

Erosión hídrica del sector de playa del hotel Ancón, Sancti Spíritus, Cuba.

*Original*

Erosión hídrica del sector de playa del hotel Ancón, Sancti Spíritus, Cuba / Gutiérrez Benítez, Omar; Castro Rodríguez, David Javier; Poma Rodríguez, José Reynol; Bermúdez Acosta, Jelvys; Caravaca Colina, Lester. - In: REVISTA CIENTÍFICA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA Y AMBIENTAL. - ISSN 1815-591X. - ELETTRONICO. - 39:1(2018), pp. 84-97.

*Availability:*

This version is available at: 11583/2870228 since: 2021-02-09T11:26:39Z

*Publisher:*

Centro de Investigaciones Hidráulicas, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría (CUJAE), La

*Published*

DOI:

*Terms of use:*

openAccess

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

*Publisher copyright*

(Article begins on next page)

## Erosión hídrica del sector de playa del hotel Ancón, Sancti Spíritus, Cuba

MSc. Ing. Omar Gutiérrez Benítez email: [omar@gestion.ceac.cu](mailto:omar@gestion.ceac.cu)  
Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos (CEAC). Cienfuegos.

MSc. Ing. David Javier Castro Rodríguez email: [david@gestion.ceac.cu](mailto:david@gestion.ceac.cu)  
Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos (CEAC). Cienfuegos.

MSc. Ing. José Reynol Poma Rodríguez email: [reinol@gestion.ceac.cu](mailto:reinol@gestion.ceac.cu)  
Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos (CEAC). Cienfuegos.

MSc. Lic. Jelvys Bermúdez Acosta email: [jelvysworldline@gmail.com](mailto:jelvysworldline@gmail.com)  
Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos (CEAC). Cienfuegos.

MSc. Lic. Lester Caravaca Colina email: [lester@gestion.ceac.cu](mailto:lester@gestion.ceac.cu)  
Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos (CEAC). Cienfuegos.

### RESUMEN

El propósito del trabajo fue evaluar la contribución del drenaje pluvial del hotel Ancón sobre la erosión de su sector de playa y proponer un plan de medidas correctivas para su mitigación. Se diseñó un procedimiento basado en ocho pasos en la solución de un problema, complementado con metodologías y herramientas específicas. Se demostró que predomina el origen hídrico de la erosión, con manifestaciones de arroyamiento del tipo cárcavas. La erosividad de la lluvia, potenciada por deficiencias técnicas y organizativas en el sistema de drenaje pluvial, así como la influencia de la erosionabilidad del terreno y de los elementos construidos, incrementan los caudales y las velocidades de flujo. Se diseñó un plan de medidas correctivas para mitigar la erosión, basado en soluciones de ingeniería hidráulica y costera.

**Palabras clave:** drenaje, erosión hídrica, escorrentías, ingeniería, playa.

## Water erosion at hotel Ancon beach, Sancti Spiritus, Cuba

### ABSTRACT

The purpose of this work was to assess the contribution of the storm drainage system of the Ancon hotel over the erosion of its beach sector and to propose a plan of corrective measures for their mitigation. A procedure based on the eight steps in the solution of a problem was designed, complemented with specific methodologies and tools. The water origin of the erosion was predominating, with manifestations of the gully erosion type. Rain erosive power, enhanced by technical and organizational deficiencies in the storm drainage system, as well as the influence of the erodibility of the land and constructed elements, increases flow and velocity rates. A corrective action plan to mitigate erosion based on hydraulic and coastal engineering solutions was designed.

**Keywords:** drainage, water erosion, runoff, engineering, beach.

## INTRODUCCIÓN

El 25 de abril de 2017 se aprobó el Plan de Estado Cubano para el Enfrentamiento al Cambio Climático (Tarea Vida). Una de las tareas contenidas en dicho plan es conservar, mantener y recuperar integralmente las playas arenosas del archipiélago cubano, priorizando las urbanizadas de uso turístico.

Se reconoce que la erosión costera se está produciendo de forma generalizada en la mayoría de los balnearios de Cuba, como un proceso de transformación y degradación que se muestra en buena medida irreversible. El archipiélago cuenta con 5 746 km de costas y exhibe unas 430 playas arenosas. El 86 % de ellas muestran indicios de los procesos de erosión donde la línea de costa retrocede a un ritmo de 1 a 2 m/año. La falta de aplicación de acciones ingenieriles legales para su control provoca la pérdida de superficies útiles para la recreación y afectan directamente la actividad turística.

El problema de la erosión costera es generado fundamentalmente por las acciones incorrectas del hombre, tanto por las construcciones sobre las dunas litorales, las extracciones de arena, la tala de la vegetación costera, etc., como por su significativa incidencia en los cambios del clima a nivel global (Tristá 2016).

El país desarrolla un proceso de ordenamiento territorial de sus zonas costeras, para protegerlas de los efectos negativos de la actividad antrópica y de los fenómenos naturales. En este contexto, la Política Ambiental de Cuba establece que se deben incrementar las acciones de restauración, rehabilitación y mantenimiento de las playas arenosas de interés turístico, recreativo, o de protección costera; para lo cual ha establecido el Programa Nacional de Recuperación de Playas.

Bajo este programa, la Empresa Inversiones GAMMA S.A. ha trabajado en la rehabilitación de las algunas playas cubanas, desde la ejecución de estudios y proyectos de recuperación de las playas hasta la ejecución de los vertimientos de arena. Asimismo, continúa incentivando el perfeccionamiento de las metodologías de trabajo para obtener información de campo más rigurosa y eficiente, contribuyendo de esta forma a brindar soluciones más efectivas (Tristá 2016).

Por su parte, Torres y Córdova (2010) realizaron el estudio de cuatro metodologías relacionadas con el tema de la protección y rehabilitación de playas. Propusieron una metodología de trabajo que permite desarrollar de forma más eficiente los proyectos de rehabilitación de playas. Según el propio artículo, para proteger o rehabilitar una playa erosionada se deben identificar las causas que dieron origen a esta situación mediante el estudio de los procesos morfológicos que ocurren en el área.

Entre las causas de la erosión se mencionan la interrupción del transporte de sedimentos longitudinal, la reducción de la fuente de sedimentos, la erosión de las dunas por la sobre elevación durante los temporales, el desplazamiento de los canales de marea, la variación del nivel medio relativo del mar y la extracción de arena. No mencionan sin embargo la erosión hídrica como una de las causas principales de este fenómeno.

En el proceso de erosión hídrica ocurre la desagregación, transporte y sedimentación de las partículas de suelo por las gotas de lluvia y el escurrimiento superficial. Es afectado por varios factores como: el clima, el suelo, la vegetación, la topografía y los elementos construidos. Las acciones desde el punto de vista ingenieril para resolver los problemas de drenaje pluvial requieren de coherencia y continuidad, debido a la intervención de múltiples agentes y su interacción.

Un plan para la gestión de aguas pluviales debe considerar los siguientes aspectos básicos: la definición de un sistema de drenaje general que considere los cauces naturales, así como la materialización de un sistema de drenaje artificial, o de colectores de aguas pluviales que complemente la red natural (MINVU 1996). La planificación y selección de los sistemas de drenaje pluvial sostenibles requieren abordar dimensiones tradicionalmente relegadas a un segundo plano, como la medioambiental, la de calidad paisajística, la del entorno arquitectónico o los usos.

La erosión hídrica es una función de la erosividad de la lluvia y de la erosionabilidad del suelo. La erosividad es la capacidad potencial de la lluvia para erosionar. La erosionabilidad es la vulnerabilidad del suelo frente a la erosión. Para la estimación de la erosión hídrica se utilizan métodos cualitativos y cuantitativos. Los métodos cualitativos son frecuentemente usados en estudios de reconocimiento o diagnóstico y constituyen una opción rápida para una futura toma de decisiones respecto al problema de la erosión (UNESCO 2009).

La playa Ancón, localizada en la península homónima en el municipio de Trinidad, Cuba, ha sido impactada por el desarrollo turístico a partir de los inicios de la década del ochenta del siglo pasado. Las escorrentías de aguas pluviales del hotel Ancón hacia la berma de la playa provocaron un incremento de los procesos erosivos en la misma y la pérdida de arena (Caravaca et al. 2014).

El objetivo de la investigación fue evaluar la contribución del drenaje pluvial del hotel Ancón sobre la erosión de su sector de playa y proponer un plan de medidas correctivas, basadas en soluciones ingenieriles para su mitigación.

## **PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO**

Se diseñó un procedimiento basado en los ocho pasos, para la solución de un problema, propuesto por Gutiérrez y De La Vara (2009). Este se complementó con varias metodologías y herramientas específicas para los estudios técnicos de ingeniería, incluidas Normas Cubanas y manuales técnicos, bajo el principio de la convergencia metodológica. Asimismo, se tuvieron en cuenta aspectos contenidos en la metodología para la rehabilitación y protección de playas de Torres y Córdova (2010).

### **Paso 1: Seleccionar y caracterizar un problema**

Para la recolección y análisis de datos se utilizaron la observación directa, revisión documental, las entrevistas y la lista de verificación como herramientas fundamentales. En los estudios técnicos de ingeniería se consideraron los siguientes aspectos:

### *Estudios de antecedentes de investigaciones ingenieriles*

Se realizó el análisis de los estudios ejecutados en la península Ancón y en particular en la parcela que ocupa el hotel, correspondiente a los años 1959-1992, a partir del fondo documental disponible en la Unidad de Investigaciones para la Construcción de la Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas de Villa Clara.

### *Estudio y levantamiento de la información del relieve, el suelo y la vegetación*

Se definieron seis estratos atendiendo a criterios de homogeneidad de relieve, suelos, vegetación y cobertura. Se realizó el levantamiento topográfico de la parcela estudiada. Se estudiaron los suelos de las áreas verdes mediante el examen visual y la ejecución de ensayos manuales simples según la norma cubana NC 61 (2000). Se determinó el índice de infiltración del suelo según RC-9005 (2001).

### *Recopilación, cuantificación y clasificación de evidencias de los procesos erosivos en la playa*

A las evidencias de los procesos erosivos detectadas se le tomaron coordenadas geográficas, fotografías y dimensiones (longitud, profundidades y anchos máximos). Estas últimas, se utilizaron para clasificarlas según una escala ordinal que comprendió las categorías: leve, media, intensa y crítica.

### *Definición de secciones de escorrentías*

Se definieron secciones exhaustivas de escorrentías de la red de drenaje natural, dadas las características de la topografía y confirmadas a partir de la observación directa ante la presencia de eventos de lluvias.

### *Identificación y descripción del sistema existente de recolección, de evacuación y de disposición final de aguas pluviales (SREDFAP)*

Debido a la limitada información técnica de proyectos y planos de la instalación, la identificación y descripción del SREDFAP se hizo durante el trabajo de campo, quedando definidos cuatro subsistemas: A, B, C y D.

### *Revisión del estado, funcionalidad, condiciones de operación y mantenimiento del SREDFAP*

Se analizaron los requisitos establecidos en reglamentos técnicos y manuales para los SREDFAP de Colombia, Chile y República Dominicana.

Asimismo, se analizaron las normas cubanas relativas al diseño de los sistemas de drenaje pluvial: NC 600 (2008), NC 683 (2009), NC 770 (2010), NC 775 (2012).

En los pozos de infiltración se determinó el índice de infiltración según RC-9005 (2001) y se diagnosticaron según criterios propuestos en MINVU (1996). Además, se inspeccionaron las condiciones existentes de mantenimiento del sistema.

Al determinar la capacidad potencial de la lluvia para provocar la erosión (erosividad) se estimaron los caudales de escurrimientos de las cubiertas y la red de drenaje natural utilizando el Método Racional. La intensidad de la lluvia fue estimada utilizando el mapa isoyético de las precipitaciones máximas diarias para el 1% de probabilidad y el nomograma de cálculo para

diferentes probabilidades y tiempo de duración de la República de Cuba. Se estudiaron los siguientes escenarios en correspondencia con lo recomendado en la normativa establecida:

Escenario 1: Un 20 % de probabilidad de la lluvia con tiempo de duración de 10 minutos según la norma cubana NC 775 (2012). Se tomó una intensidad de lluvia de 1,83 mm/min.

Escenario 2: Un 5 % de probabilidad de la lluvia con tiempo de duración de 5 minutos, establecida según el grado de protección que se debe brindar a la instalación, considerando la categoría de la obra y el daño ecológico a que puede dar lugar (NC 600 2008). Se tomó una intensidad de lluvia de 3,1 mm/min.

### **Paso 2: Buscar todas las posibles causas**

Se identificaron las causas probables de la erosión, asociada a las escorrentías de aguas pluviales, mediante la técnica de tormenta de ideas. Fueron graficadas en un diagrama Causa y Efecto, según la propuesta de Gutiérrez y De La Vara (2009), denominado también diagrama de Ishikawa o diagrama Espina de Pescado (este último por su parecido), como forma de exhibir toda la información de manera gráfica en un espacio compacto. Se graficaron causas en cada subsistema del *SREDFAP*, relacionadas en diferente orden hasta llegar a las causas raíces.

### **Paso 3: Investigar cuáles de las causas son más importantes**

La selección se basó en criterios cualitativos y cuantitativos de los estudios técnicos de ingeniería y se utilizó la herramienta de análisis de modo y efecto de las fallas (AMEF), propuesta por Gutiérrez y De La Vara (2009).

### **Paso 4: Elaborar un plan de medidas enfocado a remediar las causas más importantes**

Se elaboró un plan de medidas correctivas detallado según la propuesta de Gutiérrez y De La Vara (2009). La validez de las medidas se corroboró a partir de la evaluación de los escenarios de lluvia definidos en el Paso 1, donde se consideró la mitigación del aporte de agua lluvia.

### **Siguientes pasos de la metodología (Pasos 5, 6, 7 y 8)**

Los siguientes cuatro pasos de la metodología (ejecutar las medidas remediales, revisar los resultados obtenidos, prevenir la recurrencia, conclusión y evaluación de lo hecho) se propusieron a los decisores de la Empresa Inmobiliaria del Turismo y del Grupo Hotelero Cubanacán S.A, que son, respectivamente, el propietario y el operador de la instalación.

## **CASO HOTEL ANCÓN**

### **Paso 1: Seleccionar y caracterizar un problema**

#### *Estudios de antecedentes de investigaciones ingenieriles*

La caracterización litológica de los suelos naturales, previo a la intervención en la parcela para la construcción del hotel, mostró un estrato superior de arena calcárea de grano medio, variable de 2,20 a 3,60 m. Asimismo, los estudios confirmaron las modificaciones antrópicas a que fue sometida la parcela, con el material de relleno gravo-arenoso, compacto y de espesor variable utilizado en la terraza.

### *Estudio y levantamiento de la información del relieve, el suelo y la vegetación*

La imagen satelital del hotel Ancón y la playa homónima (figura 1), muestra la proximidad de las edificaciones del hotel a la berma, solamente separadas por una franja longitudinal de áreas verdes con plazoletas y escaleras para el acceso a la playa. También se muestran los seis estratos en que fue dividida el área de estudio.



**Figura 1. Hotel Ancón y sector de playa homónima. Representación de los estratos definidos** (Fuente: elaboración propia)

El relieve de los estratos 1, 2 y 3 se clasificó como accidentado y ondulado. Las pendientes promedios son entre el 5 % y el 15 %, llegando ser hasta del 25 % en el estrato 1. El resto de los estratos se clasificaron como llanos, con pendientes inferiores al 5 %.

Existe una alta variabilidad de la cobertura de césped para cada estrato. En el estrato 2 es menor que el 10 % de la superficie. El resto de los estratos tienen una cobertura entre un 50 % y un 90 %. En general, el tipo del césped existente no es el adecuado y carece de un sistema de riego artificial, situación que se agrava por el uso de malas prácticas de mantenimiento.

Las características del suelo coincidieron con las características de los materiales de préstamo utilizados en la terraza de relleno del hotel. Resultaron poco permeables, blandos, compactos y ligeramente plásticos, propiedades que restringen su capacidad de infiltración.

Los resultados de las pruebas de infiltración demuestran que el suelo posee una absorción relativa media (índice de infiltración de 12,08 min); comparable con suelos de tipo arenas de grano fino, limo, mezcla de arena, limo y arcilla y arcillas estratificadas.

*Recopilación, cuantificación y clasificación de evidencias de los procesos erosivos en la playa*

En las evidencias erosivas detectadas predominó el origen hídrico, se apreciaron varias características y factores que, en concordancia con la literatura, fundamentan tal clasificación (UNESCO 2009).

El diagrama de Pareto de la figura 2 muestra la frecuencia absoluta de las evidencias erosivas que se registraron en cada estrato (eje vertical izquierdo), además se muestra el porcentaje acumulado respecto al total de evidencias que se manifestaron en todos los estratos (línea sobre las barras).

El 75,86 % de las evidencias de erosión se concentraron en los estratos 1 y 2 (sector suroeste del edificio principal). En ellos se observó la presencia de diversos elementos construidos, como el punto de venta de la Empresa Extrahotelera PALMARES S.A, plazoletas y escaleras del hotel, pasillos de concreto del área verde del hotel, losa de concreto, mangueras y tubos superficiales en berma, así como el muro de contención longitudinal colindante entre el área verde del hotel y la berma.



**Figura 2. Diagrama de Pareto para evidencias erosivas de la parcela total del hotel Ancón. Análisis por estratos (Fuente: elaboración propia)**

En correspondencia con lo tratado, los estratos 1 y 2 coinciden con un relieve accidentado, un arbolado con un sistema radicular superficial y pobre vegetación. En la figura 3 se muestran algunas de las evidencias detectadas.

*Identificación y descripción del SREDFAP*

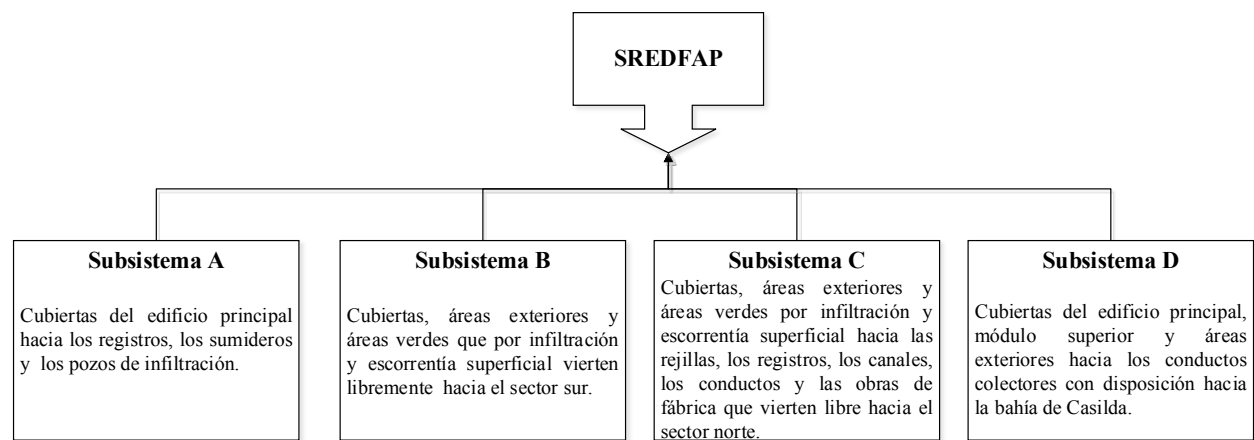
El sistema de recolección, evacuación y disposición final de aguas pluviales del hotel Ancón es del tipo convencional separativo, con cuatro subsistemas básicos, integrados por elementos de



drenaje natural y obras de colección, de evacuación y de infiltración. No existe segregación y reúso de estas aguas. En la figura 4 se muestran sus principales subsistemas.



**Figura 3. Evidencias erosivas en la berma de la playa y áreas verdes contiguas a los estratos 1 y 2 (Fuente: Elaboración propia)**



**Figura 4. Sistema de drenaje pluvial del hotel Ancón (Fuente: Elaboración propia)**

#### *Revisión del estado, la funcionalidad, las condiciones de operación y el mantenimiento del SREDFAP*

Se detectaron insuficiencias en el diseño, el funcionamiento y el mantenimiento del SREDFAP. Además, se observaron prácticas inadecuadas que inciden sobre el mal funcionamiento y la operación del sistema, que repercuten en la intensificación de los procesos erosivos.

Los cálculos demostraron que las áreas efectivas de infiltración de los cuatro pozos existentes en el subsistema A, son significativamente inferiores a las requeridas para las condiciones de funcionamiento evaluadas y no cumplen los requerimientos de diseño recomendados en MINVU (1996).

Los lechos filtrantes (figura 5) estaban azolvados y llenos de basura, tierra y sedimentos procedentes de la escorrentía de las áreas verdes aledañas, así como enraizamiento de plantas, aspectos que disminuyen la capacidad su infiltración. Los resultados de las pruebas de infiltración de los lechos demuestran que poseen una absorción relativa lenta (índice de infiltración de 3,21 min).



**Figura 5. Evidencias de deficiencias técnicas y de mantenimiento de las obras de infiltración** (Fuente: elaboración propia)

#### *Definición de secciones de escorrentías*

Se identificaron en la red drenaje natural 13 secciones de escorrentías para los estratos 1 y 2. En la figura 6 se muestra un esbozo de dichos estratos, donde se incluye la vista superior del edificio principal del hotel Ancón, así como los caudales de escurrimientos superficiales que llegan a la berma de la playa en cada una de las secciones de escorrentías.

Los caudales se estimaron para el escenario de lluvia 2 (definido como más crítico) y se representaron en proporción a la longitud que ocupa cada sección de escorrentía sobre el terreno.

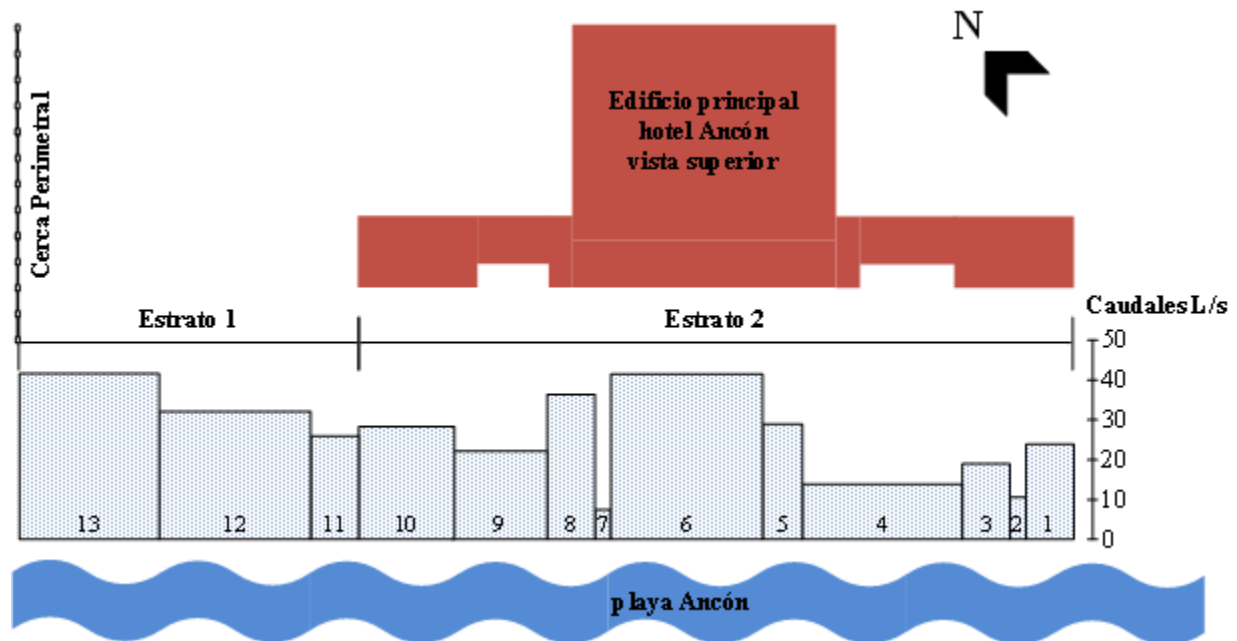
En la figura se aprecian los altos caudales que llegan a la berma en los estratos 1 y 2, que son a su vez los más erosionados. En ese sentido, resultó conveniente asociar sus evidencias erosivas, a las secciones de escorrentías representadas en la figura anterior. En la tabla 1 se muestran las cárcavas existentes en cada sección y las categorías en que se clasificaron.

Se identificaron cárcavas críticas en todas las secciones excepto la 11 y la 13. La mayor cantidad de cárcavas se encontró en las secciones 5, 6, 8, 12 y 13, correspondientes a los caudales más altos (54,47 % del total que llega a la berma).

En la sección 7 que resultó la de menor caudal, se identificaron dos cárcavas críticas, debido al efecto del incremento de la velocidad por la reducción del área de flujo de la escorrentía y al efecto de los elementos construidos.

Se confirmó la asociación entre la cantidad y las categorías de las cárcavas con los caudales de escurrimientos y otros factores como relieve, cobertura de césped, infiltración del suelo y los elementos construidos. La combinación de los factores anteriores y los altos caudales, modifican los patrones de flujo laminar, y se crean efectos de intercepciones y turbulencias que

favorecen el incremento de la velocidad de las escorrentías, y con ello la aparición del fenómeno de erosión hídrica.



**Figura 6. Croquis del sector suroeste del hotel Ancón (estratos 1 y 2). Caudales estimados que llegan a la berma de la playa en las 13 secciones de escorrentías para el escenario de lluvia 2 (Fuente: elaboración propia)**

**Tabla 1. Clasificación de evidencias erosivas asociadas con las secciones de escorrentías**

Secciones \ Categorías	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	Total
Leve	1	1	1											3
Media	1	1												2
Intensa	1													1
Crítica		1		1	1	2	2	3	2	1	1	1	1	16
<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>22</b>

(Fuente: elaboración propia)

En correspondencia, el relieve de las secciones 13 a la 11 es accidentado, con pendientes hasta del 26 %. Existe poca cobertura de césped en las secciones de la 10 a la 1 (menos del 10 % de la superficie), y el arbolado presente posee el enraizamiento superficial. Como se ha tratado con anterioridad, el suelo tuvo una capacidad de infiltración media, con presencia de elementos construidos como plazoletas, escaleras, aceras, muros y tuberías superficiales.

Respecto a los caudales estimados que llegan a la berma, se puede añadir que en el hotel no se reúsa el agua de lluvia y se demostró que existen potencialidades en sus cubiertas para la captación del agua pluvial del orden de 13 523,10 m<sup>3</sup>/año.

Dicho valor es superior a la demanda estimada de agua para el riego de las áreas verdes del hotel (11 679,00 m<sup>3</sup>/año). Por lo que la alternativa de reúso representa un ahorro equivalente de agua potable, que hoy se usa para el riego de la jardinería.

Con su implementación el hotel dejaría de erogar un gasto económico de 18 102,45 CUC/año por concepto de pago de los servicios de provisión y abasto de agua. Constituye una alternativa viable, teniendo en cuenta que existen (aunque en desuso) una cisterna de almacenamiento de agua para reúso, las redes de distribución y los accesorios para el sistema de riego.

### **Paso 2: Buscar todas las posibles causas**

Se identificaron causas hasta del sexto orden en los subsistemas del *SREDFAP*, responsables de los procesos erosivos caracterizados en todos los estratos. En la figura 7, se ilustran las causas para el subsistema B, que resultó de los más críticos y representativo.

### **Paso 3: Investigar cuáles de las causas son más importantes**

Se estableció el nivel de prioridad de riesgos de la lista de posibles causas detectadas en el punto anterior. Las deficiencias en el diseño, funcionamiento y mantenimiento del *SERDFAP* del hotel Ancón; unido al estado del relieve, del suelo, de la vegetación y la presencia de elementos construidos son las causas principales.

### **Paso 4: Elaborar un plan de medidas enfocado a remediar las causas más importantes**

Se propuso un plan de medidas correctivas con 69 soluciones de ingeniería ambiental y costera, clasificadas como soluciones paliativas (33) o radicales (36), sustentadas en el principio de eliminar o minimizar la escorrentía de las aguas pluviales hacia la berma de la playa.

Las soluciones radicales comprendieron la eliminación de los elementos construidos en el sector suroeste del hotel Ancón (estructuras, obras, suelo y vegetación).

Mediante colectores colgantes, realizar la evacuación de las aguas pluviales de las cubiertas hacia una cisterna para su reúso en el sistema de riego de áreas verdes. Se incluyó la rehabilitación del perfil de playa y de la zona de protección en el sector suroeste del hotel y acciones para proteger el perfil a restaurar.

Las soluciones paliativas contemplaron la nivelación del relieve, el laboreo del suelo, el mejoramiento del césped, la eliminación de elementos construidos, las mejoras tecnológicas en los pozos de infiltración y la construcción de zanjas de infiltración, canales y colectores.

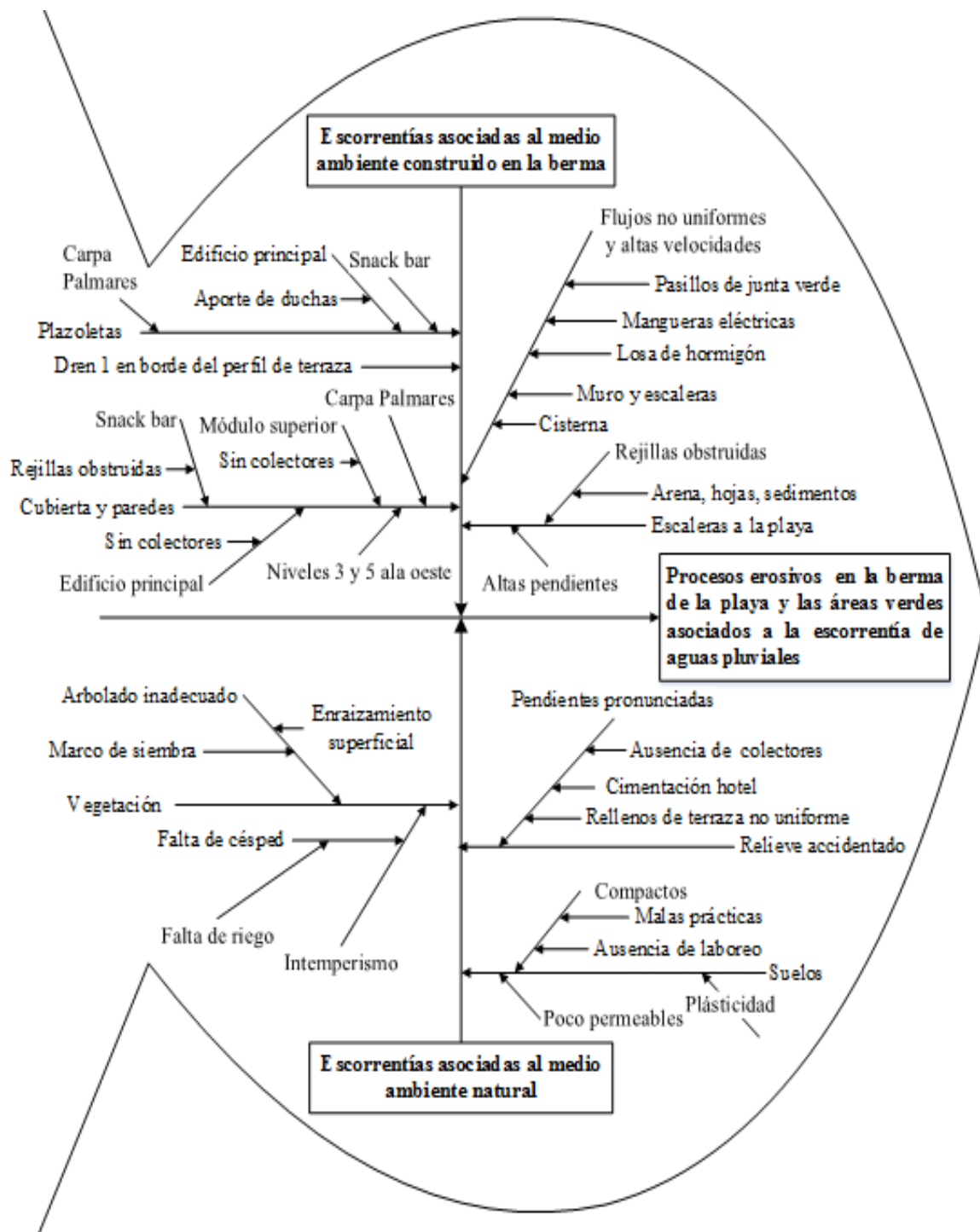


Figura 7. Identificación de las causas que agravan los procesos erosivos de origen hídrico, Subsistema B. (Fuente: elaboración propia)

## CONCLUSIONES

- El procedimiento diseñado es un valioso instrumento metodológico que puede ser generalizado para el diagnóstico de los sistemas de drenaje pluvial en Cuba y, en especial, para evaluar cómo contribuyen estos a los procesos erosivos en playas, zonas costeras y suelos.
- En los procesos erosivos en el sector de playa del hotel Ancón predomina el origen hídrico, con manifestaciones de erosión por arroyamiento del tipo cárcavas.
- Se demostró que la erosividad de la lluvia, intensificada por la no segregación del agua, unida a las deficiencias técnicas y organizativas en el sistema de drenaje pluvial, originan altos caudales de escurrimientos sobre el suelo y la berma de la playa. Asimismo, la erosionabilidad del terreno y los elementos construidos incrementan las velocidades de flujo y la aparición del fenómeno de erosión hídrica.
- Las soluciones de ingeniería hidráulica y costera propuestas se sustentaron en el principio de minimizar las escorrentías de las aguas pluviales hacia la berma de la playa. La validez de las medidas se corroboró al estimar que las escorrentías pueden reducirse solamente a los aportes de la lluvia sobre el perfil de playa si se implementara el plan de medidas correctivas, con lo que se infiltrarían y evacuarían de forma laminar y en consecuencia se mitigaría la erosión.
- Los resultados de la investigación fueron tenidos en cuenta por la Empresa Inmobiliaria del Turismo y la Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería de La Habana para la toma de decisiones y fueron introducidos en el proyecto de recategorización del hotel Ancón.

## RECONOCIMIENTO

Los autores agradecen la colaboración de directivos, especialistas y trabajadores de mantenimiento y de servicio del hotel Ancón y de la Empresa Inmobiliaria del Turismo por la información y el apoyo logístico brindado para la ejecución de este trabajo. También agradecen a los especialistas del Centro de Servicios Ambientales de Sancti Spíritus por sus contribuciones. Asimismo, a especialistas de la Unidad de Investigaciones para la Construcción de la Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas de Villa Clara. De igual forma agradecen a especialistas de la Dirección de Proyectos de Diseño y Rehabilitación de Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería de La Habana por introducir los resultados de la investigación en el proyecto de recategorización del hotel Ancón.

## REFERENCIAS

- Caravaca L., Olalde E. y Muñoz A.** (2014). “Capacidad de carga y estado erosivo acumulativo de varios sectores de playa de la península Ancón”. Reporte final No. 11/2014, CS 08-13 Suplemento 5. Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos, Cienfuegos, Cuba.
- Gutiérrez H. y De La Vara R.** (2009). “Control estadístico de calidad y seis sigma”. McGraw Hill Interamericana, ISBN 978-970-10-6912-7, México D.F.

- MINVU** (1996). “Manual de técnicas alternativas para soluciones de aguas lluvias en sectores urbanos. Guía de diseño”. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), Santiago de Chile. Extraído de: [http://www.minvu.cl/aopensite\\_det\\_20070317115825.aspx](http://www.minvu.cl/aopensite_det_20070317115825.aspx). en abril 2014.
- NC 61** (2000). “Geotecnia. Identificación y descripción de suelos (examen visual y ensayos manuales simples)”, Norma Cubana. Oficina Nacional de Normalización de Cuba (ONN), La Habana, Cuba.
- NC 600** (2008). “Edificaciones-Requisitos de diseño del sistema de drenaje pluvial”, Norma Cubana. Oficina Nacional de Normalización de Cuba (ONN), La Habana, Cuba.
- NC 683** (2009). “Edificaciones-Requisitos técnicos para el diseño y construcción de las redes hidráulicas y sanitarias”, Norma Cubana. Oficina Nacional de Normalización de Cuba (ONN), La Habana, Cuba.
- NC 770** (2010). “Edificaciones-Requisitos de diseño del sistema de drenaje pluvial urbano”, Norma Cubana. Oficina Nacional de Normalización de Cuba (ONN), La Habana, Cuba.
- NC 775** (2012). “Bases para el diseño y construcción de inversiones turísticas- Parte 13: Requisitos de hidráulica y sanitaria”, Norma Cubana. Oficina Nacional de Normalización de Cuba (ONN), La Habana, Cuba.
- RC-9005** (2001). “Determinación de la capacidad de infiltración”, Regulación de la Construcción, Ministerio de la Construcción, La Habana, Cuba.
- Torres R. y Córdova L.** (2010). “Análisis crítico sobre las metodologías para la rehabilitación y protección de playas”, Ingeniería Hidráulica y Ambiental, vol. XXXI, No. 3, pp. 60-64, ISSN 1815-591X, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (Cujae), La Habana, Cuba.
- Tristá E.** (2016). “La erosión costera. Acciones para su control”, Sitio Cubadebate, Especiales de Medio Ambiente. Disponible en: <https://www.cubadebate.cu> [Consultado 25-6-2016].
- UNESCO** (2009). Propuesta de un modelo de estimación de erosión hídrica para la región de Coquimbo, Chile. Documentos Técnicos del PHI-LAC, N°18. ISBN 978-92-9089-137-6.