económico-sociales, en Cuba existe una Ley ( El Decreto Ley 212) que regula la Gestión de las zonas costeras cubanas; y Tarea Vida que no es más que el Plan del Estado Cubano para el enfrentamiento al Cambio Climático. Dichos conceptos son indispensables para el desarrollo de la investigación.

Se profundizó sobre las limitaciones de la zona costera establecidas por el Decreto Ley 212 donde se mencionan los tipos de costas existentes en el país como son; Tipo de costa I: Terrazas bajas, Tipo de costa II: Costa acantilada, Tipo de costa III: Playa, Tipo de costa IV: Costa baja de manglar, Tipo de costa V: Desembocadura de río y Tipo de costa VI: Zona Antropizadas. Haciendo especial énfasis en la numero V la cual corresponde a la zona de estudio.

Se dio una breve panorámica sobre las construcciones costeras en Cuba y Matanzas fundamentalmente de las Bases de Campismo, donde se analizó la influencia de la agresividad corrosiva de la atmósfera costera en dichas edificaciones y la falta de mantenimientos de forma generalizada lo que tributa a que existan patologías que son comunes en dichas edificaciones, de las mismas se ofrecieron sus conceptos y además se ofrecieron conceptos de acciones constructivas para combatir dichas patologías.

## Fase 2: Procedimiento y Fundamentos metodológicos.

En esta segunda fase se analizó con una mayor profundidad toda la información recopilada en la primera, pudiéndose consolidar las bases para el logro de los objetivos propuestos en la presente investigación.

También se definió el hilo conductor de la investigación, el cual está estructurado en cinco fases, haciéndose una descripción de cada una de ellas, así como de las técnicas utilizadas.

En un segundo momento en esta segunda fase se definieron los métodos científicos utilizados en la investigación, tanto los teóricos (Histórico-lógico, analítico-sintético, inducción-deducción), como los empíricos (Estudio documental, interpretación de planos e imágenes, Método de estimación de la agresividad corrosiva de la atmósfera y la observación directa y levantamiento de campo).

### Fase 3: Caracterización.

En esta etapa se realizó una caracterización general de la zona de trabajo y del objeto de estudio, incluyendo aspectos naturales e histórico-culturales, donde fue esencial el estudio de documentos e informes sobre la zona. Resultó muy útil la revisión cartográfica y de imágenes satelitales, que proporcionan una visión espacial y sistémica muy importante, especialmente en relación con las distancias del Campismo Popular con respecto a la línea de costa, lo que determina los procesos de interacción tierra-mar.

En esta fase se analizó la geología, el clima, la hidrología la flora y la fauna del Valle Canímar además de cómo la extensión de éste pertenece a dos empresas lo que permite tener un conocimiento más profundo e integral del funcionamiento del mismo, así como su interrelación con la instalación objeto de estudio. Además, se realizó una breve caracterización de la misma, definiendo sus principales características en sentido general.

### Fase 4: Diagnóstico y evaluación del caso de estudio.

En esta fase se realizó una recopilación de información detallada mediante una inspección visual con ayuda de una cámara fotográfica, para poder recoger las lesiones encontradas en la edificación lo que permitió realizar un diagnóstico general de la instalación seleccionada para el desarrollo de nuestra investigación, y así lograr una mayor precisión a la hora de determinar el resultado de la misma lo cual aportó la certeza de los tipos de lesiones que están presentes, las descripciones sobre materiales y elementos constructivos dañados, y sus posibles causas; todo lo cual quedó bien registrado en las Fichas preparadas a tal efecto, en que se tomó como modelo la confeccionada por el Ing. Erick Almeida Guerra, utilizada en su trabajo de diploma en opción al título de Ingeniería Civil 2016, y que se presenta a continuación en la Tabla 1.

| <b>Lesiones en la edificación.</b>  | <b>Sí</b> | <b>No</b> | <b>Observaciones.</b> |
|-------------------------------------|-----------|-----------|-----------------------|
| <b>-En Cubiertas y Entrepisos.</b>  |           |           |                       |
| 1-Hongo.                            |           |           |                       |
| 2- Humedad.                         |           |           |                       |
| 3- Ausencia y partidura de tejas.   |           |           |                       |
| 4- Mala colocación del Impermeable. |           |           |                       |
| 5- Desconchado.                     |           |           |                       |
| 6- Desgaste.                        |           |           |                       |
| 7- Abofado.                         |           |           |                       |
| <b>-En muros.</b>                   |           |           |                       |
| 1-Grieta inclinada a 45º.           |           |           |                       |
| 2-Humedad.                          |           |           |                       |
| 3-Desconchado.                      |           |           |                       |
| 4-Abofamiento.                      |           |           |                       |
| 5-Grietas longitudinales.           |           |           |                       |
| 6- Oxidación del acero expuesto.    |           |           |                       |
| <b>-En carpintería:</b>             |           |           |                       |
| 1-Pudrición de marcos de puertas y  |           |           |                       |



|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| ventanas.   |  |  |  |
| 2-Presencia de comején.                                     |  |  |  |
| 3-Piezas sueltas.   |  |  |  |
| 4-Desacople.  |  |  |  |
| 5-Bisagras y cierres defectuosos.                           |  |  |  |
| 6-Desgaste en puertas y ventanas.                           |  |  |  |
| 7- Cristales Rotos.   |  |  |  |
| 8-Rajaduras.  |  |  |  |
| 9-Presencia de hongos.                                      |  |  |  |
| <b>-En instalaciones hidrosanitarias:</b>                   |  |  |  |
| 1-Ausencia de aparatos sanitarios                           |  |  |  |
| 2-Aparatos rotos.   |  |  |  |
| 3-Presencia de salideros.                                   |  |  |  |
| 4-Las tuberías presentan tupiciones.                        |  |  |  |
| 5-Tuberías de cobre totalmente oxidadas.                    |  |  |  |
| <b>-En instalaciones eléctricas.</b>                        |  |  |  |
| 1-Conductos y cajas oxidados por ser de hierro galvanizado. |  |  |  |
| 2-Instalaciones sin la debida                               |  |  |  |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| protección.                                  |  |  |  |
| 3-Conexiones en mal estado.                  |  |  |  |
| <b>-En pisos:</b>                            |  |  |  |
| 1-Elementos sueltos.                         |  |  |  |
| 2-Falta de derretido.                        |  |  |  |
| 3-Fisuras.                                   |  |  |  |
| 4-Partiduras.                                |  |  |  |
| 5- Desgaste.                                 |  |  |  |
| <b>-En pinturas:</b>                         |  |  |  |
| 1-Falta de pintura en elementos.             |  |  |  |
| 2-Pintura suelta.                            |  |  |  |
| 3-Presencia de eflorescencia.                |  |  |  |
| <b>-En enchapes:</b>                         |  |  |  |
| 1-Presencia de grietas.                      |  |  |  |
| 2-Presencia de elementos sueltos.            |  |  |  |
| 3-Falta de derretido.                        |  |  |  |
| <b>-Otros.</b>                               |  |  |  |
| 1-Oxidación de las barandas en los balcones. |  |  |  |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| 2-Humedad en las juntas.   |  |  |  |
| 3-Oxidación y desprendimiento de los pasamanos en las escaleras. |  |  |  |

Tabla 1: Ficha de lesiones generales de la edificación. Fuente: Almeida, 2016

Una vez culminada la revisión general se utilizó la Ficha propuesta por el Ing. Erick Almeida Guerra, para lograr mayor especificación de los daños detectados. Tabla 2.

| POSICIÓN DE LA LESIÓN |                  | FICHA TÉCNICA FT- 1.1 |
|-----------------------|------------------|-----------------------|
| FOTO                  | Sistema:         |                       |
|                       | Descripción:     |                       |
|                       | Lesiones:        |                       |
|                       | Posibles Causas: |                       |

Tabla 2 Ficha de detalles de las lesiones encontradas. Fuente: Almeida, 2016

Para reconocer cada una de las lesiones y sus causas, utilizamos la siguiente clasificación:

Lesión primaria: Es el primer síntoma que aparece en el proceso patológico y suele ser origen de otras, como son: grietas, fisuras, humedades, etc.

Lesión secundaria: Esta es consecuencia de la lesión primaria y un segundo efecto del proceso.

Causas directas: Son los agentes que ponen en marcha el proceso patológico, es decir, la acción concreta sobre la edificación o sus materiales que inicia la degradación de los

mismos y acaba en pérdida de su integridad o aspecto, lo que constituye una lesión observable como síntoma.

Como su nombre lo indican estas causas actúan de forma directa sobre la edificación y pueden prevenirse desde cualquiera de las fases por las que atraviesan las edificaciones (proyecto, ejecución, etc.).

Comoquiera que la causa determina en gran medida el carácter del proceso y por tanto, el de las lesiones, se utilizó la siguiente tipología, con respecto a esta primera familia de causas:

Mecánicas: Esfuerzos mecánicos no previstos (compresión, tracción, etc.). Físicas: Agentes atmosféricos (fuertes vientos, cambios bruscos de temperatura, etc.).

Químicas: Interacción entre materiales, contaminación atmosférica (ambiente salinizado, etc.).

Biológicas: Interacción entre los materiales y agentes biológicos (acción de microorganismos y macroorganismos).

Otras: Lesiones previas como humedad, grietas, fisuras, etc.

Causas indirectas: Cada uno de los factores inherentes a la unidad constructiva consecuencia de su selección o de su diseño defectuoso que, al asociarse con la acción de la causa directa, posibilitan la aparición del proceso. También aquí se pueden distinguir varios tipos de causas indirectas, clasificación que estará en función de las etapas del proceso constructivo donde se pueden cometer los errores que permiten la aparición de los mencionados factores.

Proyecto: Error en la selección del material o elemento constructivo, diseños inapropiados de partes o de la totalidad de la edificación.

Diseño Constructivo: Error en la disposición de los materiales o elementos constructivos.

Ejecución: Que no se cumpla lo que está establecido en el proyecto.

Materiales: Baja calidad de los materiales con respecto a las especificaciones del proyecto o utilización de otros tipos de materiales que no sean los especificados.

Mantenimiento: Falta de un plan sistemático de mantenimiento, excesivos años de servicio superior a la vida útil.

El diagnóstico corresponde a un proceso de estudio y análisis de la anomalía y puede responder a diferentes métodos que pueden clasificarse en:

Inductivo o Directo: Este descubre de inmediato la anomalía. Requiere poseer gran experiencia y capacidad de asociación entre los síntomas observados y los que generalmente son atribuidos a la patología evidenciada. Se considera insuficiente ya que comporta una simple visión de la patología y no su comprensión.

Diferencial: Este destaca el síntoma más llamativo, rememora las situaciones anormales a las que corresponda este síntoma y trata de justificar en ellas los demás síntomas colaterales observados.

Inductivo: Puede llegarse a dicho método utilizando una vía teórica, analizando los síntomas observados y de ellos deducir las génesis de la anomalía, atendiendo los fenómenos y mecanismos que pueden sobrevenirle. También puede usar una vía práctica estableciendo una posible génesis de la anormalidad y la comprobación posterior de los síntomas observados.

Hipotéticos: Se basa en establecer una hipótesis que se comprueba mediante ensayos o pruebas posteriores, o bien después de la aplicación de un determinado tratamiento.

#### Fase 5: Propuestas de la investigación.

En esta última etapa, después de observar y determinar el grado de deterioro y sobre la base del diagnóstico efectuado, se realiza un análisis de los mismos y se propone acciones concretas que puedan ser incorporadas a un programa de intervención constructiva que se aplicará a la instalación caso de estudio.

Para el caso de estudio de la presente investigación se realiza un análisis individual de los distintos componentes de la estructura, donde se determina las siguientes características:

- Elemento
- Daño
- Solución
- Posibles materiales a emplear

De esta forma quedan propuestas acciones concretas que puedan ser incorporadas al plan de intervención constructiva las que brindan respuesta definitiva al objetivo fundamental de la investigación.

## **2.2-Métodos utilizados en la investigación.**

A continuación, se brinda una explicación de los principales métodos y técnicas utilizadas en la investigación, los cuales se dividen en dos grandes grupos: los teóricos y los empíricos.

### **2.2.1-Métodos del nivel teórico.**

Método Histórico-Lógico: Este método se hace necesario para tener un conocimiento detallado de las distintas etapas por la que atraviesa el proceso, y así conocer su evolución y desarrollo, permitiendo hacer un análisis desde sus antecedentes hasta llegar al estado actual del objeto analizado. Permite realizar un análisis del comportamiento de la ingeniería civil a través del tiempo en cuanto a la gestión y conservación de los Campismos Populares.

Método analítico-sintético: Este método tuvo un papel importante en el procesamiento de las distintas bibliografías consultadas sobre el tema, sintetizando la información para la determinar los diferentes criterios relacionados con la investigación y así elaborar el marco teórico conceptual de la misma.

Inducción-Deducción: Este método permitió al autor sintetizar la información, ir de lo general a lo particular a partir de la documentación recopilada y así definir los modelos y analizar las investigaciones ingenieras aplicadas de archivos. También la deducción de la bibliografía permitiendo establecer una relación entre los distintos elementos.

### 2.2.2-Métodos empíricos.

Método de estudio documental: Se utilizó para la revisión de documentos en diversos formatos relacionados con los temas de propuestas de intervención constructiva, el estado técnico constructivo de los inmuebles y los valores culturales y sociales ya que de esta forma permite obtener la información más relevante para una mejor comprensión de la investigación definir el hilo conductor de la misma.

Interpretación de planos e imágenes: Consiste en el análisis e interpretación de mapas e imágenes y se empleó para ampliar la información de la Base de Campismo objeto de la investigación, pudiendo apreciar los deterioros existentes en la misma haciendo más fácil caracterizar el caso de estudio y los componentes espaciales que rodean al mismo.

Entrevistas a especialistas y a personal del centro:.

Guía para la entrevista:

Perfil del entrevistado

- Nombre y Apellidos
- Edad: \_\_\_ Menos de 30 años \_\_\_ 31-59 años \_\_\_ Más de 60 años
- Sexo: \_\_\_\_\_ Hembra \_\_\_\_\_ Varón
- Lugar donde reside actualmente:
- Grado de educación:
- Ocupación laboral-profesional actual:
- Vinculación con la zona, poblado y problema concreto de la investigación:

Temas de las preguntas.

- Caracterización del lugar.
- Estado actual de las edificaciones.

- Las causas atribuibles a ese estado actual.
- Medidas aplicadas y mantenimientos realizados.
- Servicios que prestan la comunidad.
- Calidad de vida.
- Aspecto económico-financiero.
- Mecanismos de control.
- Acciones para la protección de edificaciones.
- Qué modificaciones, a nivel general, propondría usted?.
- ¿Tiene usted alguna opinión o comentario adicional que le gustaría agregar?.

Método de estimación de la agresividad corrosiva de la atmósfera basado en la obtención de información medioambiental: Llevado a cabo a partir del análisis de las características físico-geográficas y ambientales de la zona de trabajo en la cual se encuentra la edificación objeto de la investigación, el cual ha sido propuesto por Howland y Castañeda, 2017, y ha sido ya aplicado con buenos resultados en la ciudad de La Habana y en otros tramos costeros de Cuba.

Este método de estimación de la agresividad corrosiva de la atmósfera se basa en la obtención de la información medioambiental obtenida de las zonas de estudio. Se trata de lograr una caracterización del comportamiento de la penetración del aerosol marino a partir de la determinación de los niveles de deposición de las sales de iones cloruro y sulfato o de los compuestos de azufre, además del pleno conocimiento del complejo humedad relativa-temperatura. Se tiene en cuenta también el comportamiento de la velocidad y dirección del viento. Todo al menos durante un año de estudio. Esta variante de estimación permite como herramienta fundamental la clasificación de los tipos de atmósfera mostrados en la tabla 3.



| Deposición sales de iones cloruro* (mg/m2d) | Nivel | Disposición sales de iones sulfato (mg/m2d) | Nivel | Clasificación de la atmósfera              |
|---|-------|---|-------|--|
| Sd < 3                                      | So    | Pd < 4                                      | Po    | Rural si Sd > 15                           |
| 3 < Sd < 60                                 | S1    | 4 < Pd < 24                                 | P1    | Urbana si Sd > 15                          |
| 60 < Sd < 300                               | S2    | 24 < Pd < 80                                | P2    | Industrial o costera-industrial si Sd > 60 |
| 300 < Sd < 1 500                            | S3    | 80 < Pd < 200                               | P3    | Costera-industrial altamente contaminada   |

Tabla 3: Clasificación de los tipos de atmósferas costeras. Fuente: Howland y Castañeda, 2017.

Observación directa y levantamiento de campo: Permitió detectar las lesiones existentes en cada una de las partes que componen la Base de Campismo para posteriormente elaborar el diagnóstico de la misma. Constituyó un factor decisivo en el intercambio de información con los trabajadores del lugar.

### **2.3- Caracterización general de la zona de trabajo y del objeto de estudio.**

#### Valle del Río Canímar

El Valle del Río Canímar se caracteriza por el predominio de los paisajes de llanuras y terrazas marinas, con amplitud superficial de las rocas carbonatadas, predominio de un régimen bioclimático tropical estacionalmente húmedo, acción intensa de los vientos e influencia de un ambiente marítimo y salinizado, en que el tipo zonal de vegetación corresponde a los bosques y matorrales costeros.

La zona forma parte del distrito Habana Matanzas, donde el valle del Río Canímar interrumpe la monotonía de llanuras onduladas muy transformadas por la sucesión histórica de las actividades económicas.

El área se ubica en la Región Noroccidental de la provincia de Matanzas, en la cuenca hidrográfica del río Canímar, vinculada a su curso inferior. Dista de la Ciudad de

Matanzas 4.5 Km. y del Polo Turístico de Varadero 27.0 Km. Tiene una extensión superficial de 810.0 ha y abarca los municipios Matanzas y Limonar.

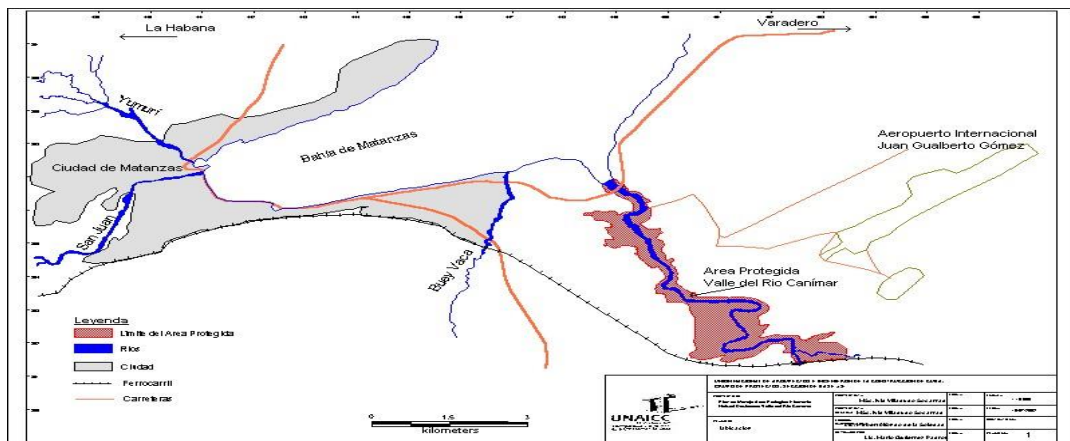


Foto 4: Plano de la zona objeto de estudio. Fuente: Plan de Manejo del área elaborado por la EFF Matanzas

Esta área es utilizada por dos empresas:

UEB Flora y Fauna como bosque protector de (suelos y agua) 463.7 ha, administrada para un 57.25% del área total.

Campismo Popular (MINTUR) como el Parque Turístico Río Canimar (se ubica en la zona de uso público del AP) 346.3 ha para un 42.75% del área total.

#### Geología:

Las formaciones geológicas son de edad calculada como Neógeno- Mioceno. Recientes movimientos ascendentes de las márgenes del río provocaron procesos de erosión vertical de las aguas, conformando interesantes farallones que constituyen uno de los mayores valores estéticos del lugar.

Hacia la desembocadura, donde se encuentra el Campismo Canimar Abajo, aumenta la deposición de aluviones la cual forma una estrecha llanura.

### Las características geomorfológicas

- Encontramos zonas de llanuras planas.
- Se observan terrazas marinas a diferentes alturas.
- Líneas de erosión, nichos rocosos, cavernas, bocas cavernarias en algunos lugares.
- Restos cárnicos de antiguas cuevas freática.
- En la desembocadura del río predominan las formas cárnicas diente de perros, cacimbas, hoyos pequeños, etc.



Foto 5: Vistas de las formaciones rocosas y vegetación presentes en la zona objeto de estudio. Fotos del autor.

### Hidrología

- El río Canímar tiene una longitud de 42,8 km, la cuenca abarca un área de 434 km<sup>2</sup>, con una altura promedio de 95 metros y pendiente promedio de 35,8 %. En la parte superior del río está construida la Presa Cidra con un volumen de embalse de 38.5 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>.
- En la desembocadura el río mide 400 metros de ancho y el delta alcanza una profundidad aproximada de 2,8 m, aumentando esta hacia el interior hasta alcanzar 6 m en su primer meandro.

- En su curso superior, el Canímar disminuye la profundidad hasta hacerse casi superficial, debido entre otras causas, a la existencia de sumideros cárnicos, represamientos actuales y pluviosidad estacional.
- La alimentación se sustenta a partir de manantiales que proceden de dos extensas regiones cárnicas situadas a cada lado de su curso principal (Limonar y Bellamar).
- El resto de las aguas que lo alimentan son por lo general pluviales o provenientes de la red de múltiples arroyos, y corrientes superficiales tales como: el Morato, Guamacaro, Yaití, y La Palma, entre otros. Todos los afluentes, en su corriente superior y media, son intermitentes.

#### Clima:

El clima hacia la desembocadura del río se caracteriza por el régimen de brisas y temperaturas frescas en el día, debidas a la presencia de la masa de agua y la cobertura vegetal.

La zona en estudio se caracteriza por una temperatura media anual de 25.0 °C, registrándose los valores más elevados del año en el mes de julio (27.5 °C), mientras los más bajos se registran en febrero con 21.5 °C. El análisis de las temperaturas medias extremas, muestra a agosto como el mes más cálido con 32.5 y como mes más frío a febrero con 17.3 de temperatura mínima promedio.

La lámina de precipitación media hiperanual oscila entre los 900 y 1200 mm. La distribución temporal divide el año en dos períodos principales, uno lluvioso de mediados de mayo a mediados de octubre, donde precipita entre 600-800 mm (un 70% del total anual aproximadamente) y otro poco lluvioso en los meses restantes con acumulados inferiores a 200 mm. (alrededor de un 30%).

Cabe destacar que en época de lluvias y durante huracanes, la instalación es afectada por las inundaciones producidas a raíz de la crecida del río, el cual a la distancia de la costa en que se encuentra el Campismo, tiene un contenido salino igual al del mar y por tanto

constituyen momentos de grandes afectaciones, sobre todo a los cimientos y zonas bajas de la instalación que entran en contacto directo con el agua de mar.

El viento casi constante es otra de las peculiaridades del clima para la zona con una frecuencia de calmas muy baja, de 12 % principalmente en los horarios nocturnos. Las direcciones predominantes del viento corresponden al primer cuadrante (N-E). La velocidad media mensual del viento generalmente es superior a 3 m/s y los valores más altos superiores a 4.5 m/s en los meses de marzo y abril. Durante el período invernal principalmente cobran importancia los vientos del cuarto cuadrante (W-N) los que alcanzan en ocasiones grandes intensidades (superiores a 15 m/s). Estos vientos están generalmente asociados a frentes fríos.

Esto evidencia que la instalación es afectada durante todo el año por el aerosol marino, puesto que, trabajos investigativos han aclarado que a partir de una velocidad del viento desde los 3 m/s el fenómeno de la formación del aerosol o spray salino (como también se le suele llamar), empieza a ser significativo, siendo muy alta también la agresividad corrosiva de la atmosfera y su influencia sobre las edificaciones objeto de estudio.

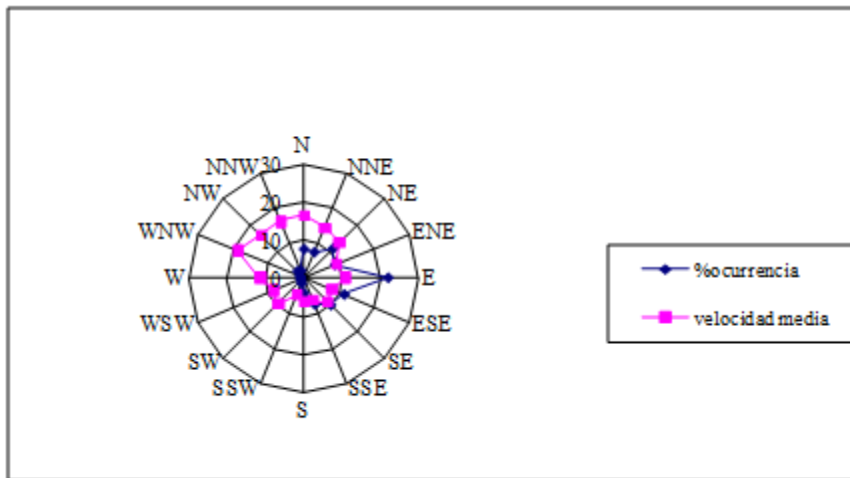


Foto 6: Gráfico de la Rosa de los vientos para la zona de trabajo Fuente: Centro Meteorológico Provincial de Matanzas.

La humedad relativa muestra valores elevados durante el año dada la cercanía a la costa de la zona. El promedio anual es de 79%, con valores medios mensuales superiores a 75 % durante casi todo el año, sólo durante abril, que constituye el mes menos húmedo del año alcanza un valor del 73 %, mientras en septiembre y octubre, los meses de mayores reportes de Humedad Relativa alcanza valores del 84 %.

Por otra parte, hacia el Campismo Río Canímar hay mayores valores de humedad, al estar ubicados en una zona deprimida con respecto a las terrazas, y por las noches se siente frialdad. En verano los días son calurosos debidos a la escasez de cobertura vegetal en parte de su área.

|   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Temperatura media anual</b> de 25.0 °C.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• valores más elevados de julio (27.5°C).</li> <li>• los más bajos se registran en febrero (21.5 °C).</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Precipitaciones</b> valores medios entre los 900 mm - 1200 mm.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• mes más lluvioso junio con acumulados de 247.2 mm</li> <li>• seguido de septiembre 191.6 mm.</li> </ul>        |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>El viento</b> predominante en la zona es del Este seguido del ENE.</li> </ul>   |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>La humedad relativa</b> muestra valores elevados durante el año dada la cercanía a la costa de la zona, con promedio anual es de 79 %.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• régimen térmico de tipo costero de pequeña oscilación diaria y días frescos.</li> </ul>                        |

Tabla 4: Principales datos atmosféricos del área objeto de estudio. Fuente: Elaborado por el autor.

## Fauna

El territorio cuenta con una variada fauna, muy bien representada tanto en el grupo de los invertebrados como en el de los vertebrados; buena representación de especies terrestres, sobre todo de anfibios y reptiles.

## Flora

Se presentan 233 especies vegetales pertenecientes a 76 familias y 192 géneros botánicos, 33 % de endemismo donde se presentan bosques, matorrales y complejos de vegetación como tipos de vegetación natural con diferentes fisonomías y grados de conservación, hacia la desembocadura del río y sus márgenes.

## Importancia Histórico-Cultural del Valle

El Valle del río Canímar constituye un enorme ecosistema natural, favorable para los diferentes asentamientos aborígenes, con importantes recursos terrestres, marinos y fluviales. La presencia de un gran número de cavernas y cubiertas boscosas, utilizados como sitios de habitación, ritos o enterramientos.

En esta área considerada una de las más ricas regiones arqueológicas de Matanzas se han reportado 31 asentamientos aborígenes de los cuales 11 se dedicaban a las actividades de pesca, caza y recolección, 4 a la proto agricultura y otras 11 a la economía productora también dedicadas a la alfarería.

Presentando también un cementerio aborígen el cual se encuentra precisamente dentro de la Base de Campismo que constituye el objeto de estudio y es el cementerio aborígen más antiguo de la zona del Caribe Insular.

## Caracterización general de la instalación:

Este Campismo Popular se encuentra ubicado en la Carretera Vía Blanca en el km 5, Poblado Canímar, Municipio de Matanzas. Se encuentra a 500m de la costa como se puede apreciar en la siguiente imagen.

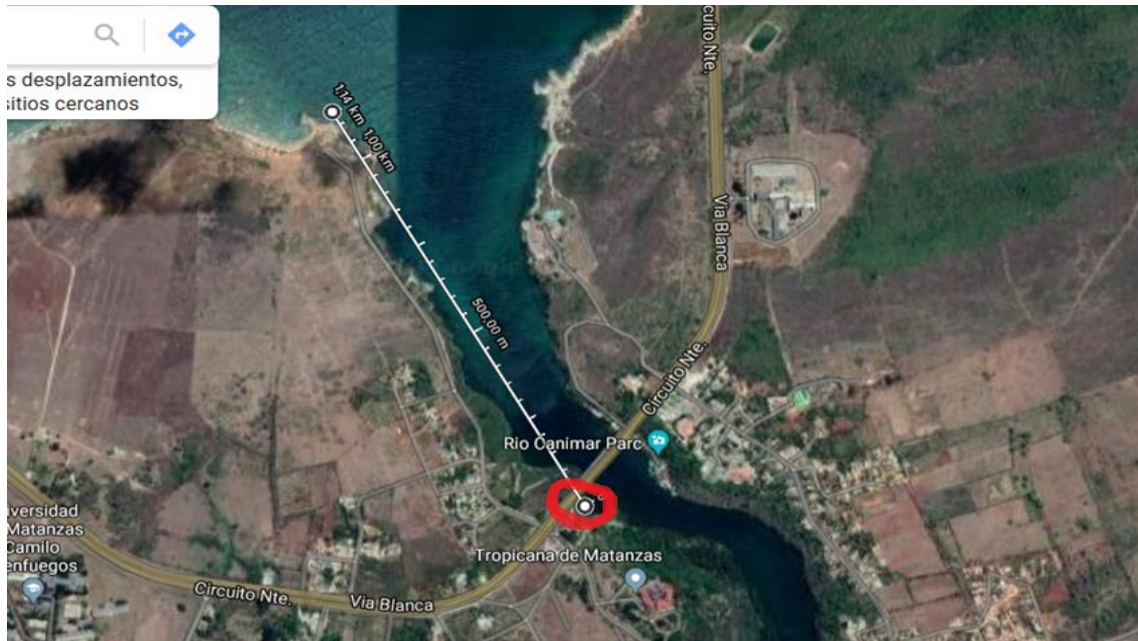


Foto 7: Imagen satelital que muestra la ubicación del Campismo Popular Canimar Abajo señalado en rojo y su distancia a la costa. Fuente: Google Maps.

Fue inaugurado el 15 de abril de 1984 con 400 capacidades en tiendas de campaña además de 6 cabañas – pontones de 6 capacidades cada una, ancladas en el río. Estos pontones se mantuvieron en explotación hasta el verano de 1991.

En 1987 se inicia un proceso de remodelación y se construyen 20 cabañas. La oferta en tiendas de campaña (unas 25) se mantuvo durante el período de alta hasta el año 1994. Esta instalación transformó su oferta de tiendas de lona directamente a cabañas de mampostería y techo de fibra con baño interior.

En estos momentos esta instalación cuenta con 17 cabañas con una capacidad de 84 campistas, un restaurante, una cafetería, una cocina, un kiosco en divisa, una pista de baile y una enfermería.

### **Relación de la Base de Campismo con la zona costera.**

La zona costera que corresponde al objeto de esta investigación según lo establecido en el Decreto Ley 212 de Gestión de la Zona Costera, se califica como Tipo de costa V: Desembocadura de río.



## Decreto-Ley 212 “Gestión de la Zona Costera”, artículo 4, inciso e).

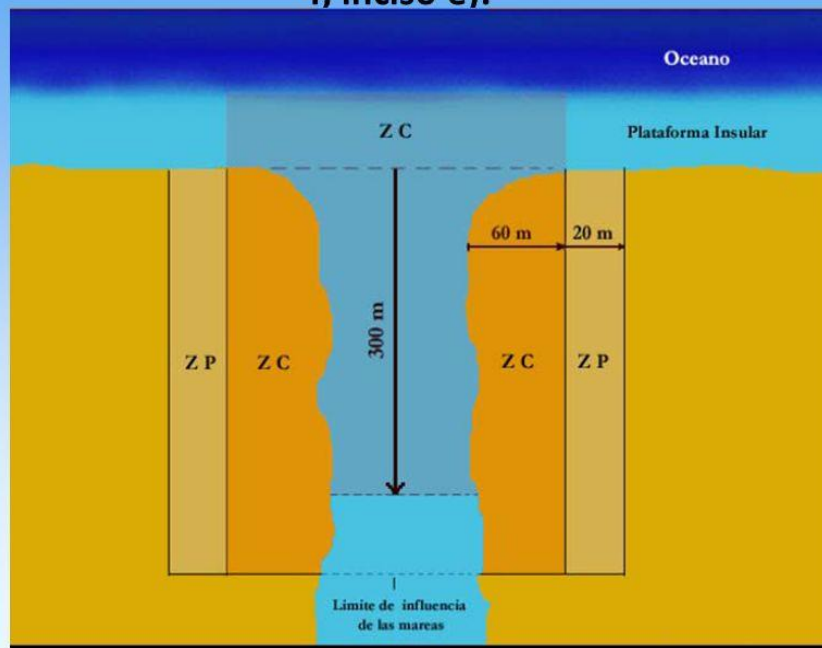


Foto 8: Ley 212, caso desembocadura fluvial. Decreto Ley 212, Cuba.

Esto se debe a que el autor pretende demostrar a través de los problemas que se detecten que, aunque la Base de Campismo Popular Cañimar Abajo se encuentra fuera de los límites establecidos por dicha Ley, la desembocadura del río y el encuentro de sus aguas, con las aguas del mar que penetran forman un estuario y por ello recibe la influencia de la costa en toda su magnitud. Además, la baja cota de la instalación y la ausencia de protecciones tanto naturales como constructivas, hacen al Campismo mucho más vulnerable a las inundaciones y a sufrir la erosión marina.

Debido a que Cuba es un archipiélago con un clima que se caracteriza por poseer valores promedios anuales de temperatura y humedad relativa alrededor de 25°C y 75% respectivamente. Debido a su forma y ubicación geográfica, la deposición de las sales iones cloruro, como principal agente agresivo producto de la penetración del aerosol marino desde el mar hacia la tierra, ocurre en casi todo el territorio nacional. Vale indicar que en el litoral Norte de Cuba (litoral donde se encuentra el campismo objeto de estudio)

a menos de 1 km de la costa se ha comprobado que llega la influencia de la **corrosión atmosférica** dando una extrema agresividad corrosiva.

La corrosión atmosférica del acero de refuerzo se inicia y desarrolla a partir de ciertas concentraciones de sales de iones cloruro y CO<sub>2</sub> en el interior del hormigón. En el caso de las sales de iones cloruro en el mar y para el CO<sub>2</sub> producto de la quema de combustibles, el aerosol marino sería entonces la fuente de transportación de ambos agentes.

El aerosol marino no es más que un fenómeno denominado rotura de burbuja entre la superficie del mar y el viento. Las partículas salinas al ser transportadas por el viento se equilibran con la humedad relativa de la atmósfera quedando suspendidas en el aerosol marino. Es especialmente agresivo cuando el viento alcanza velocidades de 7 m/s, pero a partir de los 3 m/s ya se torna significativo.

A continuación, se muestra en la tabla 5, los resultados obtenidos a partir de las deposiciones promedios anuales de iones cloruro y sulfato en Matanzas a raíz de estudios de corrosión atmosférica realizados en Cuba en la década 2005-2015 del presente siglo, los resultados generales de este estudio se pueden encontrar en (Tabla Anexo 1).

| Sitio de exposición     | D.M litoral norte (km) | DCL (mg/m <sup>2</sup> d) | DSO (mg/m <sup>2</sup> d) | Tipo de Atmósfera    |
|-------------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|
| Universidad de Matanzas | 1.2                    | 12.6 (25,2-S)             | 7.15 (P1)                 | C- Atmósfera Costera |

Tabla 5: Resultados obtenidos a partir de las deposiciones promedios anuales de iones cloruro y sulfato. Fuente: Howland y Castañeda, 2017.

Es válido aclarar la terminología utilizada en la tabla anterior donde:

D.M: Distancia desde el Mar.

DCL: Deposición promedio anual de las sales de iones cloruro.

DSO: Deposición promedio anual de SO<sub>2</sub> (Dióxido de azufre).

En los ambientes agresivos costeros, la atmósfera que más predomina es la costera (C), aunque existen otros tipos de ambientes costeros como, el Industrial (I), el Urbano (U), y el Rural, también existen combinaciones de ellos como es el Costero-Industrial (C-I), siendo este una de las más agresivas.

Debido a que el Campismo se encuentra en una zona de alta influencia marina en una atmósfera agresiva clasificada como Atmósfera Costera, que se extiende 1.2km tierra adentro, se puede decir que, aunque la distancia de 500m de la instalación al borde de la costa no cumple con la Ley 212, dicha instalación si recibe la influencia marítima en gran magnitud y por tanto su Evaluación Técnico-Constructiva, así como su Programa de intervención, tienen que ir enfocados a dichas condiciones ambientales.

### **Conclusiones Parciales:**


- 1- La presente investigación se enmarca en la zona costera norte de la provincia de Matanzas, y en ese contexto se define como objeto y alcance espacial concreto a la base de Campismo Popular Canímar Abajo ubicado en una típica zona costera que determina un particular ambiente agresivo, que se manifiesta en un nivel de deterioro, y por lo tanto se justifica desde los puntos de vistas metodológico y práctico la realización del diagnóstico y la formulación de un programa de intervención constructiva.
- 2- Para el desarrollo de la investigación se conformó un hilo conductor, o secuencia metodológica, con fases diferenciadas entre sí por sus tareas propias y métodos, pero que al mismo tiempo están profundamente articuladas entre sí.
- 3- Fueron utilizados diversos métodos teóricos y métodos empíricos, todo ello para lograr el cumplimiento de los objetivos propuestos.

## APLICACIÓN PARCIAL Y RESULTADOS PRELIMINARES


Debido a la situación de la Pandemia de Covid 19 que azota al mundo actualmente, no se podrá realizar este capítulo con todo el rigor que lleva, no obstante, se presenta una aplicación parcial y se logran resultados preliminares, con respecto a lo que se pretendía lograr desde un inicio.


En este Capítulo se presentan los resultados preliminares de la investigación vistos en dos niveles fundamentales: el diagnóstico constructivo de la Base de Campismo objeto de estudio, y la propuesta de acciones concretas para la conformación de un programa de intervención enfocado a dar solución a los problemas presentes en dicha Base de Campismo.


### Diagnóstico constructivo de la Base de Campismo

| POSICIÓN DE LA LESIÓN   | FICHA TÉCNICA FT-1  |
|---|---|
| <p data-bbox="280 1014 365 1045">FOTO</p>  | <p data-bbox="675 1014 1214 1045"><b>Sistema:</b> Muros de la Cabaña número 16.</p> <p data-bbox="675 1098 1385 1245"><b>Descripción:</b> Se aprecia una grieta vertical en la unión entre dos muros, con la máxima abertura hacia la parte de debajo.</p> <p data-bbox="675 1297 987 1329"><b>Lesión:</b> Grieta Vertical.</p> <p data-bbox="675 1381 1284 1413"><b>Posibles Causas:</b> Asentamientos diferenciales.</p> <ul data-bbox="675 1476 1385 1791" style="list-style-type: none"><li>- Raíces de plantas superiores.</li><li>- Incorrecta unión mecánica entre los elementos o diferencia entre los materiales que forman la unión.</li><li>- Presencia de elementos metálicos afectados por la corrosión.</li></ul> |

|  |   |
|--|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Empujes de tierras o de otros elementos.</li> <li>- Movimiento térmico.</li> </ul> |
|--|---|

| POSICIÓN DE LA LESIÓN  | FICHA TÉCNICA FT-2  |
|--|---|
| <p>FOTO</p>  | <p><b>Sistema:</b> Muros de Cabaña.</p> <p><b>Descripción:</b> Se aprecia una grieta vertical en la unión entre dos muros, con la máxima abertura hacia la parte de debajo.</p> <p><b>Lesión:</b> Grieta Vertical.</p> <p><b>Posibles Causas:</b> Asentamientos diferenciales.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Raíces de plantas superiores.</li> <li>- Incorrecta unión mecánica entre los elementos o diferencia entre los materiales que forman la unión.</li> <li>- Presencia de elementos metálicos afectados por la corrosión.</li> <li>- Empujes de tierras o de otros elementos.</li> <li>- Movimiento térmico.</li> </ul> |

| POSICIÓN DE LA LESIÓN   | FICHA TÉCNICA FT-3  |
|---|---|
| <p data-bbox="279 283 365 315">FOTO</p>  | <p data-bbox="766 283 1128 315"><b>Sistema:</b> Muros de Cabaña.</p> <p data-bbox="766 367 1430 462"><b>Descripción:</b> Se observan manchas de color oscuro, presencia de verdín, musgos y líquenes.</p> <p data-bbox="766 514 1430 598"><b>Lesiones:</b> Humedad en muro con presencia de hongos.</p> <p data-bbox="766 651 1430 745"><b>Posibles Causas:</b> Acumulación de humedad en los elementos del muro.</p> <ul data-bbox="766 787 1323 1008" style="list-style-type: none"> <li>- Rugosidad y porosidad del muro.</li> <li>- Exposición a la lluvia y al intemperismo.</li> <li>- Falta de mantenimiento.</li> </ul> |

| POSICIÓN DE LA LESIÓN   | FICHA TÉCNICA FT-4  |
|---|---|
| <p data-bbox="279 1211 365 1243">FOTO</p>  | <p data-bbox="766 1211 1226 1243"><b>Sistema:</b> Carpintería de Aluminio.</p> <p data-bbox="766 1297 1430 1501"><b>Descripción:</b> La puerta de aluminio presenta un mal estado en cuanto a las tablillas que la componen, algunas de estas están dobladas y/o sueltas.</p> <p data-bbox="766 1554 1430 1638"><b>Lesiones:</b> Mal estado de las tablillas de una puerta de aluminio.</p> <p data-bbox="766 1690 1430 1785"><b>Posibles Causas:</b> Golpes provocados por alguna persona u objeto.</p> <ul data-bbox="766 1837 1430 1869" style="list-style-type: none"> <li>- Pudrición del material debido al ambiente</li> </ul> |



|  |  |
|--|--|
|  | húmedo y agresivo en donde está emplazado. |
|--|--|

### **Propuesta de acciones a acometer.**

- **Grietas Verticales:**

Cuando se detecten grietas en los muros, es menester realizar un detallado diagnóstico para conocer las causas que han originado el proceso de deterioro, así como la evolución del mismo y su magnitud. La actuación estará encaminada a la anulación de las causas antes de arreglar la lesión. Es importante comprobar igualmente si la grieta está activa o no.

Los muros son elementos rígidos con poca o casi nula resistencia a la tracción, por lo tanto, cuando existen asentamientos diferenciales de la cimentación se producen en el muro esfuerzos de tracción que dan lugar a la aparición de grietas y fisuras.

Si la grieta se ha originado por asentamientos diferenciales, se debe intervenir en la cimentación antes de actuar en el muro, realizándose un recalce de la misma, u otra acción acorde al origen del fallo, pero al ser esta una intervención riesgosa y complicada, corresponde a un estructural indicar los pasos a seguir y su ejecución se realizará por personal especializado.

En ocasiones, la causa del daño se debe a los empujes producidos por otros elementos perpendiculares al muro los que, al dilatarse, provocan la aparición de grietas verticales en la zona de encuentro, lo que indica la ausencia de una junta de dilatación.

Cuando esto sucede, hay dos alternativas de intervención: Proceder a sellar por ambas caras del muro la grieta, con un material elastómero que impida el paso del aire, y del agua, pero que permita el movimiento de los dos muros. Es importante sanear adecuadamente la superficie de la grieta y limpiar con aire y agua antes de aplicar el material. La otra opción, es la de construir la junta de dilatación, para lo cual será



necesario rehacer toda la zona afectada del muro. Igualmente pueden aparecer grietas verticales cuando la carga vertical que recibe el elemento es considerable e introduce un esfuerzo horizontal que el muro es incapaz de absorber.

Cuando esto sucede, se puede apreciar cómo este se abre y aparecen grietas verticales en forma de tonel, que son un síntoma claro de agotamiento del muro con peligro de la estabilidad del mismo, por lo cual hay que apuntalar inmediatamente la estructura, y actuar según orientaciones de un estructural.

Conviene igualmente comprobar la existencia de elementos metálicos como tuberías eléctricas, perfiles, refuerzos, etc., que pueden estar causando la aparición de la grieta en su proceso de expansión por corrosión. En estos casos, actuar como se orienta en la ficha de viga – losa para el caso de oxidación en los perfiles metálicos, o las fichas de vigas metálicas con corrosión.

Si la lesión se produce por la presencia de raíces de árboles próximos al muro, se realizará una zanja junto al muro dañado, hasta encontrar las raíces que provocan el fenómeno y eliminarlas o realizar algún tipo de barrera que impidan que estas afecten al muro. Si se comprueba el continuo crecimiento de las raíces sobre la estructura, se procederá a analizar la posible eliminación del árbol, moteándolo y trasladándolo a otro sitio.

En general, debemos tener en cuenta que cuando la intervención sea muy compleja o costosa, habría que valorar si vale la pena reparar el muro o demoler y hacerlo nuevo.

#### Recomendaciones:

- Realizar inspecciones periódicas.
- Velar que los muros no estén sometidos a cargas o empujes no previstos.
- Hacer una correcta selección de los materiales.
- Cumplir las normas de diseño y ejecución.



Debe ejecutarse una preconsolidación del muro, con el fin de evitar desprendimientos de elementos sueltos. Esta preconsolidación se realiza con los mismos productos que la consolidación y/o desalinización (eliminar las sales en la superficie de la piedra).

Seguidamente, limpiar para eliminar la suciedad superficial del muro y las incrustaciones de elementos dañinos u organismos biodeteriorantes. (La limpieza se puede realizar con agua a baja presión, nebulizada, a vapor o con apósitos).

Igualmente pueden emplearse métodos mecánicos como: el uso de espátula, papel de lija, piedra pómez, bisturí, cepillos, y esponjas, o mediante el empleo de métodos químicos como: el láser y el ultrasonido, o la aplicación de: pastas absorbentes con arcillas, compuestos amoniacales, entre otros.

Las limpiezas manuales deben realizarse con cuidado para evitar agresiones y desprendimientos de partes del muro. Previamente será necesario fortalecer las partes sueltas con morteros consolidantes apropiados.

De todos los métodos mencionados, los más recomendables son la limpieza con agua nebulizada y los métodos químicos ya que no agreden al muro.

Una vez limpio, se procederá a aplicar un producto biocida con el objetivo de prevenir la aparición de hongos.

En caso necesario, se procederá a restituir o reparar el revoque, utilizando materiales compatibles con el original, y aplicado en capas de 2cm de espesor.

Revestimientos con un espesor menor de  $\frac{1}{2}$ ", incrementan sustancialmente la posibilidad de fractura. Por otra parte, revestimientos de gran espesor tienden a desprenderse, arrastrando en ocasiones parte del sustrato.

Una vez realizado el revoco, aplicar como protección, una capa de hidrofugante o hidrorepelente, productos que rellenan los poros y al secarse, forman una película repelente que impide el paso del agua al interior, permitiendo la salida al exterior del vapor que contiene el muro. Este tratamiento posibilitará extender la acción de la limpieza.

Por último, proceder a pintar para proteger, siempre y cuando no sea un muro de piedra, enchapado o con revoque símil a piedra.

### Recomendaciones

- Los resultados de larga duración se obtendrán si se interviene en las condiciones ambientales que favorecen el desarrollo de los microorganismos.
- Para eliminar microorganismos se puede aplicar una solución de amoníaco al 2.5 % en agua destilada. Sin embargo, este compuesto debe ser utilizado con mucha precaución para evitar posibles efectos negativos sobre el sustrato.
- Realizar limpiezas cada 5 años.
- Aplicar productos hidrofugantes para evitar la proliferación de hongos.
- Evitar las humedades en los muros.
- Realizar inspecciones periódicas.
- Mantenimiento periódico.

### Herramientas y medios de protección.

- |                             |                             |
|-----------------------------|-----------------------------|
| -Cepillo de alambre u otro. | - Nebulizador.              |
| -Espátula.                  | - Guantes.                  |
| -Brocha.                    | - Mascarillas.              |
| -Bisturí.                   | - Espejuelos de protección. |
| -Compresor.                 | - Tapabocas.                |

### Materiales.

- |                                      |                            |
|--------------------------------------|----------------------------|
| -Materiales inorgánicos absorbentes. | -Fungicidas.               |
| -Piedra pómez.                       | -Papel de lija.            |
| -Esponjas.                           | -Herbicida.                |
| - Hidrofugante.                      | -Mortero de consolidación. |

- **Mal estado de las tablillas de una puerta de aluminio.**

Primeramente, debemos efectuar una revisión detallada del elemento para conocer la causa y grado de deterioro, igualmente, valorar los elementos que puedan ser reutilizados o no.

Para reparar el daño, es necesario desmontar y desarmar la carpintería, retirando las piezas dañadas, tales como espigas de peinazos, cajuelas de largueros, clavijas, tablillas fijas o móviles, entre otros.

Se revisarán los elementos, determinando los que son reutilizables y los que se deben sustituir.

Toda vez que se tengan los elementos faltantes y restaurado los existentes, se procederá entonces a preparar la superficie para montar las tablillas, aplicando un lijado fino, para lograr una buena terminación, revisar los herrajes, limpiarlos y engrasarlos para su correcto funcionamiento.

Por último, se aplicará un producto sellador y tres capas de pintura, dejando secar entre una y otra. Una vez terminado el trabajo, proceder a montar el elemento.

### Recomendaciones:

- Revise el lugar donde se encuentra el elemento de madera.
- Realice cada 2 años, si es posible antes del verano, un lijado suave de la madera y aplique dos capas pintura o barniz.

- Dejar secar la madera antes de pintarla.
- Inspeccione el correcto funcionamiento de los herrajes y lubríquelos.
- Examine los vidrios fijados con masilla para verificar que la misma no se encuentre reseca o fracturada. Si así fuera, reemplace la masilla usando materiales que garanticen su elasticidad.
- Cada 10 años limpie a fondo los elementos de madera antes de repintarlos.
- Realice inspecciones periódicas.

#### Herramientas y medios de protección

- |                      |                    |
|----------------------|--------------------|
| -Lijadora eléctrica. | -Botas.            |
| - Guantes.           | - Espátulas.       |
| -Cepillo.            | - Martillo.        |
| -Brocha.             | -Destornilladores. |

#### Materiales

- |                      |                    |
|----------------------|--------------------|
| -Pintura de esmalte. | -Lijas. Tornillos. |
| -Herrajes varios.    | - Grasa.           |
| -Clavijas.           |                    |

- **Creación de barreras contra la salinidad y las inundaciones.**

Como complemento a todas las acciones que se proponen se enfatiza la necesidad de evaluar la construcción de una barrera, ya sea natural (Ejemplo uso de mangle) o artificial (Ejemplo un malecón o cerca de tablas) la cual ayude a mitigar lo máximo posible las afectaciones causadas por las inundaciones y la erosión fluvial que frecuentemente afecta a la instalación.

## CONCLUSIONES

1. La revisión bibliográfica y el estudio del estado del arte efectuado demuestran que en la actualidad existe gran preocupación y especial atención a la temática de la conservación y mantenimiento constructivo de edificaciones costeras del Grupo Nacional de Campismos Populares, lo que de hecho constituye un nuevo reto para la Ingeniería Civil.
2. Se empleó una secuencia metodológica capaz de dar respuesta a los objetivos propuestos al principio de la investigación mediante el empleo de métodos teóricos y empíricos, proporcionando una información útil y detallada para la identificación de acciones concretas que ayuden en la conformación de un programa de intervención constructiva aplicable a las características de la Base de Campismo objeto de estudio.
3. Se ha detectado e identificado los efectos negativos provocados por la acción agresiva del ambiente costero mediante el diagnóstico y evaluación comprendida en la investigación, demostrando el alto grado de degradación estructural y confirmando la necesidad de elaborar soluciones a través de un Plan de Intervención Constructiva para obtener una mayor durabilidad.
4. El diagnóstico arrojó que el estado constructivo de la Base de Campismo es regular mostrando afectaciones en la mayoría de sus elementos producto al mantenimiento deficiente o casi nulo, la influencia de las condiciones tan agresivas del medio donde está ubicada, la edad de la construcción y de sus elementos componentes. A partir del mismo quedan planteadas un conjunto de acciones concretas que ayuden en la conformación de un programa de intervención constructiva aplicable a las características de la Base de Campismo objeto de estudio, con el fin de eliminar dichas afectaciones y garantizar un mayor confort y disfrute a los clientes del Campismo.

## RECOMENDACIONES

1. Hacer uso de este trabajo de diploma como referencia y aplicación para la realización de estudios patológicos en otras edificaciones y/o complejos similares los cuales estén ubicados en zonas costeras y presenten algún grado de deterioro.
2. Se recomienda a las autoridades del Grupo de Campismos Populares evaluar y valorar una inversión para crear una barrera, ya sea natural (Ejemplo uso de mangle) o artificial (Ejemplo un malecón, o cerca de tabla-estacas) la cual ayude a mitigar lo más posible las afectaciones causadas por las inundaciones y la erosión fluvial.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, E. (2016). *Programa de Intervención para las edificaciones de la comunidad costera “28 de Octubre”, del Municipio de Martí*. Tesis de Diploma. Universidad de Matanzas.

ALVAREZ RODRÍGUEZ, O. (2006). *Metodología para realizar el estudio de diagnóstico para la rehabilitación estructural de forjados planos de madera en edificaciones ubicados en el Centro Histórico de La Habana*. Oficina del Historiador de La Habana, Cuba.

BUGALLO, S. G. (2018). *Que las costas “no se echen para atrás”*. Cubahora [Online]. Available: [www.cubahora.cu/ciencia-y-tecnología/que-las-costas-nose-echen-para-atrás](http://www.cubahora.cu/ciencia-y-tecnología/que-las-costas-nose-echen-para-atrás).

CABRERA, J. A. (2017). *Tarea Vida: Un reto para la participación de la Universidad de Matanzas*. Informe Técnico. Universidad de Matanzas.

Consejo de Estado, 2000. *Decreto-Ley 212*. Gestión de las zonas costeras cubanas

DELGADO, A.A. (2014): *Evaluación, Diagnóstico estructural y propuesta de intervención edificio de vivienda Prado y Santa Elena*. Oficina del Historiador de La Habana, Cuba.

GUTIÉRREZ, E. P. (2013). *Impacto del Cambio Climático y Medidas de Adaptación en Cuba*. Instituto de Meteorología. Agencia de Medio Ambiente. Ministerio de Ciencia. Medio Ambiente y Tecnología. La Habana Cuba.

HERRÁN, C. (2012). *El Cambio Climático y sus consecuencias para el A.L. Proyecto Energía y Clima de la Fundación Friedrich Ebert – FES* [Online].

HERRERA FUENTE, M. A. (2012). *Estrategia para la rehabilitación sustentable de edificios públicos con valor patrimonial dentro de un contexto urbano comprometido. Caso de estudio “Ten Cents. Cienfuegos”*. Tesis de Diploma, Universidad Central, Las Villas, Cuba.

LEÓN, L, A. C. V., (2015). *Conservación del Patrimonio Costero en Cuba. Caso de estudio El Morrillo*. Monografía. Universidad de Matanzas.

OROVIO, M. Q., HERNÁNDEZ, M. D. C. M., GARCIANDÍA, C. L. G. & ZARABOZO., O. D. (2008). *Ordenamiento Ambiental en Zona Turística Costera en Cuba. Medio ambiente y Desarrollo*. 15 ed. Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente.

REYES BRINGAS, N. (2013). *Estudio patológico y conservación estructural del Palacio Goitizolo*.

ROSARIO, O. R. (2013). *La experiencia de Cuba frente al Cambio Climático, CITMA*.

SANABRIA, YASIEL, (2018). *Propuesta de lineamientos constructivos para perfeccionar los sistemas constructivos aplicados en comunidades costeras. Caso de estudio: "28 DE OCTUBRE"*. Tesis de Diploma. Universidad de Matanzas.

TURNBULL, M., STERRETT, C. L. & HILLEBOE, A. (2013). *Hacia la Resiliencia. Una Guía para la Reducción del Riesgo de Desastres y Adaptación al Cambio Climático, United States Conference of Catholic Bishops*.

HOWLAND, JUAN JOSÉ Y ABEL CASTAÑEDA (2017). *El ambiente agresivo costero de la Habana y su impacto sobre las estructuras de hormigón armado*. Editorial Científico-Técnica.

Manual de reparación y mantenimiento de edificaciones del centro histórico de la Habana. *Oficina del Historiador de La Habana, Cuba*.

## Anexos

Tabla 35. Clasificación de los tipos de atmósfera a partir de las deposiciones promedios anuales de iones cloruro y sulfato según los estudios de corrosión atmosférica realizados en Cuba durante la década 2005-2015 del presente siglo

| Sitios de exposición                | D. M.<br>Norte<br>(km) | DCI<br>(mg/m <sup>2</sup> d)                 | DSO <sub>x</sub><br>(mg/m <sup>2</sup> d) | Atmós-<br>fera |
|-------------------------------------|------------------------|--|---|----------------|
| Zona occidental                     |                        |  |   |                |
| Cojímar/La Habana                   | 0,15                   | 134,55(269,1-S <sub>2</sub> ) <sub>vh</sub>  | 24,02(P <sub>2</sub> )                    | C-I            |
| Güira de Melena/Artemisa            | 30,0                   | 2,13(< 10 mg/m <sup>2</sup> d)               | 14,52(P <sub>1</sub> )                    | U              |
| Estación CNIC/La Habana             | 2,26                   | 3,26(< 10 mg/m <sup>2</sup> d)               | 25,16(P <sub>2</sub> )                    | I              |
| Mariel-1/Artemisa                   | 0,02                   | 215,15(430,3-S <sub>3</sub> ) <sub>vh</sub>  | 33,23(P <sub>2</sub> )                    | C-I            |
| Mariel-2/Artemisa                   | 2,55                   | 32,42(64,84-S <sub>2</sub> ) <sub>vh</sub>   | 26,87(P <sub>2</sub> )                    | C-I            |
| Mariel-3/Artemisa                   | 2,56                   | 29,58(59,16-S <sub>1</sub> ) <sub>vh</sub>   | 31,51(P <sub>2</sub> )                    | C-I            |
| Mariel-4/Artemisa                   | 2,68                   | 18,93(37,86-S <sub>1</sub> ) <sub>vh</sub>   | 27,0(P <sub>2</sub> )                     | C-I            |
| Mariel-5/Artemisa                   | 2,833                  | 14,97(29,94-S <sub>1</sub> ) <sub>vh</sub>   | 40,75(P <sub>2</sub> )                    | I-C            |
| Mariel-6/Artemisa                   | 2,835                  | 8,34(< 10 mg/m <sup>2</sup> d)               | 41,70(P <sub>2</sub> )                    | I              |
| Mariel-7/Artemisa                   | 7,69                   | 4,78(< 10 mg/m <sup>2</sup> d)               | 33,16(P <sub>2</sub> )                    | I              |
| Refinería-1/La Habana               | 3,5*                   | 20,90(41,8-S <sub>1</sub> ) <sub>vh</sub>    | 39,6(P <sub>2</sub> )                     | C-I            |
| Refinería-2/La Habana               | 3,5*                   | 12,12(24,24-S <sub>1</sub> ) <sub>vh</sub>   | 16,98(P <sub>1</sub> )                    | C              |
| Refinería-3/La Habana               | 3,5*                   | 24,69(48,38-S <sub>1</sub> ) <sub>vh</sub>   | 96,57(P <sub>3</sub> )                    | I-C            |
| Planta Boca de Jaruco/<br>Mayabeque | 0,12                   | 11,79(23,58-S <sub>1</sub> ) <sub>vh</sub>   | 27,21(P <sub>2</sub> )                    | I-C            |
| Seboruco-1/Matanzas                 | 0,12                   | 12,77(25,54-S <sub>1</sub> ) <sub>vh</sub>   | 35,89(P <sub>2</sub> )                    | I-C            |
| Seboruco-2/Matanzas                 | 0,12                   | 20,25(40,05-S <sub>1</sub> ) <sub>vh</sub>   | 24,18(P <sub>2</sub> )                    | C-I            |
| Universidad de Matanzas             | 1,2**                  | 12,60(25,2-S <sub>1</sub> ) <sub>vh</sub>    | 7,15(P <sub>1</sub> )                     | C              |
| Zona oriental                       |                        |  |   |                |
| Gibara-1/Holguín                    | 0,06                   | 332,21(664,42-S <sub>3</sub> ) <sub>vh</sub> | 40,39(P <sub>2</sub> )                    | C-I            |
| Gibara-2/Holguín                    | 0,1                    | 113,98(227,96-S <sub>2</sub> ) <sub>vh</sub> | 30,08(P <sub>2</sub> )                    | C-I            |
| Gibara-3/Holguín                    | 0,4                    | 31,38(62,76-S <sub>2</sub> ) <sub>vh</sub>   | 25,15(P <sub>2</sub> )                    | C-I            |
| Gibara-4/Holguín                    | 0,7                    | 24,29(48,58-S <sub>1</sub> ) <sub>vh</sub>   | 27,29(P <sub>2</sub> )                    | C-I            |
| Gibara-5/Holguín                    | 1,2                    | 3,21(<10 mg/m <sup>2</sup> d)                | 24,55(P <sub>2</sub> )                    | I              |

Leyenda. DCI: deposición promedio anual de las sales de iones cloruro (mg/m<sup>2</sup>d), DSO<sub>x</sub>: deposición promedio anual de SO<sub>2</sub> (mg/m<sup>2</sup>d), D. M.: distancia desde el mar.

**Anexo 1: Resultados de los estudios de corrosión atmosférica realizados en Cuba en la década 2005-2015 del presente siglo. Fuente: Howland y Castañeda, 2017.**