

*Universidad de Matanzas
Facultad de Ciencias Técnicas*



**TÍTULO: PROPUESTA DE SOLUCIONES PARA LA
REPARACIÓN CAPITAL DEL PEDRAPLÉN VIADUCTO
MATANZAS-VARADERO.**

Trabajo de Diploma en Ingeniería Civil

Autor: Yaniel E. Roján González

Tutora: Ing. Celia Ávila Restoy

Cotutor: Ing. Homero Morciego Esquivel

Matanzas, 2018

PENSAMIENTOS.

El pensamiento se ha de ver en las obras. El hombre ha de escribir en las obras.

El único autógrafo digno de un hombre es el que deja escrito en sus obras.

José Martí.

DEDICATORIA

A la memoria de mis dos abuelas, donde quiera que se encuentren, estuviesen orgullosas de verme graduado universitario.

A mis padres y el resto de la familia, que me ayudaron y me aconsejaron en todo momento a no dar un paso atrás para lograr este sueño.

A mis amigos que siempre me brindaron su apoyo incondicional.

A mis compañeros de aula; y profesores por su dedicación y enseñanza en el logro de este objetivo.

A mi tutor y cotutor por recibir lo mejor de ellos en esta etapa final.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y el resto de la familia, amigos, profesores y tutores, por la confianza depositada y su dedicación han hecho posible que haya podido cursar mis estudios como Ingeniero Civil.

A Adrián, por su colaboración invaluable.

A mis compañeros de aula, que han compartido conmigo alegrías y tristezas en estos años de estudio. En especial a mis compañeros del cuarto 85 del edificio C (GCN), que tantas horas hemos compartido, robándonoslas al sueño.

A todos los que de una forma u otra con su apoyo y cariño han contribuido a la realización de este Trabajo de Diploma.

A todos muchas gracias.

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Yo Yaniel E. Roján González por medio de la presente declaro que soy el único autor de este trabajo de diploma y, en calidad de tal, autorizo a la Universidad de Matanzas «Camilo Cienfuegos» a darle el uso que estime más conveniente.

NOTA DE ACEPTACIÓN

Miembros del Tribunal:

Presidente

Secretario

Vocal

RESUMEN

El siguiente trabajo de diploma titulado: Propuesta de soluciones para la reparación capital del Pedraplén Viaducto Matanzas-Varadero. A partir de los problemas existentes y la necesidad de prolongar el período de servicio después de 25 años de explotación para mantener el enlace turístico Varadero-La Habana, primeramente, se revisó el estado del arte de los pedraplenes en cuanto al diseño y construcción analizándose las definiciones, partes estructurales, investigaciones y parámetros de diseño etc. Para lograr un nivel necesario de información para realizar un diagnóstico de las principales afectaciones presentes en el caso de estudio. Después de éste resultados se proponen un conjunto de soluciones para los trabajos de reparación capital, desarrollar una organización de obra y facilitar el proceso. La propuesta de soluciones se resume en un conjunto de fichas de reparación anexadas en el trabajo.

Palabras claves: pedraplén; diagnóstico; reparación capital; organización de obra.

ABSTRACT

The following diploma work whose title is: Proposed solutions for the capital repair of Pedraplén Viaducto Matanzas-Varadero. Starting from the existing problem of the need to extend the service period after 25 years of exploitation to maintain the tourist link Varadero-La Habana, first, the state of the art of the pedraplenes was reviewed in terms of design and construction, analyzing their definitions, structural parts, main research and design parameters etc. To obtain a level of information necessary to make a diagnosis of the main affectations present in the case study. After this results, a set of solutions for capital repair works are proposed, developing a work organization to facilitate the process. The solution proposal is summarized in a set of repair files attached to the work.

Keywords: pedraplén; diagnosis; capital repair; work organization.

Índice

Introducción	1
Capítulo 1 Evaluación del estado del arte.....	6
1.1 Antecedentes.....	6
1.1.1 Breve reseña histórica de los pedraplenes	6
1.1.2 Necesidad del empleo de los pedraplenes.....	8
1.2 Obras de movimiento de tierras. Los pedraplenes.....	9
1.2.1 Tipos de estructuras de movimiento de tierra.....	10
1.3 Los pedraplenes.....	10
1.3.1 Definición.....	10
1.3.2 Estructura del pedraplén.....	11
1.3.3 Materiales para la construcción de pedraplenes.....	12
1.4 Métodos para la construcción de pedraplenes en Cuba.....	13
1.4.1 Tipos de métodos según las características de la zona de emplazamiento.....	14
1.4.2 Los métodos constructivos pueden ser de tres formas:.....	14
1.5 Diseño y ejecución de pedraplenes marítimos en Cuba.....	17
1.5.1 Principales investigaciones para el diseño de los pedraplenes marítimos.....	17
1.5.2 Principales parámetros para el diseño de pedraplenes marítimos.....	23
1.5.3 Relación y descripción de las actividades.....	24
1.6 Impacto de los pedraplenes en las inversiones de ingeniería, obras costeras y de pantanos o manglares.....	26
Conclusiones del capítulo.....	26
Capítulo 2 Caracterización y diagnóstico del caso de estudio.....	27
2.1 Caso de estudio.....	27
2.1.1 Pedraplén Viaducto Matanzas-Varadero.....	27
2.1.2 Microlocalización.....	28
2.1.3 Geología general de la zona.....	28
2.1.4 Parámetros del diseño relacionados con la estructura del pedraplén.....	29
2.1.5 Etapas constructivas.....	30
2.1.6 Métodos constructivas.....	31
2.2 Diagnóstico del caso de estudio.....	32
2.2.1 Definición:.....	33
2.3 Principales afectaciones.....	34
2.3.1 Evaluación de la condición del pedraplén y otros elementos.....	34
2.3.2 Evaluación del manto protector del talud por sectores.....	35
2.3.3 Evaluación de la escollera y bermas de rocas por sectores.....	36
2.3.4 Evaluación de las alcantarillas por sectores.....	40
2.4 Resultados del diagnóstico.....	45
2.5 Método del Manual de Ingeniería de Costa, (MIC).....	47
2.5.1 Determinación del campo de vientos o fetch de la ola.....	48
2.5.3 Determinación de la profundidad de ruptura de la ola.....	49
2.6 Evaluación del riesgo.....	53
Conclusiones parciales del capítulo.....	54
Capítulo 3 Propuestas de soluciones para la reparación capital del caso de estudio.....	55
3.1 Elaboración de las soluciones para la reparación capital.....	55

3.1.1 Reparación capital. Definición.....	55
3.1.2 Ficha de reparación.....	56
3.1.1 Trabajos de reparación en la protección de la glorieta.....	57
3.1.6 Trabajos de reparación en el manto protector del talud.....	57
3.1.4 Trabajos de reparación en la escollera.....	58
3.1.5 Trabajos de reparación de las bermas de rocas.....	59
3.1.3 Trabajos de reparación de las alcantarillas.....	59
3.2 Materiales.....	60
3.3 Organización de los trabajos de reparación.....	60
3.3.1 Criterios.....	60
3.3.2 Planificación de la organización de los trabajos.....	61
3.3.3.1 Descripción de las actividades.....	63
Conclusiones del capítulo.....	64
Conclusiones.....	65
Recomendaciones.....	66
Referencias Bibliográficas.....	67
Anexos.....	69

Introducción

En el mundo la utilización de pedraplenes en la actividad Ingeniera es un tema bien conocido, su uso se hace cada vez más frecuente en diseños de obras cuando se construye en suelos de baja capacidad portante o presencia de manto freático e incluso dentro del mar, que por lo regular son zonas bajas o costeras, que poseen suelos muy blandos compuestos fundamentalmente por arcillas, limos o turbas, que con el uso de pedraplenes se puede lograr a un menor costo, construir explanadas para diques, vías de comunicación, obras de protección costeras, obras portuarias, etc.

Actualmente en los países desarrollados su uso en el mar, no está muy relacionado con las vías de comunicación ya que para estos casos, hacen uso de las estructuras de hormigón, acero o una combinación de ambos apoyadas sobre pilotes o cimentaciones directas, su utilización en el mar, está más identificado con muros de contención, banquetas o plataformas para el apoyo de muros de hormigón, escolleras para la protección de obras costeras o protección de tuberías construidas mar adentro apoyadas sobre el lecho marino, etc. utilizando en su construcción medios marítimos para la colocación del material y terrestres en la extracción y transporte.

En Cuba a partir de los años 80 el desarrollo de zonas turísticas y otros programas como el petróleo, trajo consigo un aumento en la tendencia para la construcción de pedraplenes. Para ello, fueron creados contingentes especializados en este tipo de estructura bajo la directiva principal del Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz, prestándole a esta nueva solución estructural un apoyo diferenciado y una atención directa.

La construcción de pedraplenes impactó a gran escala en el mejoramiento de los algoritmos de trabajo de los programas de desarrollo vial y extracción de petróleo principalmente en la parte central del país y en zonas de la costa norte Matanzas – Villa Clara que estaban fundamentalmente dedicadas al turismo ejemplo (Cayo Coco, Cayo Santa María, la ampliación de la Autopista Sur de Varadero, entre otros). Luego se extendieron estos proyectos a otras provincias y zonas del país; aunque se realizaba con auge la construcción de los mismos, los ingenieros cubanos no contaban con las normativas ni bibliografías necesarias para establecer un procedimiento concreto.

En el siguiente trabajo de diploma se hace referencia a una obra que actualmente se encuentra en pleno funcionamiento, en este caso: Pedraplén Viaducto Matanzas-

Varadero. Se analizarán y determinarán los problemas que presenta, para plantear un conjunto de medidas o soluciones para su corrección. Para esto es necesario realizar un estudio del estado del arte de los pedraplenes construidos en Cuba, que permita analizar los diferentes criterios y normativas cubanas e internacionales empleadas en su diseño y construcción; para comparar sus diferentes aspectos y diagnosticar la reparación capital a partir de las afectaciones que ha presentado dicha obra. La efectividad de algunos elementos del diseño aplicado en su construcción y el estado del arte moderno deben ser modificados, identificarán las soluciones más efectivas.

Debido a la gran importancia que presenta el Viaducto de Matanzas con el fin de comunicar al pueblo de Varadero y La Habana, enlace turístico principal del país, se hace necesario prolongar su período de servicio porque el mismo lleva más de 25 años de explotación. Para esto es necesario conocer las afectaciones que presenta y proponer un conjunto de soluciones para su reparación capital, a pesar de la inexistencia de una norma cubana sobre pedraplenes que permita resolver esta **situación problemática**.

Se plantea como **problema científico**: ¿Qué propuestas de soluciones se recomendarían para la reparación capital del Pedraplén Viaducto Matanzas-Varadero a partir de sus principales afectaciones producidas en más de 25 años de explotación?

Luego de analizar el problema de investigación surge la necesidad de encontrar una solución teniendo como **objeto de estudio** la creación de propuestas de soluciones para la reparación capital; y como **campo de acción** la creación de propuestas de soluciones para la reparación capital del Pedraplén Viaducto Matanzas-Varadero.

Hipótesis científica:

Si se realiza un diagnóstico de las principales afectaciones del Pedraplén Viaducto Matanzas-Varadero, será posible determinar las propuestas de soluciones para su reparación capital.

Objetivo general

Proponer soluciones para la reparación capital del Pedraplén Viaducto Matanzas-Varadero.

Objetivos específicos

1. Analizar el estado del arte del diseño y construcción de los pedraplenes.
2. Analizar el diseño y las técnicas constructivas utilizadas en la ejecución del Pedraplén Viaducto Matanzas-Varadero.
3. Realizar el diagnóstico de las principales afectaciones del Pedraplén Viaducto Matanzas-Varadero.
4. Proponer las soluciones para la reparación capital del Pedraplén Viaducto Matanzas-Varadero.

Se espera como resultados de los estudios realizados:

Prolongar el período de servicio del Pedraplén Viaducto Matanzas-Varadero a partir de la propuesta de soluciones para su reparación capital

Valores que se destacan en la investigación.

- Económico: Al llegar a una conclusión en cuánto a las distintas soluciones, se dotará a los principales organismos de información suficiente para mejorar el Pedraplén Viaducto Matanzas-Varadero.
- Práctico: Los organismos implicados en la renovación y restauración de la Ciudad de Matanzas contarán con un modelo de gestión que le permitirá tomar medidas en pos de la realización de tareas encausadas al logro de un mejoramiento sobre los pedraplenes similares a éste; es decir, permite la aplicación de toda una experiencia acumulada para la construcción de pedraplenes.
- Social: La población residente en el área se beneficiará en gran medida puesto que tendrán evidentes ventajas sobre las condiciones actuales.
- Metodológico: Su elaboración desarrolla una metodología o una nueva herramienta que pueda emplearse en la realización de los trabajos de reparación en pedraplenes.

Tareas de investigación:

1. Recopilación de la información necesaria para el análisis del estado del arte del diseño y construcción de pedraplenes.
2. Estudio del diseño y las técnicas constructivas utilizadas en el caso de estudio.
3. Estudio de metodologías para diagnosticar el caso de estudio.

4. Propuestas de soluciones para la reparación capital.

Métodos Científicos

En la presente investigación se emplearán diferentes métodos teóricos como:

- Análisis-síntesis.

Una vez definidos el objetivo general y las tareas de la investigación, se comenzará la recopilación de información referente al tema, estableciendo puntos de concatenación entre la presente indagación y materiales anteriores en cuanto a enfoque, visión y perspectiva. Al localizar la información en las diferentes fuentes bibliográficas, se realizará el fichaje para su posterior procesamiento, el cual consistirá en una lectura exhaustiva con el fin de describir los elementos relacionados en la búsqueda y establecer conexiones entre los mismos que posibilitarán el logro de los objetivos y el cumplimiento de las tareas de investigación.

- Histórico-lógico.

Como parte de la caracterización del objeto de estudio, y como resultado de la revisión bibliográfica, se elaborará una reseña con la descripción de los antecedentes de los pedraplenes en el ámbito nacional.

- Inducción-deducción.

Tomando como referente los resultados de investigaciones basadas en los criterios de diseño de pedraplenes, se tomarán soluciones y medidas para su reparación.

En la presente investigación se emplearán diferentes métodos empíricos como:

- Observación.

El diagnóstico se realizará mediante observaciones directas, ya sean mecanizadas o manuales, de los distintos sectores del pedraplén.

- Medición.

Los distintos métodos de medición arrojan como resultado datos más exactos y confiables.

Estructura de la Tesis:

- Portada
- Declaración de autoridad.
- Nota de aceptación.

- Resumen.
- Abstract.
- Tabla de contenido.
- Introducción.
- Capítulo # 1: Evaluación del estado del arte del diseño y construcción de los pedraplenes. Métodos para realizar un diagnóstico de las principales afectaciones.
- Capítulo # 2: Realizar la revisión y el análisis de los métodos aplicables en el caso de estudio Pedraplén Viaducto Matanzas-Varadero, desde el punto de vista del diseño y construcción. Realizar el diagnóstico de las principales afectaciones sufridas, en cada uno de sus componentes estructurales.
- Capítulo # 3: A partir de los resultados del capítulo anterior proponer un conjunto de soluciones para su reparación capital.
- Conclusiones.
- Recomendaciones.
- Bibliografía.
- Anexos

CAPÍTULO 1 EVALUACIÓN DEL ESTADO DEL ARTE

En este capítulo se evalúa el estado del arte con relación al tema de diseño y construcción de pedraplenes en Cuba. También se analizan los elementos para realizar un diagnóstico de las afectaciones en las principales estructuras del pedraplén. Se trata de un tema muy amplio con múltiples aspectos a considerar, por lo que resultaría difícil tratar de abarcar todos ellos. Por tanto, se tratan únicamente algunos temas como: la realización de una breve reseña histórica del desarrollo de los pedraplenes y la necesidad de su construcción; la investigación y parámetros principales para el diseño y por último sus métodos constructivos.

1.1 Antecedentes.

1.1.1 Breve reseña histórica de los pedraplenes

Efectuando una breve sinopsis histórica sobre este tipo de obras en Cuba, entre los primeros que se construyeron están los ejecutados en la primera mitad del pasado siglo XX en Puerto Padre, al norte de la provincia de las Tunas, para construir una vía férrea que permitiese acceder hasta un pequeño cayo donde se construyó Puerto Carúpano, para poder embarcar la azúcar de caña producida por la región y el realizado para llegar hasta Punta Gorda en Cienfuegos, mediante lo que actualmente se conoce como el malecón de esa ciudad; con posterioridad, por la década del 50 se comienza la ejecución de la primera etapa de la Autopista Sur de Varadero, utilizando la técnica del pedraplén en su infraestructura, que partiendo con 4 vías desde El Circuito Norte a la altura del Aeropuerto viejo de Varadero, llegaba hasta cerca del Hotel Internacional, continuando con 2 vías hasta Punta de Hicacos, se considera como la primera vez que se hizo uso del pedraplén en la zona de Varadero que sirvió como punto de partida para otros trabajos de ingeniería en el área (Toraya, 2001).

A inicios del triunfo revolucionario en la década de los años 60 se realizó un pedraplén para acceder a Playa Girón en la Bahía de Cochinos, al sur de la Ciénaga de Zapata, en la provincia de Matanzas; posteriormente en los 70, se construye uno que permitió llegar a Cayo Sabinal desde tierra firme el cual posee una longitud de aproximada de 12 Km. y un

ancho de corona de 6,00 m. La altura sobre Nivel medio del Mar (N.M.M.) es de 0,90 m como promedio. Y bajo agua oscila entre 0,60 y 1,20 m. En su construcción se utilizó macadam y rocas con peso aproximado entre 50 y 100 Kg. Encima del núcleo se colocó una capa de material de mejoramiento y posteriormente se le dio un tratamiento asfáltico. No se tuvo en cuenta el oleaje, la zona es muy baja y protegida por cayos con abundante vegetación (mangle) (Torres, 2009).

Por los años 80 se construyen otros como es el de Majaguillar al norte de la zona del Municipio de Martí, para la extracción del Petróleo en esa zona; también por esa década en 1986 comenzó la ejecución del pedraplén que une Cayo Coco con tierra firme hecho en la cayería norte de la provincia de Ciego de Ávila. La longitud del mismo es de 26 Km, (el primero de este tipo en el país) el ancho de corona es de 8,00 m, tiene una altura de 2,66 sobre el N.M.M y en el diseño se tuvo en cuenta el oleaje. La profundidad del mar varía y en ocasiones alcanza más de 3,00m. En el diseño de este pedraplén se tomaron medidas para mantener el equilibrio ecológico en zonas afectadas por el trazado y se construyeron 14 puentes, con luces de 20,00 m, para tratar de mantener las condiciones ambientales y marinas sin afectar la flora y la fauna en la región. El fondo de cimentación es variable en todo el recorrido, encontrándose capas de cieno y fango, el cual con el relleno se va desplazando hacia los lados del pedraplén en la medida que avanza la construcción (Torres, 2009).

En esta misma década se construyó el pedraplén de Cayo Siguapa en la Bahía de Cárdenas de 1590 m con vista a la extracción de petróleo a esta distancia de la costa. Con ancho de corona 6,00 m y una altura de 2,00 m sobre el N.M.M. llegando a ser de 3,00 m en la parte final, en la zona más expuesta al oleaje y plataforma de trabajo de los equipos de perforación, de acuerdo al estudio de las corrientes marinas en la zona no era necesario el diseño de áreas abiertas; seguidamente los construidos al norte de Camagüey, de Villa Clara y Sancti Espíritus en los años 90 del pasado siglo, siendo el que une a Caibarién con el Cayo Santa María, el más largo de Cuba con sus 48 Km. de longitud de los cuales 43,3 están dentro del mar. El trazado se realizó contando con estudios batimétricos y geotécnicos de la zona. El ancho de corona es de 14,50 m, de los cuales 7,50 m están pavimentados. El estudio para la conservación del medio ambiente exigió la construcción de 46 puentes de los cuales 20 puentes son con luces de 20,00 m y 26 puentes con luces

de 10,00m. La altura de la corona es variable desde 2,20 m hasta 2,80 m y superior en la zona cercana a los puentes., esta obra que resultó elegida en el año 2002: Mención Iberoamericana de Ingeniería por la Sociedad Española “Puente de Alcántara” y que el CITMA ha declarado como ejemplo de obra sustentable por lograr su construcción con calidad y con el mínimo impacto ambiental en la zona.

En el año 1989 se inician los trabajos de construcción del viaducto de Matanzas, obra de ingeniería vial de primer orden, que posee 4 carriles y un separador central con el propósito de viabilizar el acceso de los vehículos que acceden al polo Turístico de Varadero desde la Capital y viceversa, este pedraplén con un trazado bordeando la Bahía hace que solo uno de sus lados se encuentre expuesto a la acción de las olas, el cual está provisto de una escollera que conserva su estructura, para su ejecución se dividió en tres etapas constructivas, existiendo un puente en cada una de ellas, de los cuales dos se encuentran en curva dificultando su diseño, el primero el puente “Guanima” con el objetivo de salvar la playa El Tennis, el segundo sobre la desembocadura del Río San Juan y el tercero no construido sobre la desembocadura del Río Yumury, ubicado en la tercera etapa, no iniciada en la actualidad; la primera etapa se terminó en el año 1994, la segunda se comienza en 1997 y se concluye en 1998; el material utilizado fue piedra caliza, traída de las excavaciones realizadas en la obra Base Supertanqueros de Matanzas y su mayor parte de un área cerca de cantera que fue estudiada para su utilización (Toraya, 2001)

1.1.2 Necesidad del empleo de los pedraplenes.

A partir de los años 80 se incrementa la construcción de pedraplenes en Cuba, por la importancia económica y la necesidad de acceder a distintos puntos de la geografía cubana, con vista a la explotación de petróleo como es el caso de plataformas petroleras en la Bahía de Cárdenas o con fines turístico como el de Turiguanó a Cayo Coco, siempre utilizándose el método tradicional con camiones de volteo, ya que son los equipos que se dispone para movimiento de tierra. Aunque en algunas ocasiones se ha hecho uso de medios marítimos (Gánguiles) (Torres, 2009).

Es una necesidad el empleo del pedraplén en las obras de ingeniería en las costas Norte y Sur de nuestro país (fundamentalmente al norte del centro de la isla), porque además de

ser una solución factible y racional desde los puntos de vista: técnico, económico y ambiental, a su vez ajustada a las tecnologías disponibles, se une la razón que es donde predomina el mangle como vegetación, con suelos turbosos, rodeado de mar y existen abundantes zonas bajas con mal drenaje.

También existen una enorme cantidad de atractivos Cayos que sirven para el desarrollo del turismo a distancias razonables de la isla mayor separados por mares de poca profundidad (hasta 5.00m), que son adecuados para este tipo de obra, independientemente que puedan construirse para mayores profundidades, donde existe la experiencia de la utilización del pedraplén en este tipo de terreno para llevar a cabo trabajos de movimiento de tierra con vista a vías de acceso, explanaciones para edificaciones u obras costeras, dando respuesta al crecimiento que demanda el turismo en el país y especialmente en el lugar donde se encuentra ubicada la obra del presente trabajo de diploma(Torres, 2009).

Según el autor en el futuro, se continuarán construyendo pedraplenes, teniendo en cuenta que es la solución más económica, cuando lo comparamos con otros métodos constructivos que se pudieran emplear en lugares donde se hace factible su aplicación, como son las estructuras de hormigón sobre puentes, cimentación directa o una combinación de ésta con pedraplén, permitiéndonos dar respuesta a los amplios programas, tanto petroleros como turísticos.

1.2 Obras de movimiento de tierras. Los pedraplenes.

Los Movimientos de Tierra son actividades constructivas muy frecuentes para la ejecución de la infraestructura vial terrestre (carreteras, vías férreas, aeropistas o pistas de aterrizajes de los aeropuertos, etc.); también para las nuevas urbanizaciones en las ciudades; para los emplazamientos de las obras sociales e industriales y demás obras necesarias para el desarrollo socio – económico de un país. Estas actividades son de la entera competencia de los profesionales de la construcción, en especial de los Ingenieros Civiles, por tal razón deben ser estudiadas profundamente para ser capaces de construir las mismas, en todas las fases de su ciclo de vida, con la eficiencia y eficacia requerida.

Movimientos de Tierra: Se denominan así a aquellas acciones que realiza el hombre para variar o modificar la topografía de un área, zona o faja, con vista a adaptarla al proyecto

ejecutivo previamente confeccionado, estos son generalmente realizados por maquinarias diseñadas especialmente para acometer estos trabajos (Amaro, 2011).

Los trabajos de movimiento de tierra se dividen en tres grupos:

1. Conformaciones. (Poca modificación de la topografía, se sigue el relieve del terreno)
2. Explanaciones. (Grandes modificaciones de la topografía, conlleva al movimiento de grandes volúmenes de tierras en excavaciones, compensaciones o rellenos)
3. Mixtos. (Reúne las características de los dos anteriores aéreas de conformación del relieve y otras de terraplenes y/o explanaciones) (Amaro, 2011).

1.2.1 Tipos de estructuras de movimiento de tierra.

El movimiento de tierra da la posibilidad de formar estructuras de tierra y/o rocas utilizando materiales naturales o artificiales que, compactados en capas sucesivas a espesores y densidades establecidas de acuerdo al tipo de material, podemos hacer de estas plataformas para situar cualquier tipo de edificación, terraplenes para vías de comunicación o pedraplenes con ambos fines, estas pueden ser de tres tipos:

1. Terraplenes y Explanadas. (Estructura formada por suelos seleccionados de granulometría distribuida, en capas debidamente compactadas).
2. Escolleras. (Formada por rocas de granulometría uniforme).
3. Pedraplenes. (Formado por rocas con granulometría distribuida y otras de granulometría uniforme, en correspondencia con cada una de las partes que lo forman) (Amaro, 2011).

1.3 Los pedraplenes.

1.3.1 Definición.

Pedraplén es: “una estructura mixta conformada por suelos granulares seleccionados y/o rocas de granulometría distribuida en la zona de núcleo y cerrada o confinada en los taludes laterales (escolleras), que permite conformar una estructura de esqueleto resistente y estable a las acciones del intemperismo (principalmente al oleaje) y a las

cargas del tráfico”, sobre todo en aquellos empleados como vías de comunicación (Amaro, 2011).

Pedraplén: es un elemento constructivo que consiste en la extensión y compactación de materiales pétreos procedentes de excavaciones de roca. Se usa para la construcción de rellenos, bien de gran altura o que sean inundables. El pedraplén suele estar formado por fragmentos de roca de gran tamaño que oscilan entre los 100 mm y los 900 mm (Escario, 1981).

Pedraplén: explanaciones construidas dentro del mar y que tienen como elemento fundamental para su ejecución a las piedras (Torres, 2009).

Pedraplén: La construcción de materiales pétreos para elevar el nivel del terreno natural (García et al., 1980).

El autor define entonces como pedraplén: Elemento constructivo basado en la extensión y compactación de materiales pétreos, que tienen como material fundamental para su ejecución las rocas, todo ello con el objetivo de elevar el nivel del terreno natural y aumentar la resistencia y estabilidad de su estructura sobre las acciones del intemperismo y a las cargas del tráfico.

1.3.2 Estructura del pedraplén.

1- **Coronación:** parte comprendida entre núcleo y el terreno. El cimiento podrá tener las mismas características que el núcleo. En caso contrario el ingeniero a cargo de la obra fijará su espesor (Amaro, 2011).

2- **El núcleo** es la parte central del pedraplén y está formado por material granular con diámetros inferiores a las piedras de la coraza, pero a su vez con un material más grueso en su parte inferior en contacto con el terreno natural y otras de menor tamaño en su parte superior. Sus funciones principales son: servir de apoyo a la subrasante y la estructura de pavimento, sostenimiento de la coraza, permitir las canalizaciones para redes de ingeniería y proveer una cierta barrera contra la transmisión de la energía de las olas (Torres, 2009).

3-Cimiento: Formada por la parte inferior del pedraplén en contacto con el terreno preexistente o superficie de apoyo. El espesor será como mínimo de un metro (1 m) o la máxima altura libre desde la superficie de apoyo hasta la zona de transición del pedraplén, cuando dicha altura libre fuera inferior a un metro (1 m) (Machado, 2014).

4-Escollera: Obra construida de materiales pétreo para la protección de terraplenes, pedraplenes o cualquier tipo de estructura que se encuentren parcialmente sumergidas, contra el embate de olas y/o la acción de corrientes y mareas, se recomienda que su espesor sea dos veces el diámetro nominal de las piedras. También, puede ser utilizada como lecho artificial de estructuras marítimas. No siendo necesaria su ejecución cuando el pedraplén no se encuentra sometido a la acción del oleaje (García et al., 1980)

1.3.3 Materiales para la construcción de pedraplenes.

Procedencia.

Los materiales pétreos a emplear procederán de la excavación de la cantera. Excepcionalmente, los materiales pétreos podrán proceder también de préstamos. Las zonas concretas a excavar para la obtención de materiales serán las indicadas por el Proyecto o, en su defecto, por el Director de las Obras (Alonso, 2015).

Roca: Material mineral sólido que se encuentra en estado natural, en grandes masas o fragmentos y que requiere de explosivos para su explotación en canteras de préstamo (Amaro, 2011).

Calidad de la roca.

En general, serán rocas adecuadas para pedraplenes las rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas resistentes, sin alteración apreciable compactas y estables frente a la acción de los agentes externos y, en particular, frente al agua.

Se consideran rocas estables frente al agua aquellas que, según (NLT-255, 2004), sumergidas en agua durante veinticuatro horas (24 h), con tamaños representativos de los de puesta en obra, no manifiestan fisuración alguna, y la pérdida de peso que sufren es igual o inferior al dos por ciento (2%). También podrán utilizarse ensayos de ciclos de humedad-sequedad, según (NLT-260, 2004), para calificar la estabilidad de estas rocas, si así lo autoriza el Director de las Obras (Alonso, 2015).

Características de la roca.

Las rocas sufren descomposición química por la acción de agentes que las atacan modificando su composición mineralógica, el principal agente en este caso, es desde luego es el agua y los mecanismos de ataque son: la oxidación, la hidratación y la carbonatación, todos estos efectos suelen asentarse con los cambios de temperatura (Badillo and Rodríguez, 2005).

La relación entre la resistencia a la compresión simple en estado saturado y seco deberá ser mayor o igual a 0,70.

Serán estables químicamente frente a la acción de los agentes externos en particular frente al agua. La pérdida en peso por la acción de una solución de sulfato sódico deberá ser menor al 20% (Badillo and Rodríguez, 2005).

El material pétreo a utilizar en la construcción de pedraplenes, se requiere que carezcan de grietas, oquedades y posean un bajo índices de poros, aspectos que lo ayuda a cumplir con un peso específico $\gamma=2t/m^3$, por lo que será roca sana con características y propiedades aprobadas según ensayos realizados a la cantera suministradora, tales como: dureza, angulosidad, dimensionamiento, intemperización y resistencia a la descomposición bajo agua, de acuerdo a lo establecido en el proyecto. Estas características permiten de manera conjunta que se comporten estables, resistentes y duraderas:

- Estables ante los posibles deslizamientos o movimientos que puedan o tiendan a ocurrir (forma).
- Alta resistencia a compresión (dureza).
- Duraderas para asegurar que su comportamiento no se modifique durante el tiempo de servicio o vida útil de la obra. Resistente a la acción de los sulfatos y a la descomposición bajo agua. (Composición Química) (Badillo and Rodríguez, 2005).

1.4 Métodos para la construcción de pedraplenes en Cuba.

Para la construcción de pedraplenes en el mundo se conocen varios métodos constructivos, aunque en nuestro país el que se ha venido aplicando es método tradicional con la maquinaria que se plantea en la RC-3014 de 1980 o sea mediante el empleo de

camiones de volteo, el topador de estera y compactador, aplicando una técnica que no se describe en dicha regulación, pero que se conoce como Técnica del Núcleo Adelantado.

Según la RC-3014 de 1980 esta técnica consiste en avanzar con el núcleo unos 10 a 12 m, dejando el material más fino en la zona central y el más grueso en los laterales, para esto se voltea el camión unos 5 m del extremo, y entonces por medio de un topador de estera, ir llevando el material hacia el frente y los laterales con la cuchilla levantada unos 25 cm., conformándose con las piedras más pequeñas que deja en su avance la cuchilla del topador levantada la capa de transición del núcleo, con las que hace llegar la cuchilla al frente de avance, el cimientado del propio núcleo y con las que hace llegar la cuchilla del buldozer a los laterales el filtro. Siempre pendiente a que el frente de avance del pedraplén mantenga una forma puntiaguda, para que el cieno se desplace hacia los laterales.

Seguidamente a una distancia de 10 a 12 m por detrás del núcleo que se adelanta con su capa de transición se coloca la escollera, técnica aplicada en el pedraplén Caibarién – Cayo Santa María, la colocación de la coraza protectora puede ser a volteo directo, con una retro desde tierra realizando el acomodo de las rocas, o desde el mar con grúas jaiba sobre patanas (García et al., 1980).

1.4.1 Tipos de métodos según las características de la zona de emplazamiento.

- Totalmente en tierra: Admitiría solo la utilización de medios terrestres.
- Totalmente en el mar: Obligatoriamente se necesita de medios marítimos, apoyado con medios terrestres.
- Mixto parte en tierra y parte en el mar: Puede ser ejecutado totalmente con medios terrestres, pero lo idóneo es una combinación de medios Marítimos y Terrestres, lo que permite un mayor avance en la ejecución (Rodríguez, 2015).

1.4.2 Los métodos constructivos pueden ser de tres formas:

1. Vía marítima: Uso de gánguiles, patanas y dragas.

Este método es aplicable cuando se construye pedraplenes en el mar y el calado lo permite, existiendo la opción del uso de varios equipos que puede ser:

Gánguiles

Los tipos de gánguiles: depende de la carga total a verter, tamaño de escollera y oscilaciones del nivel del mar. Independientemente de su forma de descargar con ellos se puede trabajar hasta aproximadamente 2 m por debajo del nivel del mar, En Cuba es un método poco conocido. Sus ventajas consisten en la posibilidad de acortar la distancia de transportación transportando grandes volúmenes, realizan trabajos en los que su corona no emerge sobre el nivel del mar. Muy factibles para la construcción de escolleras de protección de tuberías colocadas sobre el lecho marino, ya que permiten hacer un vertimiento localizado en el área que se desea.

Para el trabajo con estos equipos requiere de:

- Construir un cargadero, considerando las características de los gánguiles y la magnitud del volumen a verter. En función de los rendimientos previstos puede ser conveniente que puedan operar varios equipos simultáneamente para la carga de los gánguiles.
- Redactar un Plan de Vertido, en el que se refleje la cantidad de material que debe llevar y las coordenadas del lugar de vertido para cada una de las operaciones del gánguil.

Distintas formas de vertido de los Gánguiles.

- I. Gánguil de cono: gran capacidad.
- II. Gánguil de volcado: Basculación por lastres.
- III. Gánguil ordinario: Patana con maquinaria terrestre.
- IV. Gánguil de empuje: con mecanismo.
- V. Gánguil de bisagra: gran capacidad.

Patanas

Los trabajos en patanas con grúa de jaiba permiten la utilización de grandes bloques de roca (mayores de 2 TN) permitiendo un buen trabajo en escolleras, revestimiento de taludes, garantiza un buen acomodo y economía de las rocas, lográndose una buena terminación y alineación en los taludes.

También se utilizan para banquetas con reducidos volúmenes de material y calados inferiores a 6 m, que impiden realizar la operación con otro tipo de embarcación. Sobre las Patanas se carga el material con el que se construirá la banqueta y se instala una

retroexcavadora que será la encargada de colocarlo y enrasarlo. Si las banquetas se ubican cerca de terrenos emergidos con suficiente capacidad portante, la colocación del material se puede realizar con grúa, con jaiba o cuchara desde ellos.

Los métodos marítimos tienen la ventaja de ser más selectivo en la ubicación del material para la conformación del pedraplén, permitiendo que desde los inicios se pueda comenzar a verter material que cumpla con la sección deseada o sea llevando el material hasta el pie del talud, dando lugar a una pendiente de talud uniforme, que en el método terrestre hay que logrando con un sobre ancho en la coronación.

Este método tiene la desventaja de ocasionar mayor turbidez que el método terrestre, dificultando el control de obra y se pierde la ventaja que ofrece el terrestre de ir compactando el núcleo a medida que se avanza sobre el mismo.

2. Vía terrestre: Uso de tráfico rodado. (Camión volteo, topador frontal, cargador, etc.) Iniciando el núcleo siempre con la corona por encima del nivel del mar.

En este método la corona inicial hay que llevarla por encima del (N.M.M), es el usado en nuestro país, ya que es la tecnología que se dispone, suele ser más barata, y menos compleja, permite un mayor flujo de equipos, por lo que requiere de un buen proyecto de organización de obra y plan de reparaciones y mantenimientos por el alto nivel de deterioro que trae consigo estas labores en el equipamiento.

Ventajas

La inversión que se haga en el equipamiento permiten ser usados a su vez en otros tipos de obras de movimiento de tierra.

Que la obra se encuentre menos expuesta a la acción de fenómenos ambientales, solo el frente de avance, ya que permite que al resto de la estructura se le pueda ir colocando la coraza protectora.

El paso sobre el mismo para llevar el material al frente de avance ayuda a la compactación dando lugar que las deformaciones que pudieran ocurrir aparezcan durante la ejecución.

Desventajas

La anchura de coronación se hace mayor, debido a un sobre ancho para el trabajo de la maquinaria y el derrame del material.

3. Operaciones mixtas: (utilización de equipos marítimos y terrestres) útil para realizar parte sumergida y después avanzar con el resto de obra.

Con este método se logra un mayor avance, ya que permite un trabajo combinado, donde por vía marítima se sitúa el material hasta la cota que permita el equipo empleado, que pudiera ser utilizando gánguiles, dando la posibilidad de iniciar el pedraplén vertiendo el material con las secciones de base que plantea el proyecto y por vía terrestre la ejecución del resto de la altura deseada, acompañándolo de pontanas con grúas en la colocación del material de protección de los taludes (coraza). Permitiendo que se logre un talud uniforme con la pendiente indicada en el proyecto (Rodríguez, 2015).

Siempre que sea posible el empleo de medios marítimos, el método combinado vía marítima y terrestre resulta ser el más ventajoso. El método terrestre o tradicional puede ser muy adaptable a cualquier situación, ya que en las condiciones más adversas estas son estructuras que emergen por encima del nivel medio del mar y que su principal objetivo es crear una explanada o plataforma de trabajo que por vía marítima es imposible de lograr, por lo que consideramos que esta última va a tener que ser acompañada de equipos terrestre en la ejecución, reconociendo las ventajas que ofrece para los casos de estructuras que no necesariamente tengan que superar el nivel medio del mar o para aquellos casos de escolleras de protección costeras que no conlleven paso vehicular (Rodríguez, 2015).

1.5 Diseño y ejecución de pedraplenes marítimos en Cuba.

1.5.1 Principales investigaciones para el diseño de los pedraplenes marítimos.

- ✓ Estudio de vientos, olas y corrientes.

Será necesario determinar el efecto del oleaje y particularmente la altura de la ola de diseño. La obtención con exactitud de esta ola y de sus parámetros fundamentales constituye uno de los objetivos más importantes y difíciles de lograr ya que estas obras se encuentran situadas en aguas de poca profundidad con abundantes fenómenos de refracción, difracción y otros que dificultan los cálculos. La determinación y caracterización de la acción del oleaje es decisivo para el diseño.

Otro de los estudios importantes a realizar es la determinación de la sobreelevación del nivel medio del mar durante la ocurrencia de fenómenos meteorológicos extremos. Se asume que los componentes fundamentales de dicha sobreelevación son:

Sobreelevación por efecto del viento (S_v)

El viento que sopla sobre un espejo de agua, ejerce una fuerza horizontal sobre la superficie e induce una corriente superficial en su dirección media. Junto a la costa se acumula el agua transportada por las corrientes, provocando la sobreelevación del nivel del mar en la zona de sotavento y el consiguiente descenso en la zona de barlovento (Díaz, 2013).

Sobreelevación por efecto del oleaje.

Está demostrado que luego de la rotura del oleaje, se produce una sobreelevación adicional que depende exclusivamente de las características del oleaje en rotura y que es el resultado de la acción de un tren de múltiples olas durante un período de tiempo suficiente. Esta sobreelevación puede entenderse como una transformación de la energía cinética de las olas en energía potencial (Díaz, 2013).

Sobreelevación por efecto de la presión atmosférica.

El nivel del mar aumenta, además, debido a la disminución de la presión atmosférica que acompaña a estos fenómenos, por el llamado efecto del barómetro invertido. El nivel del mar varía a razón de 1 cm por cada milibar (mb) de variación de la presión atmosférica. Dicha variación será la diferencia entre la presión atmosférica media en la zona de estudio y la presión mínima registrada durante los fenómenos meteorológicos más intensos (Esspinosa, 2015).

Marea astronómica (M_a)

Teniendo en cuenta que la probabilidad de que la ocurrencia de un fenómeno meteorológico extremo coincida con la ocurrencia de una pleamar máxima es muy poca y que se hace necesario tener en cuenta la existencia de las oscilaciones de marea, es razonable, asumir como valor de altura de marea sobre el nivel medio del mar, la semiamplitud promedio de marea en la estación mareográfica ubicada en la zona (Escario, 1981).

- ✓ Información de los huracanes o perturbaciones meteorológicas.

Será necesario determinar los fenómenos meteorológicos que han pasado o afectado la zona de ubicación del pedraplén. Deberán obtenerse las olas y los vientos y su tiempo de acción en las diferentes direcciones, sobreelevaciones, etc (Díaz, 2013).

Velocidad y duración del viento.

Los vientos intensos que influyen en la región son los originados por las tormentas severas y los ciclones, siendo estos últimos los más significativos por su duración y capacidad de generar oleajes intensos. Para los primeros se consideraron velocidades de 30 y 45 km/h para realizar cálculos.

Los ciclones tropicales se clasifican de la forma siguiente:

Depresión tropical. Un sistema organizado de nubes y tormentas eléctricas con una circulación definida en la superficie y vientos sostenidos máximos de 61 km/h o menos. Estos últimos se definen como el viento promedio en un minuto, medido a 10 metros sobre la superficie del terreno.

Tormenta tropical. Un sistema organizado de fuertes tormentas eléctricas con una circulación definida en la superficie y vientos sostenidos máximos entre 61 y 118 km/h.

Huracán. Un sistema tropical atmosférico intenso de fuertes tormentas eléctricas con una circulación en la superficie bien definida y vientos sostenidos máximos de 118 km/h (64 nudos) o más altos.

De acuerdo con la intensidad de los vientos los huracanes se clasifican según la escala Saffir-Simpson según exponemos a continuación:

Tabla 1.1 Clasificación de los huracanes. Escala Saffir-Simpson.

Fuente: Extraída del diseño y construcción de puertos y estructuras marinas.

<i>Categorías. Saffir-Simpson</i>	<i>Vientos sostenidos en km/h</i>
I	118-154
II	155-177
III	178-208
IV	209-250
V	>250

✓ Estudios geotécnicos.

Como parte de las investigaciones geotécnicas se ejecutará un estudio geológico – geofísico e hidrográfico para determinar la profundidad del fondo marino, la profundidad de yacencia del horizonte reflector correspondiente al subfondo marino, los espesores de los elementos no consolidados y algunas características físicas de esos sedimentos. Para lograr estos objetivos se emplearán las siguientes metodologías fundamentales:

Perfilaje sísmico de reflexión de alta resolución.

Esta metodología tiene la finalidad de determinar la profundidad de yacencia del elemento reflector que subyace el elemento marino, así como los espesores del paquete de sedimentos no consolidados. El perfilaje ofrece un corte de profundidades de los horizontes de reflexión que es obtenido a partir del tiempo de ida y regreso que emplea la onda acústica durante su recorrido por el medio acuoso y por los sedimentos no consolidados, obteniéndose de forma continúa a lo largo de un perfil de sondeo, las fronteras correspondientes al fondo marino y al subfondo rocoso (Alonso, 2015).

Batimetría.

Tiene como objetivo fundamental realizar un levantamiento batimétrico en toda la zona de estudio y apoyar el perfilaje sísmico de alta resolución. Se efectúa mediante el empleo de un equipo ecosonda.

Calas de contacto.

Su objetivo es la determinación de los espesores de los sedimentos no consolidados de forma directa. Consiste en la hínca manual de una varilla graduada de 4 m de longitud a modo de comprobación para con ello realizar la correlación de los horizontes reflectivos obtenidos en los registros del perfilaje sísmico con los valores de medición directa.

Muestreo geológico superficial.

Tiene como finalidad caracterizar los sedimentos no consolidados presentes en la zona de estudio. Consiste en la toma de muestras en varios puntos distribuidos en una red regular en toda la zona de estudio. A las muestras colectadas se les determinan sus características a partir de los ensayos de granulometría, hidrómetro, peso específico y límites plásticos (Alonso, 2015).

✓ Estudios hidrodinámicos para el cálculo del ancho necesario de las áreas abiertas del pedraplén.

Comprenden la medición de las corrientes marinas en las estaciones ubicadas en las principales partes de los cayos y la obtención de información mareográfica en varios puestos de nivel provisionales ubicados en la zona de influencia del pedraplén.

Una vez organizada y analizada la información hidrodinámica disponible se procede a realizar los siguientes cálculos:

- Cálculo del desplazamiento de la onda de marea.
 - Desfasaje en ocurrencia de pleamares y bajamares entre los puestos de nivel.
 - Cálculo del prisma de marea para las distintas zonas que se hayan considerado a lo largo del pedraplén. Cálculo de la relación corriente – marea en cada estación.
 - Determinación de las velocidades media y máxima, direcciones predominantes y duración de las corrientes de flujo y reflujo.
 - Cálculo del transporte de volumen en todas las pasas para un período de marea.
 - Definición del peso o importancia hidrodinámica de las pasas afectadas por el pedraplén, en base al porcentaje en que su dinámica incide en el prisma de marea.
 - Cálculos hidrodinámicos con los puentes previstos en el proyecto preliminar.
 - Cálculo del ancho necesario de las áreas abiertas a practicar en el pedraplén de acuerdo a las exigencias hidrodinámicas determinadas (Torres, 2009).
- ✓ Estudios de ubicación de canteras de los materiales necesarios para la construcción del pedraplén.

Dado que la roca es el material principal en la construcción de los pedraplenes, deberá ser investigada cuidadosamente, no sólo su disponibilidad, sino también su densidad, dureza y su propiedad para romperse en grandes bloques cuando se explote la cantera, así como la posibilidad de producirla y entregarla económicamente en la obra.

Para estudiar cada cantera deberán realizarse los siguientes trabajos:

Trabajos topográficos

Consiste en la ubicación y nivelación de los puntos destinados a las calas a perforar referidos al sistema nacional de coordenadas.

Trabajos de perforación.

Comprende la realización de las calas definidas para el área de ubicación de la cantera. La metodología empleada en la descripción y reconocimiento de los materiales extraídos en la perforación es la que aparece en la norma ASTM – D- 2488-90.

Ensayos de laboratorio.

A las muestras de rocas obtenidas durante la perforación se les realizarán ensayos físicos – mecánicos y químicos.

A continuación, se mencionan los tipos de ensayos a realizar y las normas a aplicar:

- Ensayos de compresión sin confinamiento según la norma ASTM–D-2938.
- Ensayos de absorción y peso específico de las rocas según la norma ASTM–C97.
- Ensayos de estabilidad de los áridos a la acción de los sulfatos de sodio o magnesio según la norma cubana NC-54-247-83.
- Análisis químico de las rocas según la norma cubana NC-44-19-76 (Torres, 2009).

- ✓ Estudios para la conservación del medio ambiente.

Deberán estudiarse detenidamente los problemas que pudieran traer al ecosistema la construcción del pedraplén y darles solución en el diseño, aunque se sabe que son muy complejas las condiciones de cada lugar y muy difíciles las decisiones a tomar para tenerlas en cuenta, pero, no obstante, no es posible permitir que se obvien los estudios e investigaciones necesarios para la toma de decisión.

Entre los problemas más importantes a considerar tenemos la ubicación, a que separación y de que longitud se diseñarán los puentes para el mantenimiento del ecosistema, así como las velocidades permisibles de las corrientes marinas en ellos para evitar la socavación.

En Cuba está establecida la obligatoriedad de obtener la Licencia Ambiental, para lo cual el Ministerio de Ciencias, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) a través del Centro de Inspección y Control Ambiental (CICA) realiza los análisis necesarios para la aprobación de este tipo de obra una vez demostrado que no producen afectaciones al medio ambiente (Torres, 2009).

1.5.2 Principales parámetros para el diseño de pedraplenes marítimos.

Para el diseño de los pedraplenes se deben tener en cuenta los parámetros siguientes:

Características geométricas del trazado.

Dependerán de los volúmenes de tránsito que se espere circulen por la vía en el año horizonte. Deben tener especial consideración las características de seguridad de la vía. El trazado en planta será tan directo como sea posible, pero asegurando una adecuada combinación de rectas y curvas que aminoren la monotonía del paisaje. El perfil longitudinal asegurará niveles tales que no produzcan afectaciones por la elevación de las aguas y el oleaje. Se colocarán defensas a ambos lados de la vía para impedir que los vehículos que se despisten caigan al agua.

Instalaciones a colocar a ambos lados de la vía.

Se tratará de minimizar al máximo las instalaciones a ambos lados de la vía por su incidencia en el aumento de la corona del pedraplén y por ende en su costo. Las redes de acueducto y alcantarillado serán colocadas soterradas una a cada lado en ambos paseos de la vía. Para el resto de las redes (eléctricas, telefónicas y otras) se realizará un estudio técnico-económico de lo que cuesta ampliar el pedraplén contra los medios técnicos que será necesario emplear para garantizar esos servicios a las instalaciones a que accede el pedraplén.

Altura del pedraplén

Para la obtención de la altura del pedraplén será necesario determinar los parámetros siguientes: nivel de diseño, trepada de la ola y espesor del pavimento de la vía. Las sumas de esos tres valores nos permiten obtener la altura del pedraplén.

- Nivel de diseño.

Se define como la suma de la altura de la ola y las sobreelevaciones esperadas debido al viento, al oleaje, a la presión y a la marea astronómica para el período de retorno considerado.

- Trepada de la ola.

Se define como la altura que alcanza la ola después que impacta la coraza del pedraplén medida a partir del nivel de diseño. La trepada de la ola es un factor determinante en la

altura del pedraplén y en ella influyen fundamentalmente la altura de la ola significativa y su período, la pendiente del talud, la permeabilidad y el ángulo de incidencia del oleaje.

La altura de la ola significativa (H_s) se define como la altura promedio del tercio superior de todas las olas.

El período de la ola (T) es el tiempo transcurrido entre dos presentaciones de las condiciones de diseño y por consiguiente de la ola de diseño. Es un factor de consideración teniendo en cuenta que se pueden presentar olas cada 5 o 10 segundos, influyendo en la estabilidad ya que determina el número de olas (N) que atacan la estructura.

La pendiente de los taludes influye en el cálculo de la trepada recomendándose el uso de inclinaciones de 1,5:1 y 2:1.

La permeabilidad tiene influencia en la estabilidad y depende del tamaño de las capas de filtro y del núcleo. Según estudios realizados la permeabilidad varía desde 0,1 para los revestimientos impermeables hasta 0,6 para las estructuras homogéneas.

El ángulo de incidencia del oleaje influye en el cálculo de la trepada, alcanzando su mayor valor para ángulos entre $20L$ y $30L$.

Espesor de las capas y dimensiones de las piedras del núcleo, el filtro y la capa de protección (coraza).

El espesor de las capas del pedraplén depende del diámetro nominal de las piedras de la coraza. Se recomienda que el espesor de la coraza sea dos veces el diámetro nominal de la piedra de la coraza y el del filtro una y media vez (Torres, 2009).

1.5.3 Relación y descripción de las actividades.

1) Replanteo.

Se construirán no menos de tres monumentaciones topográficas que sirvan de base al replanteo de la obra, a partir de los monumentos descritos en el proyecto y que deben estar referenciados a similares del I.C.G.C.

Los tramos en ejecución serán estaquillados o balizados utilizando como base de referencia las monumentaciones construidas ex profeso, antes mencionadas.

2) Limpieza y acondicionamiento del área de la obra.

De la faja de emplazamiento del pedraplén se eliminará y/o extraerá la vegetación y todo tipo de objeto u obstáculo que impidan su construcción. dejando acondicionada el área para el vertido y riego del material pétreo.

Si el pedraplén tuviese que construirse en un lugar donde existiera una capa de roca sana o estrato resistente próxima a la superficie del terreno, se eliminará todo el material indeseable por encima de dicha capa, y se asentará directamente el pedraplén sobre la superficie ya limpiada.

En caso de que el plano de apoyo del pedraplén esté constituido por terrenos de grano fino o cohesivo (arcilla, limo-arcilloso y limo) y el pedraplén resulte con posterioridad parcialmente sumergido en el agua, se dispondrán sobre dicho plano, debidamente compactado, una o dos capas de filtro según lo especificado en proyecto.

De existir un suelo resistente en la superficie del terreno, el pedraplén se asentará directamente sobre éste.

3) Vertido y riego del material pétreo.

Una vez preparado el lecho para el pedraplén se procederá a su construcción empleando materiales pétreos que cumplan las especificaciones de proyecto. Estos materiales serán extendidos en capas sucesivas de espesor uniforme y sensiblemente paralelas a la explanación.

Los espesores serán lo suficientemente reducidos para obtener con los medios mecánicos disponibles el grado de compactación requerida por proyecto y al mismo tiempo de una amplitud tal que permita contener el tamaño máximo del material pétreo que constituye la capa, sin que ésta sobrepase el doble de ese tamaño máximo.

Cuando sea elevado el nivel del pedraplén por encima del nivel del agua, las dimensiones de la piedra no serán mayores de 0.30 m y el espesor de la capa no mayor de 0.60 m, sino se especificará en proyecto. En ningún caso se admitirán piedras mayores de 0.10 m en los 0.30 m subyacentes a la cota de sub-rasante.

4) Compactación del material regado.

Cada capa se consolidará utilizando medios mecánicos adecuados tales como supercompactadores estáticos sobre neumáticos o cilindros vibratorios hasta conseguir un contacto directo, estable, no puntual, a juicio del inspector, entre las piedras que forman

el pedraplén, hasta la obtención de la superficie con cota de elevación fijada por el proyecto (García et al., 1980).

1.6 Impacto de los pedraplenes en las inversiones de ingeniería, obras costeras y de pantanos o manglares.

Se requiere de un serio estudio de los problemas que pudiera ocasionar sobre el medio ambiente natural la construcción del Pedraplén, sobre los ecosistemas marinos del lago, o mar que atraviesa, la flora o vegetación de la zona, sobre la fauna, etc., definiendo los factores afectados y los posibles impactos, para tratar de lograr un diseño que permita minimizarlos tanto en la etapa constructiva, como en su tiempo de vida útil. Al término de la ejecución deben tomarse una serie de medidas para restablecer las áreas de emplazamiento de las facilidades temporales, caminos provisionales, áreas de préstamos, etc. conformándola adecuadamente y cubriéndola con capa vegetal.

La ubicación de los puentes es de vital importancia para el mantenimiento del ecosistema debiéndose tener en cuenta la longitud de diseño y la separación entre los mismos, para mantener el equilibrio hidrodinámico natural del área, así como las velocidades permisibles de las corrientes marinas en ellos para evitar la socavación.

Para cumplimentar estas acciones en Cuba está establecida la obligatoriedad de obtener la Licencia Ambiental, para lo cual el Ministerio de Ciencias, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) a través del Centro de Inspección y Control Ambiental (CICA) realiza los análisis necesarios para la aprobación de este tipo de obra, una vez demostrado que no producen afectaciones al medio ambiente (Rodríguez, 2015).

Conclusiones del capítulo.

1. Se logra la recopilación y se analiza la información necesaria para establecer el estado del arte en cuanto al diseño y construcción de los pedraplenes.
2. Fueron estudiadas las investigaciones y parámetros para la elaboración de un diagnóstico en el pedraplén.

CAPÍTULO 2 CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO DEL CASO DE ESTUDIO.

En el presente capítulo se realizará el estudio y caracterización del Pedraplén Viaducto Matanzas-Varadero, exponiendo además los aspectos fundamentales en que nos basaremos para llevar a cabo el diagnóstico de las principales afectaciones que presenta el mismo. Precizando como encaminar el trabajo para dar respuesta a cada uno de los aspectos que detallamos en el contenido del diagnóstico.

2.1 Caso de estudio

2.1.1 Pedraplén Viaducto Matanzas-Varadero.

Debido a los trabajos de construcción del viaducto de Matanzas obra vial con el propósito de viabilizar el acceso de los vehículos que accedan al polo turístico de Varadero desde La Habana y viceversa fue necesario el 21 de noviembre de 1989 alrededor de las 6:30 a.m. el volteo del primer camión en la Bahía de Matanzas para la construcción de un pedraplén. Para su ejecución el mismo se dividió en tres etapas donde la primera es el caso de estudio a tratar Pedraplén Viaducto Matanzas-Varadero, pedraplén de 1.7km.

Con su construcción también se buscó integrar el paisaje urbano al área existente dotándolo de actividades de uso a la población como la creación de áreas verdes, áreas deportivas, zonas de descanso y de recreación. Todo esto respetando la estética y a el medio en que se encuentra. Éste pedraplén cuenta con el puente Guanima de unos 160m de longitud, que tiene como principal objetivo salvar la playa del Tenis. También tiene 8 obras de fábrica menores (alcantarillas) las cuales son las encargadas de evacuar el drenaje pluvial de la zona en gran medida. El pedraplén tiene un trazado bordeando dicha bahía, donde solo uno de sus lados se encuentra expuesto a la acción directa de las olas, razón por la que su sección presenta berma de roca y escollera, donde la segunda es la encargada de proteger a los otros elementos estructurales que lo componen de la acción directa de las olas, además de proteger a el malecón y a el vial.

2.1.2 Microlocalización.

Cuando el ingeniero civil se enfrenta a la tarea de diseñar, construir o rehabilitar un pedraplén, la ubicación de la obra es un aspecto determinante por los parámetros que inciden en la resistencia, estabilidad y vida útil de la estructura.

El Pedraplén Viaducto Matanzas-Varadero está ubicado al norte de la Ciudad de Matanzas, bordeando la Bahía, sus coordenadas cartográficas son 357 Norte-442 Este aproximadamente según la hoja cartográfica 3885-II del Instituto Cubano de Cartografía Edición 1 de 1980. Esta obra comienza a la altura de la carretera de las Cuevas y termina antes de llegar a la playa del Chino cerca del actual Servicentro Los Pinitos la cota promedio del nivel medio del mar es de 1.80m aproximadamente (Aplicadas, 1997).

2.1.3 Geología general de la zona.

Los estudios ingeniero-geológicos realizados por la ENIA de Matanzas, en la zona del caso de estudio dados a conocer en la memoria descriptiva muestran las características siguientes:

La geología de la zona estaba representada por rocas carbonatadas, terrígenas, calizas, dalamitas, marga, arcillas, areniscas, etc, cubiertas por sedimentos del cuaternario representadas por las arenas y por estudios realizados en tierras muy próximas a la línea de costa se logró conocer la siguiente geología más específica:

- Cieno gris.
- Arcilla carmelita muy plástica con fragmentos.
- Arcilla gris en ocasiones limosas y otras arenosas, ligadas con gravillas.
- Marga arcillosa de color crema amarillenta.
- Arena con restos de conchas y fragmentos.

Encontrándose estos suelos mezclados entre sí.

Para los trabajos de perforación se colocaron tres calas a una profundidad de 55.20m. Las muestras representativas de los suelos y rocas extraídos fueron enviados a laboratorios para realizarles 26 ensayos físicos y 5 ensayos mecánicos para un total de 31.

Ensayos realizados para analizar los materiales en cantera.

- Terrazas Submarinas

- Abrasión
- Resistencia a los sulfatos
- Compresión
- Estillamiento y fractura
- Valor de importe

Terrazas Submarinas.

En el litoral de la bahía de Matanzas existen una serie de terrazas submarinas muy bien definidas pudiéndose observar hasta cuatro que van aproximándose desde 1 m hasta los 40 m. La zona del caso de estudio abarca dos de las mismas. La primera de 1 m y la segunda va de 2 m a 6 m. La más cercana a la costa presenta fenómenos de erosión cárcica bien desarrolladas (Aplicadas., 1989).

2.1.4 Parámetros del diseño relacionados con la estructura del pedraplén.

Dado a las condiciones existentes en ese entonces para su diseño se utilizó la experiencia de la construcción de otros pedraplenes como los de la cayería norte de las Villas y Ciego de Ávila, también se consultaron las normas internacionales antes mencionadas y se realizaron diversos ensayos en el laboratorio de simulación marítimo de la CUJAE que éste daba los parámetros similares a los eventos costeros, obteniendo resultados de diseño lo más cercano a la realidad posible.

El pedraplén fue diseñado con un ancho de corona de 30 m, su punto de inicio o estación 0+0.00 se encuentra frente al Hostal La Faraona y terminándose en la playa del Chino, llegando a tener en la zona cubierta por agua de 400 m de largo, profundidades entre los 4 y 6m.

En el mismo se planteó una estructura compuesta por:

Núcleo: Compuesto por material seleccionado producto de la voladura de la roca en cantera, con tamaño mínimo de 0.20 – 0.30 m de diámetro, de peso aproximado entre 0.03 – 0.04Tn.

Escollera: Compuesta por rocas seleccionadas con diámetro entre 0.5 – 1.5 m y peso aproximado a los 500 Kg.

Berma de roca: Compuesta por rocas seleccionadas con diámetro entre 1.50 – 2.20 m y peso aproximado a 1.5 toneladas.

Capa exterior de rodamiento (base): Comprende un espesor de 0.90 m de material de mejoramiento A-1-b, con espesores de capa de acuerdo a los medios que se cuente para la compactación, exigiéndose el 95% de su densidad del Próctor Modificado.

También está compuesto por la infraestructura siguiente: Acera, muro del malecón, parterre, área verde, contén, pavimento de 11 cm de espesor (3cm de hormigón asfáltico denso, 4cm de hormigón asfáltico semidenso), separador central, contén, área verde y la otra senda.

Además hay construido refugios militares y algunos puntos de tiro estratégicos con vista a la defensa nacional ((EMPAI), 1997).

2.1.5 Etapas constructivas.

- I. Extracción en cantera. Las piedras, rocas y todo el material usado como relleno en la construcción de este pedraplén fueron extraídas de tres canteras, la primera era La Meseta, su ruta era por la calle Covadonga-La Meseta a una distancia de tiro de 3km, en ésta cantera había que utilizar explosivos para extraer el material. También se utilizaba más equipamiento de lo normal porque la piedra tenía bolsones de arcilla y estaban muy contaminadas, debido a estas circunstancias había que seleccionar bien el material. La segunda era la cantera de la Escuela Provincial del PCC a una distancia de tiro de 7km, las características del material eran muy buenas del tipo (A-1-b) y cumplían con los requisitos para cualquier estructura del pedraplén, pero esta cantera era muy dura, donde había que utilizar explosivos al igual que la cantera anterior. La tercera y última era la cantera de Guanábana ubicada cerca de Materia Prima a una distancia de tiro aproximadamente de 12km, era también de un buen material, útil también para todas las partes del pedraplén excepto para la base, pero en ésta cantera no era necesario el uso de explosivos.

Para extraer el material (principalmente en las dos primeras canteras) que permitiera alcanzar las dimensiones adecuadas de las piedras se colocaron explosivos, utilizando

patrones de voladuras definidos por todos los organismos que autorizaban el trabajo de explotación.

También por requisitos de medio ambiente, marítimos y entre otros la bahía no podía alcanzar cierto nivel de contaminación por lo que los materiales extraídos en las canteras principalmente en la primera tenían que ser seleccionados.

- II. Transportación y equipos de trabajos. Para los trabajos en cantera se usaron Buldozer, Grúa Frente Pala Sobre Esteras, Cargadores Sobre Esteras y Cargadores Sobre Neumáticos. Para la transportación se usaron 10 camiones de Volteo Kraz (KP-3) de $8m^3$ y 4 camiones de Volteo Kamaz de $7m^3$, estos tenían una organización productora de un 70 % aproximadamente y para los trabajos en obras se utilizaron Buldozer, Motoniveladoras, camión pipa de agua, Compactadores de 30 toneladas sobre neumáticos y Cilindro Vibrocompactador de 10 toneladas. Algunos equipos eran prácticamente nuevos y se le daban mantenimiento y limpieza periódicamente.
- III. Colocación. Se colocaron las primeras capas de cimiento, que son las de mayor diámetro, luego se fue subiendo y se iba disminuyendo el diámetro de las piedras por capas de 30cm el diámetro hasta llegar al material seleccionado (base del pavimento); las capas más bajas tenían hasta un 85% de compactación y las de arriba hasta un 90%. Luego al final de la capa protectora del talud se colocó la escollera y luego la berma de roca de una longitud de 10m aproximadamente. Esta información fue adquirida a través de una entrevista realizada al Ing. Rafael Alfonso.

2.1.6 Métodos constructivos.

El método generalmente empleado para la ejecución fue a volteo directo del material de los camiones, el cual estaba formado por rocas de tamaños y pesos diferentes, gravas y finos de granulometría variada, se iban empujando con buldozer en sentido hacia el mar, las rocas grandes que no quedaban atrapadas en el núcleo, se apartaban hacia los laterales para formar el revestimiento de los taludes. A continuación, se colocaron las capas de escollera a un solo lado del pedraplén, también a volteo directo. Para finalizar esta primera etapa se colocó la berma de protección.

La segunda etapa comprendió la colocación de material seleccionado con gravas hasta llegar al nivel de subrasante del pedraplén y la posterior colocación de la capa de la escollera y la berma.

Finalmente se procedió a la perimetración de la calzada con mezcla asfáltica.

Éste fue un trabajo multidisciplinario cumpliéndose con todas las indicaciones del proyecto. Al principio se contaba con 87 hombres y luego se fueron incrementado cuadrillas como la de construcción civil, la de drenaje y alcantarillado hasta alcanzar alrededor de 150 hombres. Esta información fue adquirida a través de una entrevista realizada al Ing. Rafael Alfonso.

2.2 Diagnóstico del caso de estudio.

El diagnóstico se realizará para conocer e identificar los principales problemas y afectaciones que presenta el caso de estudio después de 25 años de explotación. En Cuba como se mencionaba anteriormente no existe una norma estatal o metodología para realizar diagnósticos en los pedraplenes, de donde los criterios para el mismo se han tomado a consideración del autor.

Éste consiste primeramente en dividir el pedraplén en sectores. Para ello se tuvieron en consideración las siguientes condiciones:

- Tipo de trazado en que se encuentra (relieve recto o curvo).
- Frente de acción en relación a la energía directa de las olas (paralelo o perpendicular).
- Posición con relación al ángulo de impacto de la ola.

El pedraplén sectorizado se encuentra en el Anexo 1.

Después se evaluará cada elemento que contengan, a través de mediciones físicas y fotografías para determinar el estado en que se encuentra y compararlo con su diseño original para obtener las brechas existentes entre ellos y un resumen de sus principales afectaciones.

Los elementos a evaluar son: obras de fábrica menor (alcantarillas), escollera, berma, talud, puente, material pétreo, glorieta e iluminado. Para ello se usarán herramientas tales como: cinta métrica, regla, nivel, nylon de albañilería y una cámara fotográfica.

Los criterios para la evaluación de la condición de estas estructuras se han tomado del Manual de Ingeniería de Costa (MIC) del Cuerpo de Ingeniero de los EEUU, Parte VI-Cap. 8, Monitoreo, Mantenimiento y Reparación de Estructuras Costeras.

Para evaluar la condición de la reparación de cada uno de los elementos componentes de esta estructura se han considerado tres grados de deterioro:

- Grado A: Deterioro bajo. Presenta afectaciones, pero satisface aceptablemente la capacidad de protección, manteniéndose un nivel próximo al original.
- Grado B: Deterioro intermedio. Existe alguna disminución en la capacidad de protección.
- Grado C: Deterioro Alto. La capacidad de protección está muy disminuida, siendo altamente vulnerable a la acción del oleaje, o existen daños considerados como graves (Díaz, 2013).

2.2.1 Definición:

Según la NC 959:2013.

Diagnóstico es el estudio previo a una intervención que consiste en la identificación de las lesiones o daños y de sus causas, la evaluación de la funcionabilidad y seguridad de la unidad constructiva en estudio y de la posible evolución de esos daños.

Según (Garófalo and Rodríguez, 2013).

Diagnóstico: Busca reconocer el desperfecto o daño que aparece en las construcciones; es la confirmación del carácter peculiar de los daños o desperfectos que tiene la edificación. A través del reconocimiento de las causas más probables que provocaron el proceso patológico.

El autor define diagnóstico como: identificar y analizar desperfectos, daños y sus causas para evaluar problemas. Durante la explotación de una obra, sus componentes estructurales son susceptibles de sufrir daños y deterioros.

El daño es usualmente definido como la degradación que sufre una estructura en un período corto. Para el caso de estudio el daño puede ser originado por tormentas o huracanes, o por la combinación del oleaje, las corrientes y la marea.

El deterioro es provocado por el envejecimiento gradual de la estructura durante su existencia. En general es progresivo y a veces es indetectable, debido a que la obra

continúa desempeñando su función original, aun cuando su condición esté disminuida. Sin embargo, si no se realiza la reparación, el deterioro puede llevar a una falla parcial o completa de la estructura. El envejecimiento de las estructuras costeras es un proceso lento y la gravedad del deterioro puede ocultarse a cualquier inspección, considerándose un bajo nivel de prioridad para la reparación o reconstrucción, corriendo el riesgo de enfrentar una reparación más costosa (y posiblemente urgente) con posterioridad, presentando un comportamiento exponencial con el tiempo.

2.3 Principales afectaciones.

2.3.1 Evaluación de la condición del pedraplén y otros elementos.

Hundimientos o rotura de la corona del pedraplén: no se observan indicios de afectación en la vía de ningún tipo, por lo tanto, no debe de ocurrir este tipo de fenómeno. Solo se pudiera apreciar con exactitud con el uso de equipos modernos ya que esta zona del pedraplén no se aprecia a simple vista.

Exposición o pérdida del material que conforma el núcleo del pedraplén: no se observan indicios de afectación en la vía de ningún tipo, por lo tanto, no debe de ocurrir este tipo de fenómeno. Solo se pudiera apreciar con exactitud con el uso de equipos modernos ya que esta zona del pedraplén no se aprecia a simple vista.

Puente: En sus estribos no se observan daños, se encuentran en buenas condiciones. Además, en la reparación que se le realizó al puente terminada el 20-04-2017 no se detectaron problemas en los estribos. El mismo nunca ha fallado, excepto cuando la tormenta del siglo en el 2001 que su tablero se corrió unos 18 cm en dirección hacia el mar.

Iluminación: Se encuentra en perfectas condiciones.

Calzada. Se encuentra en perfectas condiciones, además de que se le realizó mantenimiento en la misma intervención que el puente.

Glorieta: Se encuentra en buenas condiciones desde el punto de vista funcional pero la estructura de protección está muy dañada debido al impacto que recibe por la acción directa del mar, sobre todo por su zona del centro y su sector izquierdo.

2.3.2 Evaluación del manto protector del talud por sectores.

Talud.

En estas fotos se puede observar el estado del manto protector del talud con pérdidas de relleno de piedras (Grado C) y tramos con mejor conservación (Grado B). En general se observa un grado de deterioro importante en la terraza de piedras que conforman esta protección producto a desplazamiento del relleno de piedra. Éstas se observan afectadas por la erosión, evidenciada en la pérdida de su volumen por el impacto de las olas.



Figura 2.15. Talud.

Fuente: Elaborado por el autor.

Sector I.

Está dañado este sector debido a la acción directa de las olas se observan las raíces de los árboles al descubierto ubicadas en el talud. Se observa erosión, piedras desplazadas por gran parte del sector, las partes dañadas más críticas están a menos de 1m de alcanzar al muro del malecón con una profundidad de 0.5 m, (que para el próximo evento meteorológico de categoría 4 o 5 como mínimo puede llegar a la destrucción del mismo e incluso del vial). Esto deduce que la pendiente actual hay que suavizarla. Grado C

Sector II.

Se observa en la estación 0+120 cerca de la alcantarilla No.4 un árbol sacado de raíz en el talud y una parte del propio talud se observa erosión y hundimientos con una profundidad aproximada de 1.40m de unos 15 m de longitud debido al ambate de las olas. Grado C

Sector III.

Es el sector más dañado ya que tiene las raíces de los árboles afuera del talud debido a la acción directa de las olas, además se observa erosión y desplazamientos del material

pétreo con una altura de 0.70 m con 8m de longitud a unos 2.5 m del muro del malecón.

Grado C

Sector IV.

En algunas zonas el talud está destruido con una altura de 0.35m con unos 20m de longitud debido al embate de las olas. Grado B

Sector V.

Pequeñas piedras dispersas que llegan hasta el muro del malecón debido al paso de fenómenos meteorológicos. Grado A

Sector VI.

Sector menos dañado solo existen algunas piedras dispersas y regadas dado al paso de fenómenos meteorológicos. Grado A

A modo de evaluación general, en estas partes del pedraplén estos tipos de daños tienen un nivel de reparación de más urgencia al ser puntos muy débiles de protección. Los Sectores I, II y III son los más críticos con presencia de erosión y derrumbes del talud provocados por el fuerte impacto del oleaje en estas zonas.

2.3.3 Evaluación de la escollera y bermas de rocas por sectores.

En general se observan algunos desplazamientos de las rocas por la acción de las olas, disminuyendo su densidad superficial original y altura respecto al nivel medio del mar. Por estas razones la capacidad resistente para soportar el embate de las olas ha disminuido.

De acuerdo con el estado del deterioro el autor ha definido cuatro grados que evalúan su condición funcional:

- Grado A: Las rocas en general presentan un desplazamiento de 1 a 2 m. respecto a lugar de origen protector del talud del pedraplén y las alcantarillas.
- Grado B: El nivel de deterioro es intermedio entre los niveles A y C.
- Grado C: Las rocas están muy desplazadas de su lugar de origen y prestando una capacidad protectora muy reducida el talud del pedraplén y alcantarillas de un oleaje de cierta intensidad.
- Condición D: Esta categoría se corresponde con el reforzamiento de una zona estimada alrededor de las alcantarillas donde los fenómenos de erosión y

socavación son más notorios. Se aplica también al resto de los tramos con igual afectación.



Figura 2.9. Sección I.

Fuente: Elaborado por el autor.

Se observa el material pétreo sumergido por el nivel medio del mar y desplazado producto al impacto directo de las olas. Grado B.Condición D



Figura 2.10. Sector II.

Fuente: Elaborado por el autor.

Se observa la falta de rocas para la protección de la alcantarilla No.4 y en este mismo sitio hay desplazamiento de rocas en una producto a la acción directa de las olas.

Grado A.Condición D



Figura 2.11. Sector III.

Fuente: Elaborado por el autor.

Se observa el material pétreo sumergido por el nivel medio del mar y desplazamiento de rocas producto al embate directo de las olas. Grado B.



Figura 2.12. Sector IV.

Fuente: Elaborado por el autor.

Se observa los deslizamientos de las rocas solo en esta zona debido a la acción directa de las olas. Grado A.



Figura 2.13. Sector V.

Fuente: Elaborado por el autor.

Se observan desplazamiento de las rocas en algunas zonas debido al embate de las olas y la falta de rocas de protección alrededor de la alcantarilla No.5.

Grado A.Condición D.



Figura 2.14. Sector VI.

Fuente: Elaborado por el autor.

Se observa desplazamientos de las rocas en algunas zonas debido a la acción directa de las olas.

Grado A.Condición D.

A modo de evaluación general, la escollera y la berma de roca a lo largo del pedraplén se encuentra en condiciones regulares ya que los Sectores I, II y III es donde están los

mayores daños en el pedraplén (debido a la menor protección que brinda al pedraplén y alcantarillas), ya que es donde más fuerza producen la acción de las olas, por tanto se necesita un nuevo diseño de pendiente para incrementar su capacidad protectora.

2.3.4 Evaluación de las alcantarillas por sectores.

Las alcantarillas constituyen puntos singulares en la línea de protección. Son elementos sometidos a la vez a la acción del oleaje y a la del drenaje de las aguas pluviales. Por ella penetra además la acción del mar durante los fenómenos extremos como los huracanes. Es precisamente en sus inmediaciones donde se observan las afectaciones de mayor gravedad.

En el caso de estudio existen en total 8 alcantarillas, distribuidas 3 en el primer sector, 1 en el segundo, 1 en el quinto y 3 en el sexto, todas son de tipo tubo con un diámetro de 400 mm.

Clasificación de las alcantarillas por su grado de deterioro.

Elaborado por el autor.

De acuerdo con las descripciones anteriores hemos agrupado las alcantarillas en tres grados de deterioro:

- Grado A: Presenta problemas leves como basuras, fisuras y pequeñas grietas o falta de protección por la acción del oleaje.
- Grado B: Presenta problemas más severos con respecto a la protección o problemas estructurales como ruptura que impidan su funcionamiento.
- Grado C: No cumple con sus objetivos funcionales. Está totalmente obstruida.



Figura 2.1 Alcantarilla No.1. Sector I. Estación 0+0.32

Fuente: Elaborado por el autor.

Se observa el tubo fracturado por la acción directa de las olas, las rocas protectoras están muy separadas de ella. Se observa que su apoyo es el terreno natural y no se encuentra protegida por ninguna caseta. Grado A



Figura 2.2 Alcantarilla No.2. Sector I. Estación 0+0.84

Fuente: Elaborado por el autor.

Se observa el tubo está fracturado por la acción directa de las olas, las rocas protectoras están muy separadas de ella. Se observa que su apoyo es el terreno natural y no se encuentra protegida por ninguna caseta. Grado A



Figura 2.3. Alcantarilla No.3. Sector I. Estación 0+0.95

Fuente: Elaborado por el autor.

Se observa acumulación de segregaciones y basuras debido a las altas mareas. Grado A



Figura 2.4. Alcantarilla No.4. Sector II. Estación 0+1.24

Fuente: Elaborado por el autor.

Se observa que sus rocas protectoras están separadas de ella o se encuentran sumergidas por el nivel medio del mar reduciendo su capacidad protectora de la acción directa de las olas. Grado A



Figura 2.5. Alcantarilla No.5. Sector V. Estación 0+7.60

Fuente: Elaborado por el autor.

Se observa que las rocas protectoras están separadas de ella o se encuentran sumergidas por el nivel medio del mar reduciendo su capacidad protectora de la acción directa de las olas. Grado A



Figura 2.6. Alcantarilla No.6. Sector VI. Estación 0+9.00

Fuente: Elaborado por el autor.

Se observan pequeñas grietas, fisuras tanto verticales como horizontales de (2 x 40)cm aproximadamente, fallas en las juntas de (30 x 10)cm y presenta un grado de corrosión leve debido a la falta de mantenimiento. Grado A



Figura 2.7. Alcantarilla No.7. Sector VI. Estación 1+0.00

Fuente: Elaborado por el autor.

Se observa la obstrucción total debido a la acumulación de segregación por la elevación del nivel medio del mar. Grado C



Figura 2.8. Alcantarilla No.8. Sector VI. Estación 1+0.80

Fuente: Elaborado por el autor.

Se observa la existencia de pequeñas fisuras, grietas (10 x 30) cm y un grado de corrosión severo debido a su falta de mantenimiento. Grado A

Es importante destacar que la alcantarilla No. 7 es la más afectada ya que no cumple con su función estructural, al estar totalmente obstruida por la acumulación de segregaciones producto al fenómeno de socavación. También destacar la falta de material pétreo para proteger las alcantarillas No. 4 y 5 respectivamente.

2.4 Resultados del diagnóstico.

A continuación, se muestran resumido en diferentes tablas el comportamiento de los elementos estructurales del Pedraplén Viaducto Matanzas-Varadero después de 25 años de explotación.

Tabla 2.2 Comparación de la pendiente en diferentes estructuras.

Fuente: Elaborado por el autor.

Elementos		Diseño	Estado actual	Observaciones
		pendiente	pendiente	-----
Talud y escollera	Sector I	1:2	1:2	Cambiar pendiente.
	Sector II	1:2	1:2.5	Cambiar pendiente.
	Sector III	1:2	1:2.5	Cambiar pendiente.
	Sector IV	1:2	1:2.5	Medio
	Sector V	1:2	1:3	Bueno
	Sector VI	1:2	1:5	Bueno
Glorieta	Sector Izquierdo	1:2	1:2	Medio (Cambiar pendiente en los sectores del centro y de la izquierda)
	Sector Central	1:2	1:3	
	Sector Derecho	1:2	1:2	

Tabla 2.3 Comportamiento de la berma.

Fuente: Elaborado por el autor.

Elementos	Diseño	Estado actual	Observaciones
-----	N.M.M	N.M.M	-----
Berma de roca	1.50 m sobre N.M.M	0.20m sobre N.M.M	Malo

Tabla 2.4 Comparación de las obras de fábrica.

Fuente: Elaborado por el autor.

Obras de Fábrica	Diseño	Estado actual	Observaciones
-----	Cantidad/ Funcionalidad	Cantidad/ Funcionalidad	-----
Alcantarillas Tipo Cajón	6/6 (total)	6/5	La alcantarilla No.7 es la única que no está funcionando
Alcantarillas Tipo Tubo	2/2	2/2	Medio (Falta de protección)
Puente	1/1	1/1	Bueno

Tabla 2.5 Comparación del resto de las estructuras.

Fuente: Elaborado por el autor.

Elementos	Diseño	Estado actual	Observaciones
-----	Estado	Estado	-----
Iluminado	Bueno	Bueno	Bueno
Calzada	Bueno	Bueno	Bueno

La tabla anterior compara el estado actual del Pedraplén Viaducto Matanzas-Varadero después de 25 años en explotación con su diseño original. Para su tiempo el diseño fue todo un éxito debido al buen comportamiento de sus diferentes estructuras porque nunca han fallado a pesar de todos los eventos meteorológicos que han transitado a lo largo de toda su existencia, además de haber soportado todas las intensas cargas vehiculares. Ejemplo de esto tenemos el puente Guanima que a pesar de su reparación hace 14 meses sus estribos no fueron sometidos a este proceso ya que se encontraban en buenas condiciones como se encuentran hoy.

La calzada también está en buenas condiciones al igual que la iluminación que fueron sometidas a dicha intervención, pero antes de esto estaban en buenas condiciones. También podemos destacar en su diseño la berma con el propósito de disminuir la energía de las olas que en esa época se utilizó solo en este pedraplén como experimento lo cual fue todo un éxito aunque en la actualidad presenta algunos daños, la glorieta fue construida con el propósito de facilitar su proceso constructivo pero en la actualidad la misma es un parque, donde sus principales problemas los presenta en los alrededores de su talud protector ya que el mismo está demasiado vertical para la posición en donde se encuentra para enfrentar el impacto directo de las olas.

También el talud y la escollera a lo largo del pedraplén que a pesar de que nunca han fallado si presentan daños más graves principalmente en sus primeros 680 m, ya que es por donde el oleaje es más intenso, por último están las alcantarillas que presentan problemas leves como pequeñas grietas, daños en sus juntas, grado de corrosión leve, falta de material pétreo para protegerlas del impacto directo de las olas, a excepción de una que se encuentra totalmente obstruida y no cumple con su función principal.

Es importante destacar que los mayores porcentos de afectaciones son provocados por los huracanes.

2.5 Método del Manual de Ingeniería de Costa, (MIC).

El empleo de este método permitirá lograr criterios más sólidos para las soluciones que se propondrán para la reparación capital de esta obra (Engineers, 2003).

El MIC plantea para aguas poco profundas la siguiente consideración:

Según el MIC, “pruebas de Bouws et al. (1985) indican que espectros de ola en el agua poco profunda no parecen tener una dependencia perceptible sobre las diferencias en sedimentos inferiores. Por consiguiente, es recomendable que las fórmulas de crecimiento de ola de aguas profundas sean utilizadas para todas las profundidades, con la restricción de que ningún período de ola puede crecer más allá de un valor restrictivo, como demostró Vincent (1985). Este período de ola restrictivo sólo es aproximado por la relación:”

$$T_p = 9.78 * (d/g)^{1/2} \quad (2.1)$$

Donde:

$d=6$ m. es la profundidad del agua en aguas someras o poco profundas.

$g=10$ m/s². es la constante gravitatoria.

Sustituyendo estos valores se obtiene el período tope para aguas someras $T_p= 7.58$ s.

2.5.1 Determinación del campo de vientos o fetch de la ola.

El campo de viento o fetch, es decir, la extensión horizontal del área de generación de las olas en la dirección del viento, está determinado por una de las siguientes direcciones del viento:

Vientos provenientes del norte y noreste. En este caso está limitado por las costas Sur y Sureste de la Bahía de la Ciudad de Matanzas, con una longitud de 10 km y el ángulo de incidencia con la costa es prácticamente 90°.

Vientos provenientes del este. En este caso está limitado por la misma circunstancia que el análisis anterior tiene una longitud de 15 km, siendo el ángulo de incidencia de unos 45°.

Es importante comprender que estos son los valores máximos que puede alcanzar el fetch por las limitaciones que el contorno geográfico le impone.

Determinación del tiempo necesario para el desarrollo de la ola.

Para que la ola se desarrolle totalmente necesita un tiempo el cual depende de la profundidad del agua (d) y de la velocidad del viento (u^*). Este tiempo, $t_{x,u}$ en segundos, para un fetch limitado, se calcula por la ecuación MIC-II-2-35:

$$t_{x,u} = 77.23 * \left(\frac{x_0^{0.67}}{u^{0.34} g^{0.33}} \right) \quad (2.2)$$

Donde:

X_0 : Fetch en aguas profundas.

u : Velocidad del viento.

g : Constante gravitatoria.

Con la fórmula anterior se calculó el tiempo de desarrollo en función del fetch: para 10, 12 km y la velocidad del viento como se muestra en los Anexos 2 y 3 respectivamente:

Los fenómenos anteriores se corresponden con el desarrollo de la ola en aguas profundas, este se detiene al producirse la ruptura de la ola por la resistencia producida por la fricción del fondo del agua. Lo anterior ocurre al alcanzar la ola su profundidad de rotura determinada por el valor de la fricción del fondo.

2.5.3 Determinación de la profundidad de ruptura de la ola.

En el MIC, las ecuaciones que gobiernan el crecimiento de la ola en aguas someras consisten en un conjunto de ecuaciones designado como MIC II-2-36.

Los parámetros que se emplean en estas ecuaciones se definen a continuación:

X_{eq} : Fetch equivalente para aguas someras.

H_{m0} : Altura significativa de la ola basada en el método energético.

C_D : Coeficiente de arrastre. Tiene en cuenta la interacción viento – agua.

U_{10} : Velocidad del viento en m/s a una altura de 10 m.

u^* : Velocidad de fricción en el fondo del agua.

A partir de las definiciones anteriores se realizó la siguiente secuencia de cálculo para determinar la profundidad de ruptura de la ola en aguas someras (d_b):

- 1) Determinación del coeficiente de deriva, C_D .

El coeficiente de deriva se determinó mediante la ecuación MIC II-2-36:

$$CD = 0.001(1.1 + 0.035U10) \quad (2.3)$$

- 2) Velocidad de fricción, u_* . La velocidad de fricción (u_*) se determina a partir de la ecuación MIC II-2-36 (c):

$$u_* = \sqrt{C_D U_{10}^2} \quad (2.4)$$

Es importante destacar que la velocidad de fricción del fondo depende de la velocidad del viento y del coeficiente de arrastre.

- 3) Determinación del Fetch equivalente (x_{eq}).

$$\frac{g * x_{eq}}{u_*^2} = 5.23 * 10^{-3} (g t_{x,u} / u_*)^{\frac{3}{2}} \quad (2.5)$$

Despejando en esta ecuación se obtiene el valor del fetch equivalente (x_{eq}), el cual se muestran en el Anexo 4 en función de la velocidad del viento.

El fetch equivalente significa la longitud del campo de generación de olas en aguas someras o poco profundas, en función de su desarrollo en aguas profundas.

- 4) Determinación del período de la ola en aguas someras.

La ecuación que determina el período de la ola (T_p) en agua poco profunda es MIC II-2-36, también de tipo paramétrico:

$$\frac{g * T_p}{u_*} = 0.651 * (g * x / u_*^2)^{\frac{1}{3}} \quad (2.6)$$

El MIC considera que las ecuaciones de desarrollo de la ola en aguas profundas son aplicables para cualquier profundidad, incluyendo a las aguas someras, pero con la condición del período de la ola no sobrepase el valor obtenido por la fórmula de Vincent (1985) (II-2-39):

$$T_p = 9.78 * (d/g)^{1/2}$$

En esta fórmula T_p es el período tope de la ola para aguas someras y d es la profundidad del fondo del agua, es decir, la profundidad promedio de la bahía de la Ciudad de Matanzas es 6.0 m.

Con la condicional anterior se calculó el período tope de la ola en aguas someras, según la fórmula MIC II-2-36, (2.15), sus resultados se encuentran en el Anexo 5.

La longitud de la ola en aguas profundas se calculó por la ecuación MIC II-1-15:

$$L_0 = 1.5T_p^2 \quad (2.7)$$

El subíndice 0 denota las magnitudes calculadas para aguas profundas. En la última fila del Anexo 5 se ha calculado la profundidad relativa de la ola (d/L_0), definida por la relación entre la profundidad del agua (d) y la longitud de la ola para aguas profundas (L_0). Esta relación nos permite clasificar la ola según los criterios que se encuentran en el Anexo 6.

Teniendo en cuenta que el rango $1/2$ a ∞ equivale a 0.5 en adelante, hemos considerado que el valor de 18.45 clasifica las olas como de aguas profundas (OAS).

Determinación de la altura de la ola.

Desde el punto de vista ingeniero, uno de los parámetros más importantes a determinar respecto a las olas es su altura, debido a que ella es una medida directa de su energía.

Según el MIC, la ecuación que rige el crecimiento de la ola en función del fetch es MIC II-2-36 (a):

$$Hm_0 = 0.0413 * u_* * g^{-1/2} * x^{1/2} \quad (2.8)$$

Con la ecuación anterior se confeccionó una tabla con la altura significativa de la ola basada en el método energético:

Tabla 2.6 Altura máxima en aguas profundas.

Fuente: “Inspección y Soluciones para la Rehabilitación de la Protección Costera de la Autopista Sur de Varadero”.

Tabla para la determinación de la altura máxima de la ola										
Categorías del viento		Tormentas severas		DT	TT	Huracanes				
						Cat I	Cat II	Cat III	Cat IV	Cat V
Altura máxima de la ola	Hm	0.3	0.6	0.8	1.3	1.8	2.6	3.2	3.9	5

Es significativo destacar que la altura de la ola no se incrementa después de alcanzar la profundidad de ruptura, considerada similar al promedio de la profundidad del agua en la bahía de Matanzas, es decir 6.0 m. Este resultado es el más desfavorable porque responde al caso en que las olas se originan a profundidades superiores al promedio, ya que, al originarse a profundidades inferiores, su altura será menor.

Al acercarse la ola al borde de la costa se transforma por la disminución de la profundidad del agua. Al alcanzar el borde, su interacción se manifiesta en dependencia de las características del fondo, de la pendiente si es suave o abrupta y de las características del borde, si es vertical o con pendiente.

Desde el punto de diseño de la protección costera de la obra de protección que protege el vial, está conformada por una berma y escollera de roca. La capacidad de protección depende de la posibilidad de disipación del efecto de las olas por la berma y su posibilidad de impedir la erosión y la socavación del pedraplén protegido por el manto protector del talud y la escollera.

Por lo antes expuesto se calculó como la altura máxima real de la ola (H_o) a la correspondiente con la longitud de alcance del daño de la ola (L_o) en dependencia de las condiciones actuales en las que se encuentran en el caso de estudio.

Con estos resultados se llegó a obtener para el talud y la escollera una solución de pendiente del 40% correspondiéndole una ampliación de 5 m de longitud para el sector I, para los sectores II, III, y partes del IV una pendiente de 30% ampliándola unos 6m.

Para la protección correspondiente a la glorieta una pendiente de (30 y 50) % con una longitud adicional de 6m y 3.5 m para sus sectores izquierdo y de frente respectivamente, para el derecho no hace falta corregirlo porque el oleaje no le afecta ya que no lo impacta de frente como es el caso de los otros.

2.6 Evaluación del riesgo

El análisis del riesgo de la probabilidad de ocurrencia de ciclones se ha basado en una investigación realizada por el autor en el cual se determina la frecuencia real de ocurrencia de los huracanes en los últimos 100 años para la zona norte de la provincia de Matanzas, donde está comprendida la Bahía. El período de retorno (T) se calculó dividiendo los 100 años considerados entre la frecuencia acumulada en esa misma etapa, para cada categoría. La probabilidad de ocurrencia de un fenómeno ($P_{t,n}$) se relaciona con el período de retorno por la expresión:

$$P_{t,n} = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n \quad (2.9)$$

Donde n es el tiempo a evaluar para la ocurrencia del fenómeno, considerándose 5, 10, 20, 30, 40 y 50 años. En base a lo explicado anteriormente se confeccionó la siguiente tabla por el autor:

Tabla 2.7 Frecuencia real y período de retorno de los huracanes que han afectado a Matanzas en 100 años, y la probabilidad de ocurrencia.

Fuente: “Inspección y Soluciones para la Rehabilitación de la Protección Costera de la Autopista Sur de Varadero”.

Tabla de la frecuencia real y el período de retorno de los huracanes que han afectado a la provincia de Matanzas en 100 años, y la probabilidad de ocurrencia.					
Descripción	Categoría de los huracanes				
	I	II	III	IV	V
Frecuencia de los huracanes	5	9	7	2	0
Frecuencia acumulada de vientos huracanados	24	18	9	3	0

Período de retorno (T)	4	6	11	33	0
-------------------------------	---	---	----	----	---

<i>Período de ocurrencia (n)</i>	<i>Probabilidad de ocurrencia (P)</i>				
	I	II	III	IV	V
5	-----	63	38	14	0
10	-----	86	61	27	0
20	-----	98	85	45	0
30	-----	99	94	60	0
40	-----	99	98	70	0
50	-----	99	99	78	0

Resumiendo, según la tabla anterior la posibilidad de ocurrencia de huracanes de categoría III en los próximos 5 años es baja (38%), media (61%) para 10 años y segura (>85%) para más de 20 años, y para los de categoría IV es media (60%) a partir de los próximos 30 años. La probabilidad de ocurrencia más segura es para los huracanes de categoría II o menor ya que para los próximos 5 años es seguro el paso al menos de uno de su tipo.

Conclusiones parciales del capítulo.

1. Se estudió el diseño y construcción del caso de estudio Pedraplén Viaducto Matanzas-Varadero, con vista a diagnosticar sus principales afectaciones.
2. Se detectaron las principales afectaciones de los componentes en función del grado de deterioro al caso de estudio y se determinaron los parámetros del oleaje por el MIC con la probabilidad de ocurrencia de huracanes para proponer soluciones.

CAPÍTULO 3 PROPUESTAS DE SOLUCIONES PARA LA REPARACIÓN CAPITAL DEL CASO DE ESTUDIO.

En el presente capítulo se propondrán las medidas de solución para la reparación capital del “Pedraplén Viaducto Matanzas-Varadero” a partir de los resultados obtenidos por el diagnóstico en el capítulo anterior. También se referenciarán las correspondientes fichas de reparación (FR) confeccionadas para los diferentes tipos de grados de deterioros existente. También se especificarán los materiales a emplear y la organización de las actividades para realizar los trabajos de reparación.

3.1 Elaboración de las soluciones para la reparación capital.

Para proponer las soluciones de la reparación capital del Pedraplén Viaducto Matanzas-Varadero se tendrán en cuenta los resultados del diagnóstico y los parámetros del MIC obtenidos en el capítulo anterior. Aquí se describirán también la organización de los trabajos para la reparación capital a emplear en el caso de estudio.

3.1.1 Reparación capital. Definición.

Reparación: intervenciones de carácter correctivo que se realizan en las construcciones, a partir de un diagnóstico, para recuperar la prestación de materiales y elementos o sistemas constructivos lesionados, por las acciones de uso y los agentes atmosféricos.

Para indicar la envergadura de la reparación es usual encontrar los términos de reparación mayor o reparación menor.

Cuando la magnitud de las acciones de reparación le añade valor al activo existente puede denominarse **Reparación capital** y se considera como inversión. Según la NC 959:2013

Reparación: Trabajo que se realiza en las construcciones durante su explotación para arreglar o sustituir partes o elementos componentes deteriorados. Según su alcance puede ser parcial o total, según su carácter normal o urgente. Según la NC 52-55/1982.

El autor define reparación como: intervenir y realizar trabajos correctivos para arreglar o sustituir materiales, partes o elementos; a partir de un diagnóstico en las construcciones durante su explotación.

3.1.2 Ficha de reparación.

Para la corrección de cada uno de los daños detectados en el capítulo anterior se ha confeccionado una ficha de reparación (FR) con las siguientes características (Delgado, 2013):

- Cliente
- Ficha de reparación: FR/X/##
- Grado de daño
- Elemento a reparar: X.
 - ✓ Manto protector del talud: MPT.
 - ✓ Escollera. E.
 - ✓ Alcantarillas. A.
 - ✓ Berma de piedra. BP.
 - ✓ Glorieta. G.
- Descripción del daño.
- Objetivo de la reparación.
- Materiales a emplear.
- Secuencia de las acciones de reparación.
- Descripción de las acciones.
- Observaciones.

Tabla 3.1 Muestra de las fichas de reparación.

Fuente: “Inspección y Soluciones para la Rehabilitación de la Protección Costera de la Autopista Sur de Varadero”.

<i>Cliente</i>		<i>Proyecto: Reparación capital</i>
Ficha de reparación		Elemento a reparar:
Descripción		
Grado de daño		
Objetivo		
Materiales a emplear		
Secuencia de las acciones a realizar		
Observaciones		

3.1.1 Trabajos de reparación en la protección de la glorieta.

Los trabajos de reparación en los alrededores de la zona de la glorieta consisten en mantenerla protegida a niveles superiores que a sus condiciones de diseño de acuerdo con la ficha de reparación FR/G/01. Los trabajos son corregir su pendiente en el sector de la izquierda en un 30 % alargándola en unos 6m y para el frente una pendiente de 50% pero alargándola en unos 3.5m. Se proponen taludes de 1:3 y 1:2 respectivamente.

3.1.6 Trabajos de reparación en el manto protector del talud.

La reparación del manto protector del talud tiene como objetivo mantener la protección de la estructura a niveles superiores que a su condición original.

Los trabajos de reparación a realizar se describen a continuación de acuerdo con la ficha de reparación FR/MPT/01:

Desprendimiento y erosión del talud. Este es el daño más grave que se observa en la obra. Para su reparación se propone:

Corregir la pendiente a un 40% en el sector I y en los sectores II, III y IV a un 30%.

Al comparar los resultados de la energía del oleaje en condiciones actuales y en condiciones de proyecto, se observa que el factor de seguridad mayor es para la opción de extenderla en una longitud de 6 m para el sector I y para los sectores II, III y IV, aunque aún, para las condiciones actuales el factor de seguridad es alto, mayor de 10. Se proponen taludes 1:2.5 y 1:3 respectivamente.

Revisar que el material a emplear deberá evitarse en lo más posible el empleo de formas redondeadas o cantos rodados. Se recomienda que las piedras antes de colocarlas estén limpias y sin rajaduras. No se emplearán piedras que presentan forma de laja.

3.1.4 Trabajos de reparación en la escollera.

La reparación de la escollera tiene como objetivo incrementar la protección de la estructura a niveles superiores a su condición original. Además, en los alrededores de las alcantarillas se propone incrementar el nivel de protección hacia los efectos del oleaje que se intensifican en estos lugares.

Los trabajos de reparación a realizar se describen a continuación de acuerdo con la ficha de reparación FR/E/01:

Desplazamientos de las rocas. Para su reparación se propone:

Corregir la pendiente a un 40% en el sector I y en los sectores II, III y IV a un 30%. Se proponen taludes 1:2.5 y 1:3 respectivamente.

Tratar de reparar la estructura agregándole material de acuíñamiento (material de relleno) entre las rocas más grandes para reducir el proceso de atrición.

A la hora de colocación de las rocas, las mismas producen en los puntos de apoyo concentración de presiones de todo su peso e incluso va aumentando a medida que transcurre el tiempo, pero colocándole material de acuíñamiento obtiene más estabilidad, por lo que el efecto de las presiones entre las rocas conocido como proceso de atrición va disminuyendo.

Según el autor el proceso de atrición es el fallo que se produce entre varios materiales cuando se concentra la presión y con el tiempo va fracturándose (triturándose y fisurándose). Además, las rocas por otras razones como el impacto del oleaje crean ligeros movimientos y esa fricción va produciendo desgaste.

3.1.5 Trabajos de reparación de las bermas de rocas.

La reparación de las bermas de roca tiene como objetivo incrementar la protección en los alrededores de las bocas de las alcantarillas e incrementar el nivel de protección para amortiguar los efectos del oleaje (en un 50 o 60% de su energía) que se intensifican en estos lugares.

Los trabajos de reparación en este tipo de bermas son:

La reparación de berma de rocas. Esta reparación consiste en agregar material pétreo hasta alcanzar 1.0 m sobre el nivel original de la superficie de esta terraza, actualmente en algunas zonas sumergida por el N.M.M, sobre todo en las partes cercanas a las alcantarillas.

Los trabajos consisten en conformar una correcta berma de rocas al pie del manto protector de la escollera, de acuerdo con la ficha de reparación FR/BR/01. Para la ejecución de estos trabajos será necesario colocar las rocas por medio del volteo de camiones de igual peso a las existentes, en aquellas partes donde estas sean deficitarias.

3.1.3 Trabajos de reparación de las alcantarillas.

Obstrucción. Este es el daño más grave y se encuentra en la alcantarilla No. 7. Para su reparación se propone:

Realizar una limpieza de todo ese material que está obstruyendo su correcto funcionamiento, sería la más económica. Se propone al departamento de estudios de Costa en Geocuba que realicen estudios sobre las corrientes marítimas y la transportación de sedimentos en la zona para obtener el comportamiento del fondo del mar y conocer el período en el cual se eleva el nivel medio del mar para evitar que ocurra dicho daño, realizando limpiezas y dragados de fondo.

Fisuras, grietas, corrosión y juntas. Este son otros de los daños que se aprecian en las alcantarillas No. 6 y 8 respectivamente. Para su reparación se proponen trabajos de mantenimiento con mezclas de hormigón.

Construir un muro de cabecera para aumentar la protección de las alcantarillas No. 1 y 2 que son de tipo circulares de diámetro 400 mm.

3.2 Materiales.

Las rocas.

El peso específico y el diámetro según la parte de la estructura a formar deben ser los adecuados se propone utilizar las mismas proporciones de tamaño y peso específico que su diseño original porque:

1. Si son muy ligeras y pequeñas serían arrastradas y regadas por la acción del oleaje, aunque cumplieren con los otros factores como la resistencia y dureza.
2. Si son muy grandes, aunque cumplieren con otras características se utilizarían más recursos y economía (transportación y tiempo de reparación).

Los materiales que se deben emplear en los trabajos de reparación en la sección de las alcantarillas son hormigones y morteros para sus sellado y mantenimiento, estos se mencionan a continuación:

- Mortero protector de la acción marina.
- Pintura protectora de la acción marina.
- Mortero reparador de daños superficiales con base cementosa.
- Hormigón resistente a la acción del mar (30 MPa).

3.3 Organización de los trabajos de reparación.

3.3.1 Criterios.

Para organizar los trabajos de reparación se han considerado los siguientes criterios:

- Extensión de la obra. La obra se extiende por aproximadamente 1700 m incluyendo el puente Guanima dentro de la ciudad de Matanzas, dividida por los seis sectores caracterizados en el capítulo anterior.
- Emplazamiento de la obra. La obra se encuentra ubicada dentro de la ciudad de Matanzas bordeando su bahía.
- Elementos a reparar. Los elementos a reparar son:
 - ✓ Alcantarillas
 - ✓ Talud.
 - ✓ Escollera.

- ✓ Berma de rocas.
- ✓ Glorieta.
- Recursos necesarios.
 - ✓ Equipos
 - ✓ Materiales
 - ✓ Personas.
- Condiciones de ejecución.

Mareas y oleaje. Es necesario ajustar el trabajo en dependencia de las oscilaciones del mar y de la intensidad del viento.

3.3.2 Planificación de la organización de los trabajos.

Con los criterios anteriores se elaboró una tabla de relaciones entre los elementos a reparar y las principales acciones a ejecutar. Ésta puede ayudar a la preparación ingeniera de la obra que desemboca desde la secuencia de obra la definición de las brigadas y su programación.

Tabla 3.2 Relaciones de elementos a reparar y principales acciones a ejecutar.

Fuente: Elaborado por el autor.

Actividades	Elementos a reparar				
	Talud	Alcantarilla	Escollera	Berma	Glorieta
Limpieza y rehabilitación	X	X			X
Dragado de segregaciones		X			
Reparación de las alcantarillas		X			
Actividad de albañilería		X			
Fundiciones con Hormigón		X			

Enrocamiento con material pétreo	X	X	X	X	X
Compactación	X		X		X
Perfilado	X				

Se proponen a modo resumen tres agrupaciones organizativas:

- Brigada de limpieza y rehabilitación.
- Brigada de reparación de las alcantarillas.
- Brigada de movimiento de tierra (talud, escollera, berma y glorieta).

Revisar que las actividades se pueden realizar al mismo tiempo. Primero deben empezar la brigada de limpieza y rehabilitación simultáneo con la brigada de reparación de alcantarillas. Luego cuando la primera brigada entregue espacio empieza la brigada de movimiento de tierra de manera que no la supere. A medida que la brigada de movimiento de tierra esté llegando a las alcantarillas no deben continuar hasta que se terminen los trabajos en ellas.

Primero traer buldozer para perfilar una zona de confort, después con los camiones se colocan los rellenos y con buldozer y motoniveladoras se nivela y luego se construyen los viraderos para darle entrada y salida a los camiones, o sea abrir espacios de entrada y salida de los camiones.

En la siguiente tabla se muestran los equipamientos propuestos:

Tabla 3.3 Equipos para la organización propuesta.

Fuente: Elaborado por el autor.

	Organización propuesta		
	Limpieza y rehabilitación.	Reparación de las alcantarillas.	Movimiento de tierra (escollera y berma)
Equipos y accesorios	Frente Pala. Señales de tránsito.	Trompo. Encofrado metálico para	Grúa. Buldozer sobre esteras pequeño.

	Elementos delimitadores del área de trabajo.	juntas. Grúa. Vibrador. Señales de tránsito. Elementos delimitadores del área de trabajo.	Motoniveladora. Señales de tránsito. Elementos delimitadores del área de trabajo.
--	--	---	---

3.3.3.1 Descripción de las actividades.

Limpieza y mantenimiento del pedraplén. Comprende los trabajos de dragados a segregados en las alcantarillas y el talud. Se realizará mediante el empleo de una grúa con una jaiba de cuchara con un ancho no mayor de 0,75 metro. Se recomienda que se realice después del paso de un ciclón.

Colocación de macadam. Comprende las actividades de suministro y colocación de piedra para relleno de cavidades con un peso promedio de 100 kg. Esta colocación debe realizarse mediante los camiones para su vertimiento en las cavidades.

Hormigonado sobre agua (S/A). Comprende el relleno de cavidades en las alcantarillas sobre el agua empleando un hormigón de 30 MPa. El hormigón puede ser suministrado por trompo, elaborado en el lugar para volúmenes pequeños.

Colocación de piedra de 100 kg en la terraza de piedra. Comprende las actividades de suministro y colocación de piedra para relleno de cavidades con un peso promedio de 100 kg. Estos trabajos se realizarán empleando una grúa con jaiba para el vertimiento de la piedra y un pequeño buldozer para la conformación de la superficie.

Colocación de piedra de 500 kg. Se realizará en la propia terraza, accediendo desde tierra por vertido directo y se empleará un buldozer mediano para su extensión y perfilado.

Conclusiones del capítulo.

1. Se elaboran las propuestas de solución para la reparación capital a emplear para cada componente estructural del caso de estudio en función de la afectación.
2. Se propone la organización de la obra que permita realizar la reparación capital de manera más factible.

CONCLUSIONES

1. Se ha logrado recopilar la información referente al tema pedraplenes a nivel internacional, con un alto nivel de actualización. Permitiendo analizar los diferentes aspectos que condicionan el diseño y construcción de estas obras.
2. A pesar del tiempo en explotación del Pedraplén Viaducto Matanzas-Varadero, este no posee fallos estructurales considerables por lo que ha brindado de manera continua el servicio que le fue designado. Los métodos de cálculos empleados para el diseño de esta estructura en su época fueron eficientes e innovadores y han garantizado la estabilidad del mismo con el paso del tiempo.
3. Según el diagnóstico elaborado se concluyó que el Pedraplén Viaducto Matanzas-Varadero presenta afectaciones en el talud, la escollera, la berma, alcantarillas y en las zonas que rodean a la glorieta clasificándolo en un grado medio de deterioro.
4. Las propuestas de soluciones están basadas en la corrección de la pendiente del talud, escollera y la zona que rodea a la glorieta, además se determinó que era necesario el sellado de grietas, fisuras y juntas de las alcantarillas y depositar material pétreo hasta superar el nivel medio del mar de la berma para protegerlas.

RECOMENDACIONES

1. Recomendar al MICONs que realice una defectación a las estructuras sumergidas mediante el empleo de buzos.
2. Sugerir al MICONs, teniendo en cuenta las propuestas de soluciones presentadas en el presente trabajo de diploma, para la reparación del Pedraplén Viaducto Matanzas-Varadero.
3. Establecer un período de tiempo en años para realizar diagnósticos y evaluar el comportamiento de las diferentes estructuras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (EMPAI), E. D. P. Y. C. 1997. Enlace Vial Habana-Varadero por la Ciudad de Matanzas.
- ALONSO, H. L. 2015. *Diseño geotécnico de explanadas*. Universidad Cental Marta Abreu de las Villas.
- AMARO, P. A. O. 2011. *Tecnología de Construcción de las Explanaciones*.
- APLICADAS, E. N. D. I. 1997. Informe Geotécnico para Etapa de Proyecto Técnico.
- APLICADAS., E. N. D. I. 1989. Tarea Técnica para la ampliación de la Calzada General Betancourt y Viaducto Matanzas. .
- BADILLO, J. & RODRÍGUEZ, R. 2005. *Mecánica de Suelos*
- DELGADO, P. A. H. 2013. *Inspección y Soluciones para la Rehabilitación de la Protección Costera de la Autopista Sur de Varadero*.
- DÍAZ, Y. R. 2013. *Propuesta metodológica de rehabilitación de las obras de protección costera de la Autopista Sur de Varadero.*, Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos.
- ENGINEERS, U. S. A. C. O. 2003. Coastal Engineering Manual. MIC.
- ESCARIO, V. 1981. *Terraplenes y pedraplenes. Estado actual de la técnica*.
- ESSPINOSA, Á. Q. 2015. *Soluciones hidroecológicas en el diseño y construcción de pedraplenes en el mar: Caibarién-Santa María como estudio de caso*. Tesis Doctorado, Instituto Superior Politécnico José Antonio Hecheverría.
- GARCÍA, R. T., DÉCALO, F. & BLUMENKRANZ, I. 1980. Movimiento de Tierra. Pedraplenes. RC-3014.
- GARÓFALO, P. T. & RODRÍGUEZ, O. Á. 2013. *Conservación de edificaciones*.

MACHADO, L. M. L. 2014. *Propuesta de buenas prácticas para la construcción de estructuras de tierra y/o roca con fines viales, portuarios y de protección costera en Cuba.* . Maestría, Universidad Central Marta Abreu de las Villas.

NLT-255 2004. Estabilidad de los áridos y fragmentos de roca frente a la acción de desmoronamiento en agua. NLT-255.

NLT-260 2004. Estabilidad de los áridos y fragmentos de roca frente a la acción de los ciclos de humedad –sequedad. NLT-260.

RODRÍGUEZ, E. F. 2015. *Propuesta de proyecto ejecutivo de organización de obras del pedraplén unión a Cayo Buba en Punta Hicacos.* Universidad de Matanzas.

TORAYA, J. D. L. C. 2001. *500 años de construcción en Cuba.*

TORRES, J. L. 2009. *Diseño de carreteras en el mar. Los pedraplenes.*

ANEXOS

Anexo 1: Sectorización del pedraplén.

Fuente: Elaborado por el autor.

<i>Sectores</i>	<i>Comienza</i>	<i>Termina</i>	<i>Longitud (m)</i>
I	Entre La calle 222 Guairo y la calle 224 Cerrada. Estación 0+0.00	Puente Guanima. Estación 0+1.70	170
II	Después del puente Guanima. Estación 0+0.00	Calle 5ta. 232 (Marca 500 en el malecón). Estación 0+1.30	130
III	Calle 5ta. 232. Estación 0+1.80	Entre la calle 5ta. 232 y la calle 234 (marca 300 en el malecón). Estación 0+3.60	180
IV	Entre la calle 5ta. 232 y la calle 234 (marca 300 en el malecón). Estación 0+4.10	Calle 238 Candelaria (marca 100 en el malecón). Estación 0+7.30	320
V	Calle 238 Candelaria. Estación 0+7.60	entre la calle 240 Covadonga y la calle Carnot. Estación 0+8.90	130
VI	entre la calle 240 Covadonga y la calle Carnot. Estación 0+9.00	Calle 121 la Merced. Estación 1+1.70	270

Anexo 2: Tiempo de desarrollo (fetch 10 km).

Fuente: “Inspección y Soluciones para la Rehabilitación de la Protección Costera de la Autopista Sur de Varadero”.

<i>Tabla para el cálculo del tiempo de desarrollo de la ola para un fetch limitado</i>										
Fetch	xkm	10								
Fetch	xm	10000								
Categorías del viento		Tormentas severas		DT	TT	Huracanes				
						Cat I	Cat II	Cat III	Cat IV	Cat V
Velocidad km/h	U10(km)	30	45	60	90	118	155	179	209	250
Velocidad m/s	U10(m)	8	13	17	25	33	43	50	58	69
Tiempo de desarrollo en segundos	tx,u (s)	8526	7229	6599	5788	5267	4813	4573	4348	4099
Tiempo de desarrollo en horas	thoras	2.37	2.00	1.83	1.61	1.46	1.34	1.27	1.21	1.14

Anexo 3: Tiempo de desarrollo (fetch 15 km).

Fuente: “Inspección y Soluciones para la Rehabilitación de la Protección Costera de la Autopista Sur de Varadero”.

<i>Tabla para el cálculo del tiempo de desarrollo de la ola para un fetch limitado</i>										
Fetch	xkm	15								
Fetch	xm	15000								
Categorías del viento		Tormentas severas		DT	TT	Huracanes				
						Cat I	Cat II	Cat III	Cat IV	Cat V

Velocidad km/h	U10(km)	30	45	60	90	118	155	179	209	250
Velocidad m/s	U10(m)	8	13	17	25	33	43	50	58	69
Tiempo de desarrollo en segundos	tx,u (s)	11188	9485	8658	7594	6910	6316	6000	5704	5378
Tiempo de desarrollo en horas	thoras	3.11	2.64	2.40	2.11	1.91	1.75	1.67	1.58	1.49

Anexo 4: Fetch equivalente.

Fuente: “Inspección y Soluciones para la Rehabilitación de la Protección Costera de la Autopista Sur de Varadero”.

<i>Tabla para la determinación del fetch equivalente</i>										
Categorías del viento		Tormentas severas		DT	TT	Huracanes				
						Cat I	Cat II	Cat III	Cat IV	Cat V
Fletch equivalente (m)	x _{eq}	7098	7277	7416	7675	7912	8181	8354	8540	8775
Fletch equivalente (km)	x _{eq}	7.1	7.3	7.4	7.7	7.9	8.2	8.3	8.5	8.8

Anexo 5: Período y longitud de la ola.

Fuente: “Inspección y Soluciones para la Rehabilitación de la Protección Costera de la Autopista Sur de Varadero”.

<i>Tabla para la determinación de la velocidad de fricción</i>										
Categorías del viento		Tormentas severas		DT	TT	Huracanes				
						Cat I	Cat II	Cat III	Cat IV	Cat V
Período de la ola en segundos	Tp	5.18	3.08	2.3	1.5	1.1	0.81	0.68	0.57	0.46
Longitud de la ola en aguas profundas (m)	L0	40.3	14.2	7.9	3.4	1.8	1	0.7	0.5	0.3
Profundidad relativa en aguas profundas	d/L0	0.15	0.422	0.757	1.78	3.33	6.11	8.67	12.26	18.46

Anexo 6: Clasificación de las olas marinas.

Fuente: “Inspección y Soluciones para la Rehabilitación de la Protección Costera de la Autopista Sur de Varadero”.

<i>Clasificación de las olas marinas en dependencia de la profundidad relativa</i>	
Clasificación	d/L
Aguas profundas (OAP)	1/2 a ∞
Transicionales (OAT)	1/20 a 1/2
Aguas poco profundas o someras (OAS)	0 a 1/20

Anexo 7: Ficha de Reparación No. FR/MPT/01.

Fuente: “Inspección y Soluciones para la Rehabilitación de la Protección Costera de la Autopista Sur de Varadero”.

Cliente:		Proyecto: Reparación capital del Pedraplén Viaducto Matanzas-Varadero	
Ficha de reparación: FR/MPT/01		Elemento a reparar: Manto protector del talud. Terraza de piedra.	
Descripción del daño	En general se observa un grado de deterioro medio afectadas por la erosión, evidenciado por la pérdida de su volumen de material pétreo por el alcance de las olas. El descenso promedio es de unos 0.40m.		
Grado: B			
Objetivo	Incrementar la protección de la estructura a niveles superiores que la de diseño.		
Materiales a emplear	Piedras: Peso de las piedras: superior a 100 kg. Tamaño medio equivalente =0.50 m.		
Secuencia de las acciones a realizar			
I	Limpieza y excavación de los sedimentos.		
II	Colocación de una primera capa de relleno y nivelación.		
III	Colocación de una segunda capa de piedra con una pendiente adicional de 7%.		
Observaciones	Estos trabajos se realizaran empleando un camión de volteo para el vertimiento de la piedra y un pequeño buldozer para la conformación de la superficie.		

Anexo 8: Ficha de Reparación No. FR/MPT/02.

Fuente: “Inspección y Soluciones para la Rehabilitación de la Protección Costera de la Autopista Sur de Varadero”.

<i>Cliente:</i>		<i>Proyecto: Reparación capital del Pedraplén Viaducto Matanzas-Varadero</i>	
Ficha de reparación: FR/MPT/02		Elemento a reparar: Manto protector del talud. Terraza de piedra.	
Descripción del daño	En general se observa un grado de deterioro importante en la terraza de piedras que conforman esta protección producto a desplazamientos del relleno de piedra. En las mismas se observan afectadas por la erosión, evidenciada por la pérdida de su volumen de material pétreo por el alcance de las olas. El descenso promedio más crítico es de unos 1.40m existente en los primeros 530m.		
Grado: C			
Objetivo	Incrementar la protección de la estructura a niveles superiores que la de diseño.		
Materiales a emplear	Piedras: Peso de las piedras: superior a 100 kg. Tamaño medio equivalente =0.60 m.		
Secuencia de las acciones a realizar			
I	Limpieza y excavación.		
II	Colocación de una primera capa de relleno y nivelación.		
III	Colocación de una segunda capa de piedra con una pendiente adicional de 7% prologándole una longitud de 6m.		
Observaciones	Estos trabajos se realizaran empleando un camión de volteo para el vertimiento de la piedra y un pequeño buldozer para la conformación de la superficie.		

Anexo 9: Ficha de Reparación No. FR/E/01.

Fuente: “Inspección y Soluciones para la Rehabilitación de la Protección Costera de la Autopista Sur de Varadero”.

<i>Cliente:</i>		<i>Proyecto: Reparación capital del Pedraplén Viaducto Matanzas-Varadero</i>	
Ficha de reparación: FR/E/01		Elemento a reparar: Escollera.	
Descripción del daño	En general se observa en los primeros 530m se observan algunos desplazamientos de las rocas por la acción de las olas, disminuyendo su densidad superficial original.		
Grado: A y B			
Objetivo	Detener el proceso de erosión incrementando la protección de la estructura sobre el N.M.M a niveles superiores que a su diseño original.		
Materiales a emplear	Capa protectora superficial de roca. Piedras: Peso de las piedras: superior a 300 kg. Tamaño medio equivalente =1.50 m.		
Secuencia de las acciones a realizar	Colocación de una capa de piedra con una pendiente adicional de 7% prologándole una longitud de 6m.		
Observaciones	Estos trabajos se realizaran empleando un camión de volteo para el vertimiento de la piedra.		

Anexo 10: Ficha de Reparación No. FR/BR/01.

Fuente: “Inspección y Soluciones para la Rehabilitación de la Protección Costera de la Autopista Sur de Varadero”.

<i>Cliente</i>		<i>Proyecto: Reparación capital del Pedraplén Viaducto Matanzas-Varadero</i>	
Ficha de reparación: FR/BR/01		Elemento a reparar: Berma de Roca.	
Descripción del daño	Presenta desplazamientos de 1 m aproximadamente respecto al pie del talud del pedraplén.		
Grado: A y B			
Objetivo	Incrementar la protección de la estructura a niveles superiores que a su condición original.		
Materiales a emplear	Piedras de más de 400kg		
Secuencia de las acciones a realizar	Se colocará una capa de material pétreo en el tacón de la escollera. La orientación y colocación se realizará de manera tal que se garantice una buena imbricación con las rocas existentes.		
Observaciones	Como consecuencia de la irregularidad actual, la colocación de las nuevas rocas se realizará tratando de lograr la distribución más compacta y la mejor imbricación con los existentes. Su colocación se realizara mediante el empleo de volteo directo.		

Anexo 11: Ficha de Reparación No. FR/BR/02.

Fuente: “Inspección y Soluciones para la Rehabilitación de la Protección Costera de la Autopista Sur de Varadero”.

<i>Cliente</i>		<i>Proyecto: Reparación capital del Pedraplén Viaducto Matanzas-Varadero</i>	
Ficha de reparación: FR/BR/02		Elemento a reparar: Berma de rocas.	
Descripción del daño	Brindan baja protección alrededor de las alcantarillas, están sumergidos y desplazados alrededor de 2 m de las mismas reduciendo su capacidad protectora.		
Condición: D			
Objetivo	Incrementar la protección de las alcantarillas a niveles superiores que a su condición original		
Materiales a emplear	Piedras de más de 400kg		
Secuencia de las acciones a realizar	Se colocará una capa de material pétreo alrededor y por el frente de las alcantarillas.		
Observaciones	Como consecuencia de la irregularidad actual la colocación de las nuevas rocas se realizará tratando de lograr la distribución más compacta y la mejor imbricación con los existentes. Su colocación se realizara mediante el empleo de volteo directo.		

Anexo 12: Ficha de Reparación No. FR/G/01.

Fuente: “Inspección y Soluciones para la Rehabilitación de la Protección Costera de la Autopista Sur de Varadero”.

<i>Cliente:</i>		<i>Proyecto: Reparación capital del Pedraplén Viaducto Matanzas-Varadero</i>	
Ficha de reparación: FR/G/01		Elemento a reparar: Glorieta.	
Descripción del daño	En general se observa un grado de deterioro medio afectadas por la erosión, evidenciado por la pérdida de su volumen de material pétreo por el alcance de las olas. El descenso promedio es de unos 0.40m por el frente y por el sector izquierdo es de 0.80m.		
Grado B:			
Objetivo	Incrementar la protección en sus alrededores a niveles superiores que a su condición original		
Materiales a emplear	Piedras: Peso de las piedras: superior a 100 kg. Tamaño medio equivalente =0.50 m.		
Secuencia de las acciones a realizar	Limpieza y excavación de los sedimentos.		
	Colocación de una capa de relleno y nivelación por el sector izquierdo con un 30% de pendiente alargándola unos 5m de longitud.		
	Colocación de una capa de relleno y nivelación por el frente con un 30% de pendiente alargándola unos 2.25m de longitud.		
Observaciones	Estos trabajos se realizaran empleando un camión de volteo para el vertimiento de la piedra y un pequeño buldozer para la conformación de la superficie.		