

ARTÍCULO

## Modelo conceptual para el control y administración de los Litorales Colombianos

### Conceptual model for the control and administration of Colombian Littorals

Fecha recepción: 2006-06-05 / Fecha aceptación: 2006-07-21

**Fernando Afanador Franco**  
E-mail: fafanador@cioh.org.co.

**Iván Fernando Castro Mercado**  
E-mail: ifcastro@cioh.org.co.

Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas CIOH,  
Isla Manzanillo, Cartagena de Indias, D. T. y C.

### Resumen

El conocimiento de los bienes de uso público y de los de propiedad privada que se encuentran sobre los litorales colombianos es de vital importancia para la Autoridad Marítima Nacional DIMAR, dentro del desarrollo de sus funciones de control y administración de estos espacios. Este conocimiento implica un enfoque geográfico holístico, en el que se estudia el sistema litoral como un todo, relacionándolo con sus partes y teniendo en cuenta la relación hombre-naturaleza. Se trata fundamentalmente, del entendimiento de los aspectos técnicos, administrativos y jurídicos que juegan un papel fundamental en el control y administración de los litorales.

La finalidad de la presente investigación consistió en definir y aplicar, durante finales del año 2005 y principios del 2006, en litoral Caribe colombiano - sector del Corregimiento de La Boquilla, Municipio de Cartagena en el Departamento de Bolívar y en un sector del Golfo de Morrosquillo en el Departamento de Sucre, un modelo conceptual para elaborar técnicamente, el establecimiento del límite de la jurisdicción de la Autoridad Marítima Nacional DIMAR en los litorales colombianos orientado hacia el control y administración de estas zonas.

La metodología de trabajo comprendió la definición de las variables a contemplar dentro del modelo conceptual, así como la determinación de las relaciones entre dichas variables. Una vez establecidas las variables y sus relaciones, se definieron y



**CIOH**  
www.cioh.org.co

documentaron las especificaciones y procedimientos técnicos a seguir para el estudio de las variables y la cuantificación de sus relaciones. Finalmente, se aplicó el modelo propuesto en el área de estudio y se planteó su evaluación en términos de su valor instrumental, es decir, si efectivamente constituyó un medio para alcanzar el objetivo de controlar y administrar los litorales colombianos.

**Palabras claves:** Modelo conceptual, Litorales, Administración de litorales.

## *Abstract*

Knowing about the public property and those of private property that are on the Colombian littorals it is of vital importance for the National Maritime Authority - DIMAR within the development of the control and administration functions of those mentioned spaces. This knowledge implies a holistic geographic approach, in which the littoral system is studied as a whole, relating it with its parts and taking into account the relationship man-nature. It is basically, the understanding of technical, administrative and legal aspects which play a fundamental role in the control and administration of the littorals.

The objective of the present research comprised the definition and application, during the end of year 2005 and the beginning of 2006, on the Colombian Caribbean littoral - sector of the small town of La Boquilla, District of Cartagena in the Department of Bolívar and in a sector of the Morrosquillo Gulf in the Department of Sucre, of a conceptual model to technically establish the National Maritime Authority jurisdiction limit in the Colombian littorals for its control and administration.

The work methodology included the definition of the conceptual model variables, as well as the determination of the relationship among them. Once the variables and their relationship were established, the specifications and technical

procedures to follow for studying the variables and for quantifying their relationship were defined and supported. Finally, the conceptual model was applied in the study area and its assessment in terms of its instrumental value was proposed, that is to say, if indeed it constituted a means to achieve the objective of controlling and administering the Colombian littorals.

**Key words:** Conceptual model, Littorals, Littoral Administration.

## *Introducción*

Los litorales son las zonas en las que confluyen la tierra, el agua y el aire [1]. La reunión de estos tres elementos los hace particularmente complejos, sensibles y atractivos especialmente para el hombre. Presentan un gran valor económico para el hombre, bien sea como fuente de alimento, como fuente de materias primas para la industria o como generador de ingresos a través del turismo [2]. Es por estas razones que el control y administración de los litorales que se encuentran bajo jurisdicción de la DIMAR, es importante dentro del desarrollo de las funciones de control y administración de estos espacios que el Gobierno nacional le ha encomendado. Este conocimiento implica un enfoque geográfico holístico, en el que se estudia el todo del sistema litoral, relacionándolo con sus partes y teniendo en cuenta la relación hombre-naturaleza.

Las zonas litorales colombianas son un recurso disponible para todos, es decir se trata de bienes de uso público y precisamente por ello, es que se hace necesario establecer y aplicar criterios para la localización de construcciones y para el uso de estas zonas, con el fin de mantener su atractivo para la totalidad de la población y su equilibrio natural. Esto solo puede lograrse a través de un adecuado control y administración que a su vez, debe estar basado en un entendimiento integral del sistema litoral.

Con el fin de lograr un mejor control de los litorales colombianos, se definió y aplicó un modelo conceptual en el que se detectaron y analizaron los posibles significados y relaciones entre las variables del modelo, dentro de una aproximación dinámica y sistemática de los ambientes litorales.

## Área de estudio

El área de estudio corresponde a los litorales del Caribe colombiano en los departamentos de Bolívar (sector de la Boquilla entre Bocana estabilizada y el Morro) y Sucre (sector Golfo de Morrosquillo entre Coveñas y Boca Guacamaya). Ver figuras 1 y 2.

La zona denominada “La Boquilla”, es una

franja costera en dirección noreste suroeste que se extiende desde la playa inmediatamente al Sur de Punta Manzanilla hasta la obra de protección costera de la Bocana Estabilizada de Mareas de la Ciénaga de la Virgen o de Tesca, Municipio de Cartagena de Indias, departamento de Bolívar en el Caribe colombiano. Al noroeste limita con el mar Caribe y al sureste con la Ciénaga de la Virgen.

Geológicamente, el área de la Boquilla hace parte de la formación de la zona de Cartagena, la cual ha sido identificada como una zona de transición entre las placas del Pacífico, Sur América y el Caribe [3]. La formación de la zona se encuentra muy ligada a la influencia del río Magdalena. La cantidad de elementos detríticos que transporta el río hacia el mar Caribe, son suficientemente importantes para

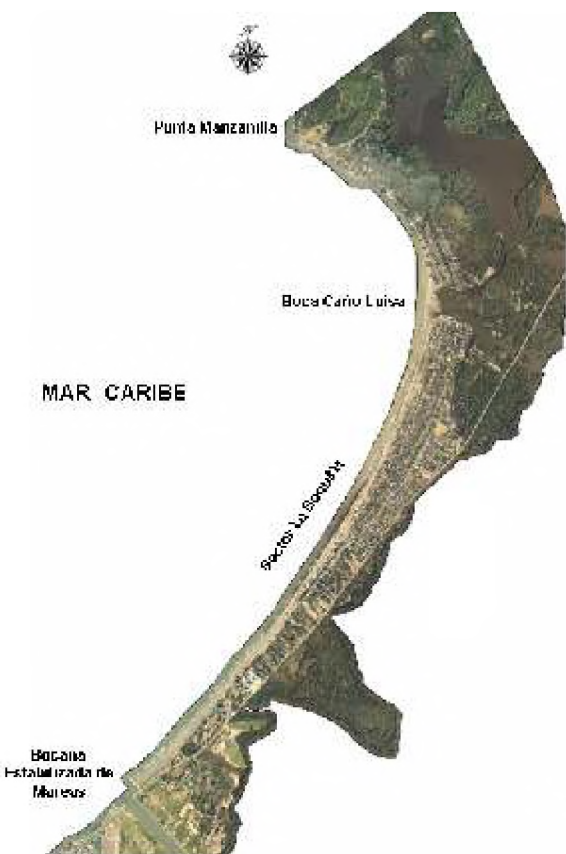


Figura 1. Ubicación del área de estudio correspondiente al sector de la Boquilla en el departamento de Bolívar, municipio de Cartagena de Indias.



Figura 2. Ubicación del área de estudio correspondiente al sector del Golfo de Morrosquillo entre Coveñas y Boca Guacamayas, en el Departamento de Sucre.

influenciar la sedimentación dentro de toda la cuenca del Caribe colombiano; hasta el punto de considerarse que el principal material reciente que compone la costa de la zona de Cartagena, proviene de la sedimentación ocasionada por el río.

Desde el punto de vista geológico litoral, se destacan accidentes importantes en la dinámica litoral del sector [4]. El primero de ellos, Punta Canoa y la larga playa que le sucede al sur, por ser punto de inflexión en la dirección de la dinámica. El segundo es Punta Manzanilla, última saliente litoral, antes de la ciudad de Cartagena que se encuentra dividida en 3 cabos rocosos denominados los Morros. Al sur de estos aparece la gran acumulación arenosa que forma cordones litorales y flechas que encierran la ciénaga de la Virgen o de Tesca y el sistema de caños y lagunas que comunican con la bahía de Cartagena. Estas acumulaciones arenosas son el sustrato de los sectores sobre la costa denominados la Boquilla, Crespo y Marbella. El siguiente punto importante es Punta Santo Domingo, de origen arrecifal, que constituye un punto duro sobre el cual se edificó lo que actualmente se conoce como la ciudad amurallada de Cartagena de Indias. Al sur de este punto igualmente se encuentran acumulaciones arenosas que forman la zona costera denominada Bocagrande.

En esta zona de estudio, se presenta una boca que comunica la Ciénaga de La Virgen con el mar Caribe. Análisis morfológicos efectuados, muestran que esta boca natural de marea se encuentra en un estado de estabilidad dinámica pobre; es decir, que la combinación entre el transporte litoral, la fuerza de marea y el aporte de aguas dulces de la ciénaga, es tal que la Boca no es permanente, sino que se cierra y abre según la estación del año que se presente.

En relación con el sector del Golfo de Morrosquillo, su zona costera comprende el territorio de los municipios de Tolú y San Onofre en el Departamento de Sucre, así como también territorios del municipio de San Antero

en el departamento de Córdoba [5]. En términos generales, este sector presenta unidad geográfica y ecológica que a pesar de haber sido afectada por las alteraciones en el cauce de los arroyos, la tala de manglares y la degradación de las playas, todavía puede considerarse como un sistema biofísico de gran interés natural y económico.

En términos generales, el Golfo de Morrosquillo se encuentra protegido de la acción de los vientos y las corrientes marinas fuertes, en primer lugar, por la cercanía de las Islas de Barú y del Rosario que disminuyen el efecto de los vientos alisios de dirección nor-este; y en segundo lugar por su forma semicircular. Desde el punto de vista sedimentológico, el sector del Golfo de Morrosquillo presenta dos ejes principales de transporte de sedimentos. El primero de ellos, procedente de Punta San Bernardo, dirigido hacia la Boca del Francés y el otro, que parte de la Bahía de Cispatá hacia Tolú. De esta forma, las arenas procedentes del Norte, siguen la punta y la isla de San Bernardo, para luego tomar una dirección oeste-este.

Por su parte, la Ciénaga de la Caimanera juega también un papel importante en el movimiento de arenas en el sector denominado la Boca de la Ciénaga. Bajo el efecto del oleaje, las arenas transitan de un lado a otro formando una barra que en las épocas en las que el caudal de la Ciénaga es reducido, el oleaje cierra la boca al nivel de la playa. Por el contrario, cuando las lluvias hacen subir el nivel de las aguas, la apertura de la boca da paso hacia al mar a las arenas acumuladas en la barra.

## ***Metodología***

### **1. Planteamiento del problema**

Pese a los innumerables esfuerzos técnicos, económicos, administrativos y humanos, por parte de la Dirección General Marítima y sus

Centros de Investigación, no se contaba al año 2004, con una zona litoral del país que presentase una jurisdicción oficial y reconocida, como herramienta básica para el control y administración de los litorales.

A raíz de esta situación, se efectuó un análisis y diagnóstico, al interior de la DIMAR, de la situación actual sobre la administración y control de los litorales en Colombia, lo que permitió concluir que los estudios realizados no incluían los datos fundamentales para el cumplimiento de las funciones misionales en materia de administración de los litorales y que, no se contaba con procedimientos y especificaciones técnicas unificadas y debidamente documentadas, para la ejecución de las diferentes actividades involucradas en el manejo de los litorales.

De esta forma, el problema a solucionar consistió en abordar de una manera coherente, la definición espacial de la jurisdicción de la DIMAR, estableciendo los posibles significados y relaciones entre las diferentes variables técnicas, administrativas y jurídicas, como base para un mejor control y administración de los litorales.

## **2. Conformación del modelo teórico y estado del arte**

Esta etapa consistió en investigar y recopilar los enunciados teóricos que pudieran dar una explicación coherente a los hechos observados y solucionar el problema planteado, permitiendo conformar, de esta manera, una hipótesis.

### **2.1. Modelos conceptuales**

Uno de los más grandes avances del hombre ha sido su habilidad para entender sistemas complejos a partir del reconocimiento de que reglas simples pueden conformar complejidades y que los patrones complejos pueden, a su vez, ser generados a partir de reglas simples [6].

En este sentido, es posible la utilización de la aproximación “bottom-up” como estrategia de procesamiento de la información. En ella, las partes de un sistema se especifican en detalle. Lugo, esas partes son ligadas con otras para formar componentes complejos, basándose en el conocimiento de todas las variables que pueden afectar los elementos del sistema.

Dentro de esta aproximación, es normal la utilización de modelos conceptuales. Desde el punto de vista teórico, los modelos conceptuales se consideran como herramientas para formular hipótesis y teorías. Son mapas de la realidad, que permiten guiar, por una parte, las investigaciones y, por otra, el conocimiento sistemático. Adicionalmente, revelan interrelaciones entre variables y, orientan a los investigadores hacia el establecimiento de preguntas de investigación [7].

Un modelo conceptual es una representación que interpreta un objeto o lo hace comprensible por la vía de la estructuración formal (analítica, interna). Para lograr esto, un modelo debe reunir las siguientes características: *reducción*: el modelo simplifica la realidad por eliminación de determinados rasgos, factores o funciones; *acentuación*: pone de relieve determinados rasgos, factores o funciones; *transparencia*: precisamente por la reducción y acentuación, facilita el que determinadas complejidades, resulten transparentes o entendibles para el ser humano; *productividad*: cada modelo establece sus propios límites, lo que facilita una nueva investigación para facilitar su mejora; *abstracción*: implica una simplificación de la visión científica e indica los principales elementos teóricos implicados; *provisionalidad*: el modelo siempre es mejorable a luz de los avances de la ciencia y de la investigación y; *aplicabilidad*: el modelo debe poder aplicarse a una realidad concreta [8]

La construcción de modelos conceptuales implica el desarrollo de conceptos y de terminología. En este sentido, los conceptos utilizados deben ser precisos, exactos, simples, y generales. Adicionalmente, los conceptos

deben permitir la representación de objetos, relaciones y eventos dentro del área de conocimiento en el que se planteen. La diferenciación y clasificación de los fenómenos estudiados de tal forma que conduzcan al planteamiento de hipótesis o problemas de investigación pertinentes e interesantes, debe ser otra de las cualidades de los conceptos empleados.

No obstante lo anterior, los modelos conceptuales, deben ser verificados a una evaluación. Sin embargo, éstos no pueden ser evaluados empíricamente debido a que ellos conforman las bases para la formulación de preguntas de investigación y el planteamiento de hipótesis verificables empíricamente. Por esta razón, únicamente deben ser evaluados en términos de su valor instrumental (es decir, si efectivamente constituyen un medio o un instrumento para alcanzar un fin u objetivos propuestos) y heurístico (capacidad del modelo de realizar innovaciones o generar nuevas ideas con respecto a un tema).

## **2.2. Administración y control de los litorales**

Tal como se mencionó anteriormente, el litoral es la zona donde confluyen e interaccionan el medio marino y el medio terrestre, creando una franja de territorio que, en algunos casos, cuenta con pocos kilómetros y con características geomorfológicas y biológicas únicas dentro del planeta.

Las áreas litorales del mundo han sido y están siendo sometidas a serias presiones antropogénicas. Sus características naturales han sido utilizadas y disfrutadas durante mucho tiempo por el hombre. Esa franja de transición entre la tierra y el mar contiene algunos de los hábitats más productivos y valiosos de la biosfera. Por ello ha sido lugar de alta prioridad e interés para la humanidad, el comercio, actividad militar y múltiples industrias.

Los procesos que se dan en los litorales se caracterizan por una relación compleja y dinámica de procesos naturales, demográficos y económicos relacionados unos con otros, en

una red de influencia recíproca. Esos procesos son esencialmente ciclos dinámicos que involucran la explotación de los recursos naturales, la transformación y uso de los recursos por el crecimiento demográfico, la organización social y la producción económica.

En el corto plazo, su ocupación caótica y sus patrones de uso, conllevan a procesos de degradación y eventualmente, al agotamiento de sus recursos. Es por esta razón que la administración de los litorales requiere de una aproximación integrada: las decisiones de manejo necesitan basarse en un conocimiento completo del sistema litoral y de las fuerzas dinámicas que operan sobre él. Requiere además, una continua e iterativa aproximación, ya que se trata de ambientes altamente dinámicos. Además requiere de permanentes y exactos monitoreos de las circunstancias de cambio y evaluación constante de la efectividad de los esfuerzos de manejo y acciones tomadas, con el fin de corregir las futuras medidas y políticas.

En relación con las actividades de origen antropogénico, se asume que las actividades humanas ejercen una presión sobre el medio produciendo cambios y la sociedad responde a estos cambios con actuaciones sobre el medio o con respuestas económicas [17].

Por todo lo anterior, se requiere, desde el punto de vista administrativo, el conocimiento del destino o uso actual de estas zonas y la identificación clara de las personas, bien sean de tipo natural o jurídico, que se encuentran ocupando o habitando estos espacios. Además en el ámbito legal, es necesaria la evaluación de la pertinencia del marco jurídico vigente y su confrontación con la realidad actual de ocupación de estos espacios.

## **3. Hipótesis**

La hipótesis se plantea en este caso particular, como una proposición relacionada con algunos elementos empíricos y conceptuales, y sus

relaciones mutuas, con el propósito de lograr una mayor comprensión de los mismos.

De acuerdo con lo anterior, la hipótesis planteada es “El control y administración eficaz y eficiente de los litorales colombianos, depende de la interacción entre variables de tipo físico y administrativo y, de tipo antrópico; dentro de un ordenamiento jurídico vigente y una situación de desarrollo tecnológico dada”.

#### 4. Prueba de la hipótesis

La hipótesis propuesta condujo hacia el planteamiento de un modelo conceptual que permitiera llevar cabo, por parte de la Autoridad Marítima Nacional, el control y administración eficiente de los litorales colombianos.

La prueba de hipótesis que se plantea en la presente investigación consiste en evaluar, desde el punto de vista de su valor instrumental (valor como medio para alcanzar los objetivos establecidos) y de su valor heurístico (capacidad para generar innovaciones positivas dentro de los objetivos planteados), el modelo conceptual propuesto, específicamente en términos de su capacidad de manejo; es decir, en las estrategias y resultados obtenidos con su aplicación en el ámbito de la administración y control de los litorales colombianos.

De esta forma, la evaluación satisfactoria de las estrategias y resultados obtenidos con la aplicación del modelo, permiten verificar experimentalmente, la hipótesis planteada en la presente investigación.

Para ello, la verificación se efectúa a través de la aplicación de indicadores, los cuales se conciben como parámetros que pueden describir de forma cuantitativa y simple, el estado y la evolución del sistema de administración y control de los litorales colombianos [10].

La selección de los indicadores se basó en el cumplimiento de criterios básicos que garantizaran la utilidad y consistencia de los mismos. En primer lugar, los indicadores adoptados deberían ser *relevantes*, es decir, estar relacionados conceptualmente con la hipótesis planteada; en segundo lugar, deberían ser *fácilmente medibles*; en tercer lugar, ser sensibles a los cambios en el sistema y, finalmente, ser *previsibles*, es decir tener la capacidad para anticipar cambios significativos en el sistema estudiado.

Los indicadores que se definieron fueron:

*IC (Índice de concesiones aclaradas utilizando la información resultante de la aplicación del modelo conceptual) =* No. total de concesiones aclaradas / No. total de concesiones por CP con incongruencias técnicas.

*IP (Índice de permisos aclarados utilizando la información resultante de la aplicación del modelo conceptual) =* No. Total de permisos aclarados / No. total de permisos por CP con incongruencias técnicas.

*IP otorgadas (Índice de permisos otorgados utilizando la información resultante de la aplicación del modelo conceptual) =* No. permisos otorgados / No. permisos solicitados

*IC otorgadas (Índice de concesiones otorgadas utilizando la información resultante de la aplicación del modelo conceptual) =* No. de concesiones otorgadas / No. concesiones solicitadas

El valor cuantitativo de estos indicadores se basará en las cifras obtenidas directamente de las Capitanías de Puerto en sus Oficinas de Litorales. Básicamente buscan reflejar la contribución del modelo propuesto en la administración y control de los litorales, a través de de dos figuras: la concesión y el permiso de construcción.

## **5. Metodología**

### **5.1. Generación de la base cartográfica digital**

La base cartográfica digital requerida para la aplicación del modelo conceptual, forma parte del componente técnico y fue el soporte espacial para los demás componentes del modelo adoptado.

La cartografía se generó a través de la complementación de dos técnicas de sensoramiento remoto: información del sensor LIDAR e información de fotografía aérea métrica digital. La figura 3 ilustra de manera general, las etapas que se siguieron para generar la cartografía base de las zonas de estudio. El procedimiento técnico detallado, se encuentra plasmado en un documento digital y escrito [11, 12].

Las especificaciones técnicas que debería cumplir la base cartográfica se basaron en los requerimientos de contenido establecidos para el control y administración de los litorales colombianos. El Análisis de los requerimientos se realizó con base en cuatro aspectos fundamentales (jurisdicción espacial, objeto, funciones de la DIMAR y, requerimientos del Área de Litorales de la DIMAR), referidos en el marco legal vigente, conformado principalmente por el Decreto 2324 de 1984 emanado de la Presidencia de la República (Tabla 1).

Una vez definidos los requerimientos de contenido espacial de la base cartográfica se evaluaron 17 opciones tecnológicas para producción de cartografía (LIDAR, CASI, LANDSAT, SPOT, RADARSAT, IRS, IKONOS, QUICKBIRD, ASTER, CÁMARA DIGITAL NIKON, FOTOGRAFÍA AÉREA DIGITAL, LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO, ERS, MOMS, CBERS, MODIS y MOS) con base en los siguientes criterios de evaluación: la capacidad de la tecnología para satisfacer las necesidades

mínimas de información espacial previamente establecidas; la escala (1:2000) a la cual es posible generar la cartografía base con cada opción tecnológica; la exactitud posicional planimétrica y altimétrica (0.5 mm a la escala y  $\pm 0.3$  m respectivamente).

Al finalizar la evaluación resultó que las dos opciones tecnológicas más adecuadas eran LIDAR combinado con fotografía aérea métrica digital, las cuales fueron adoptadas para el mapeo de la zona de estudio e implementación del modelo conceptual.

Dado que las dos tecnologías operan simultáneamente y de manera aerotransportada, se efectuó el diseño del vuelo sobre las áreas de estudio, garantizando el cumplimiento de la escala final de 1:2000. Posteriormente, se efectuó la toma de fotografías aéreas y de datos con el sensor LIDAR. Para el caso de las fotografías aéreas, éstas fueron sometidas a un proceso de ortorectificación para corregir las deformaciones geométricas en la imagen ocasionadas por el relieve y las distorsiones de la lente de la cámara. Los datos capturados con el sensor LIDAR, fueron sometidos a un proceso de filtrado para separarlos en tres categorías: terreno (suelo desnudo), construcciones y vegetación.

La base cartográfica se conformó como un ortofotomapa con base en las ortofotografías obtenidas y se estructuró digitalmente, de acuerdo con la estructura de la Geodatabase Corporativa de la DIMAR, con el fin de centralizar y evitar redundancias de la información espacial sobre los litorales.

Los datos LIDAR correspondientes al terreno, fueron utilizados para la generación del Modelo Digital del Terreno (DTM), el cual fue a su vez utilizado como base para la interpolación del valor de la altura de la línea de más alta marea (LMAM).



Con el fin de evaluar la calidad de los ortofotomapas producidos y de la información capturada con el sensor LIDAR, se efectuó una toma de puntos de chequeo y un tratamiento estadístico de éstos para evaluar, por una parte, la exactitud posicional (x,y) de los ortofotomapas [13] y la exactitud posicional vertical (z) de los datos LIDAR.

**Tabla 1.** Necesidades de información espacial para la base cartográfica.

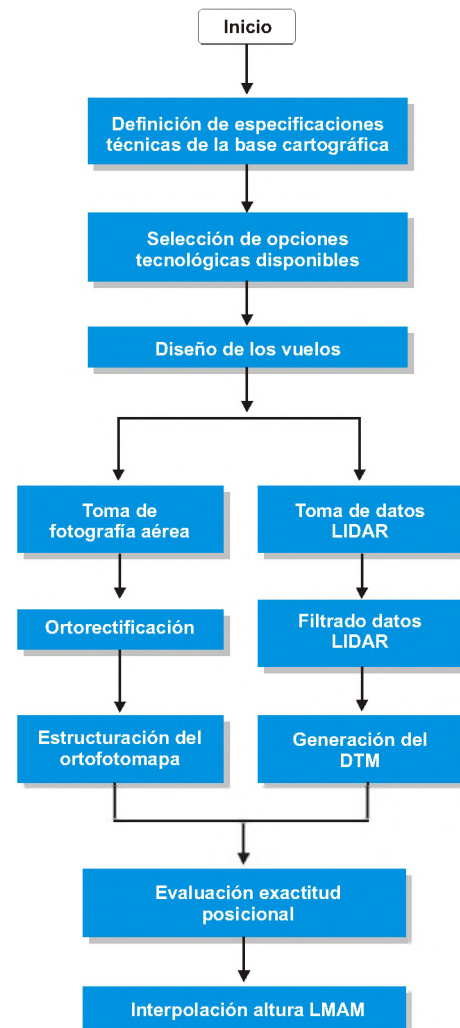
NECESIDADES MINIMAS DE INFORMACION ESPACIAL PARA EL CONTROL Y ADMINISTRACION DE LOS LITORALES COLOMBIANOS	
<b>Topografía</b>	Localización de construcciones en el área de jurisdicción. Valores de altura en la zonas litorales. Posición de la LMAM.
	Cuerpos y cursos de agua. Elementos culturales.
<b>Geomorfología:</b>	Posición de la línea de costa. Delimitación de unidades y rasgos geomorfológicos costeros.
<b>Cobertura vegetal:</b>	Delimitación de los tipos de vegetación costera.

## 5.2. Planteamiento y desarrollo del modelo conceptual

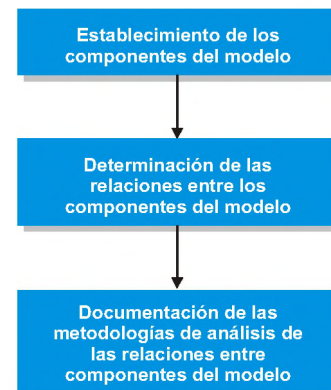
Para el desarrollo del modelo conceptual se siguieron las siguientes etapas (figura 4), de acuerdo con [14].

### 5.2.1. Establecimiento de los objetos o componentes del modelo

Se tomaron en consideración tres componentes fundamentales (figura 5): el jurídico actualmente vigente y que se encuentra relacionado con el control y administración de los litorales colombianos; el administrativo relacionado con las actuaciones administrativas de la Autoridad Marítima Nacional sobre los espacios litorales y; el componente técnico que a su vez incluyó la cartografía base digital, las bases de datos asociadas, las actividades antrópicas y, las variables físicas de cota de inundación, límite interno de playa y riesgos ambientales (Figuras 6 y 7).



**Figura 3.** Etapas para la producción de la cartografía base digital.



**Figura 4.** Etapas en el planteamiento del modelo conceptual para el control y administración de los litorales colombianos.

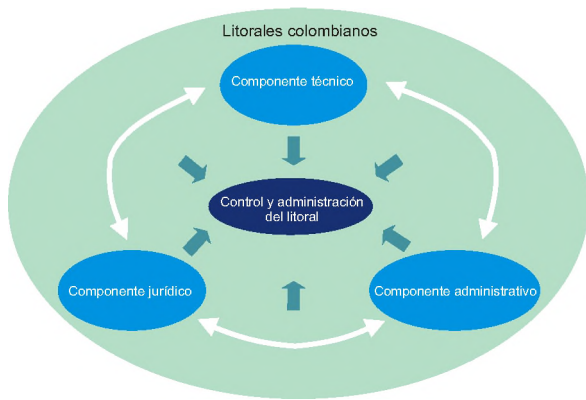


Figura 5. Establecimiento de los componentes del modelo.

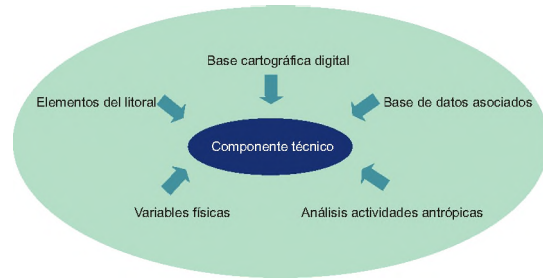


Figura 6. Elementos del componente técnico.

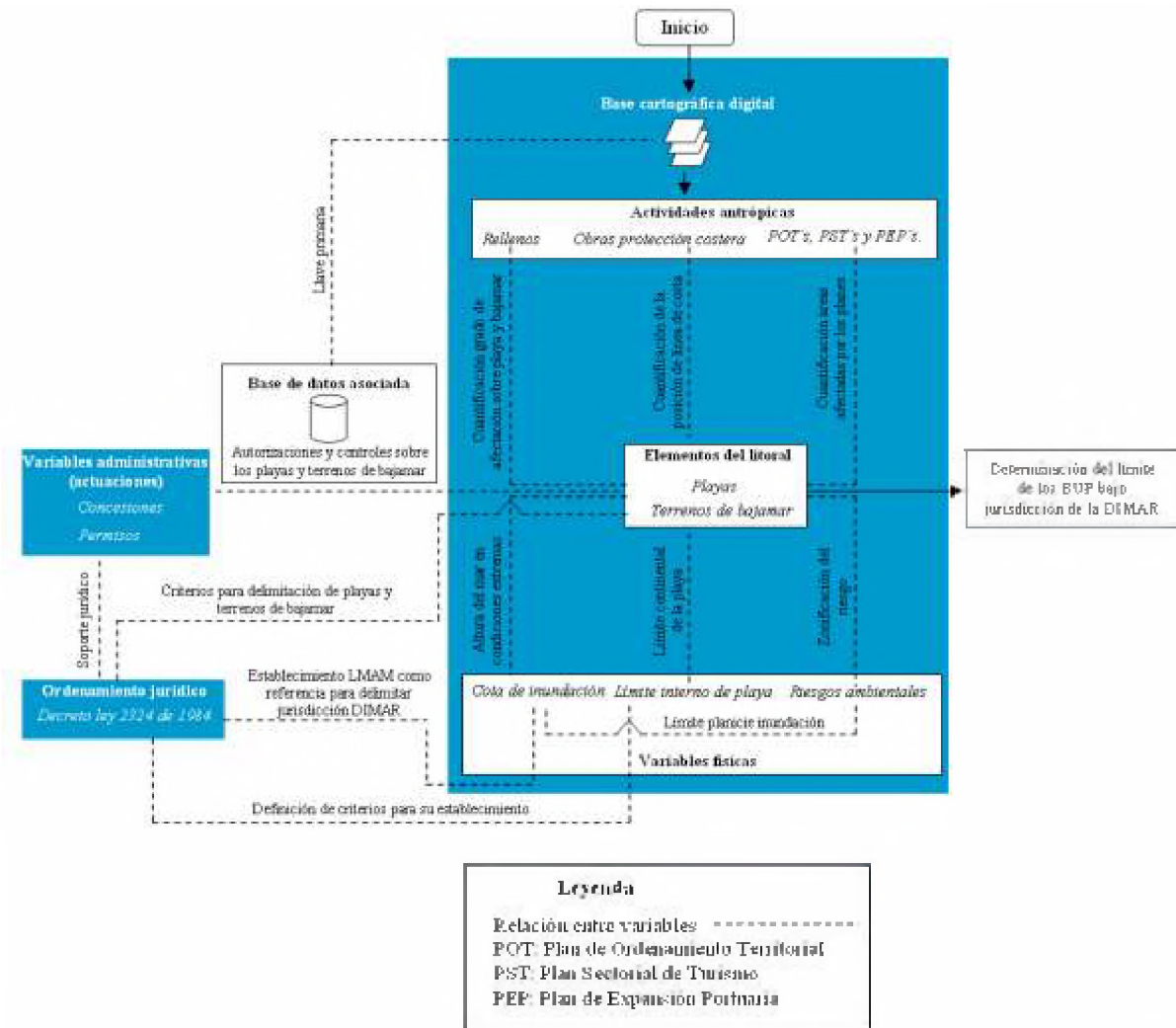


Figura 7. Esquema del modelo conceptual para el control y administración de los litorales colombianos.

### 5.2.2. Determinación de las relaciones entre los componentes del modelo

Las relaciones entre los componentes del modelo se establecieron partiendo de la suposición de que el control y administración de los litorales colombianos es influenciado por los tres componentes mencionados anteriormente, de tal forma que éstos son capaces de caracterizar dicho control y administración y, también, son capaces de contener las diferentes sub-variables que le resultan significativas.

Sin embargo, el establecimiento de las relaciones también se basó en el conocimiento científico y técnico sobre cada uno de los componentes y variables del modelo y sobre el grado de afectación de éstos a dos elementos específicos del litoral: las playas y los terrenos de bajamar. Las relaciones establecidas se ilustran en la figura 7 en líneas punteadas.

### 5.2.3. Documentación de las metodologías de análisis de las relaciones establecidas

Con el objetivo de hacer operable el modelo conceptual, se establecieron las metodologías a aplicar en el análisis de las relaciones existentes entre componentes del modelo conceptual. Para ello, se elaboró la documentación correspondiente empleando formatos de norma técnica (NT) y de procedimiento técnico (PT). La utilización de estos dos formatos buscó fundamentalmente, unificar los conceptos, las metodologías a emplear y la forma de presentación de los resultados obtenidos en aras de lograr, un análisis de los litorales, coherente y unificado dentro de la organización de la Autoridad Marítima Nacional.

#### 5.2.3.1. Componente técnico

##### 5.2.3.1.1. Variables físicas. Análisis para el establecimiento de la cota de inundación o línea de más alta marea (LMAM)

En términos generales, este análisis comprendió el cálculo de las mareas astronómica y meteorológica con base en datos instrumentales disponibles para las zonas de

estudio; su posterior combinación para calcular el régimen medio del nivel del mar y, posteriormente el cálculo del régimen extremal del nivel del mar para establecer el valor de la altura de la línea de más alta marea (LMAM) [15].

##### 5.2.3.1.2. Variables físicas. Análisis para el establecimiento del límite interno de las playas

El objetivo de este análisis es el de determinar espacialmente, el límite interno de las playas (límite hacia el continente), como un elemento fundamental para el trazado del límite de la jurisdicción de la Autoridad Marítima Nacional. En este contexto, la playa se concibe como la zona en donde se presenta acumulación de sedimento no consolidado como arena, grava o canto rodado, y que se sitúa entre la línea de máximo alcance del oleaje de temporal y una profundidad tal que, la acción del oleaje deja de producir el movimiento activo de los sedimentos.

En este análisis se parte de la base de que el límite interno de la playa se encuentra definido por la interacción de los siguientes factores, de acuerdo con el Decreto 2324 de 1984: marcado cambio en el material constitutivo, marcado cambio en la forma fisiográfica y el límite de la vegetación permanente o límite efectivo de las olas de temporal (figura 8). La figura 9 ilustra de manera general, las etapas que se siguieron para efectuar este tipo de análisis.



Figura 8. Factores considerados para el análisis del límite interno de playa.

Para el análisis, se establecieron cuatro posibles escenarios:

*Primer escenario: sin gran intervención del hombre y estable* (playa en equilibrio), correspondiente a zonas con escasa o nula intervención antrópica; morfodinámica estable y geoformas correspondientes generalmente a acantilados o plataformas de abrasión elevadas producidas por la dinámica litoral.

*Segundo escenario: sin gran intervención del hombre e inestable*, correspondiente a zonas con escasa o nula intervención antrópica; la morfodinámica no ha sido estable a lo largo del tiempo, las geoformas generalmente corresponden a formas bajas expuestas a la acción del oleaje lo que genera cambios significativos en su forma en planta y perfil.

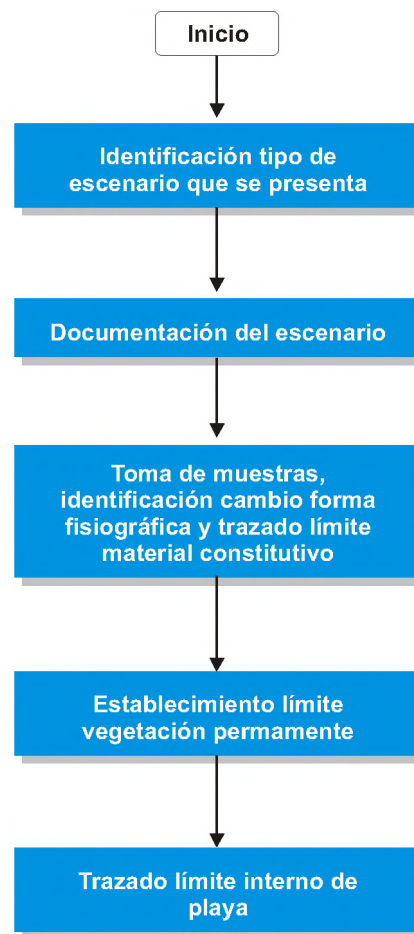
*Tercer escenario: con gran intervención del hombre y estable*, correspondiente a zonas con marcada y palpable intervención antrópica, morfodinámica estable y geoformas como acantilados y plataformas de abrasión elevadas; generalmente son áreas que han sido sobre-elevadas con respecto al nivel medio del mar a través de rellenos.

*Cuarto escenario: con gran intervención del hombre e inestable*; caracterizado por zonas con marcada y palpable intervención antrópica, morfodinámica inestable influenciada por la acción del oleaje, vientos y mareas; geoformas bajas expuestas a la acción del oleaje con cambios significativos en planta y perfil.

La identificación de los escenarios se llevó a cabo con la ayuda de una tabla en donde se consignaron sus principales aspectos característicos con ilustraciones pictóricas para una más fácil identificación. De forma complementaria se efectuó un proceso de documentación de los aspectos más característicos de los escenarios identificados, a través de la toma de fotografías y/o videos ilustrativos.

El trabajo de campo comprendió la toma de muestras de material constitutivo en cada uno de los escenarios identificados, de tal manera que se ubicaron y efectuaron trincheras o apiques estratégicamente localizados que

permitieron establecer en qué parte se presentaba el marcado cambio en el material constitutivo de las playas (material diferente a arena, grava y cantos rodados). Complementariamente, se aplicó una metodología desarrollada para identificar espacialmente el sitio en el que se presentaba el marcado cambio en la forma fisiográfica (caracterizado por un cambio abrupto en la pendiente del terreno y/o cambio abrupto en el tipo de relieve en relación con el de la playa como tal).



**Figura 9.** Etapas para el análisis y establecimiento del límite interno de la playa.

Otro elemento para determinar el límite interno de la playa fue el límite de vegetación permanente, el cual se forma debido a la acción

del oleaje de temporal al fertilizar los suelos cercanos a su máximo alcance. Dado que los temporales no son fenómenos que ocurran con demasiada frecuencia, algunas especies vegetales, características de playa, pueden alcanzar un cierto grado de desarrollo; especialmente, la localizada en el límite superior de la playa, donde los temporales dejan depositados restos de algas, conchas de moluscos y restos de cangrejos que contribuyen a fertilizar el suelo. En general se trata de comunidades vegetales muy poco densas y formadas por plantas de ciclo anual, que desarrollan su ciclo completo de vida en un solo año. Sin embargo, el oleaje de temporal tiene un alcance máximo, es decir, que a partir de ese punto, ya no tendrá efecto en la vegetación que espontáneamente se desarrolle sobre ese sector. Es precisamente allí en donde se forma el límite de lo que se conoce como vegetación permanente, para fines de administración y control de litorales colombianos (figura 10).



Figura 11. Zonificación de la vegetación en las playas.

Una vez disponible toda la información anteriormente mencionada, se efectuó el trazado del límite interno de la playa en las dos zonas de estudio, teniendo en cuenta las particularidades de cada escenario, de conformidad con lo estipulado en el procedimiento técnico DILEM-PT-004 (figura 12).

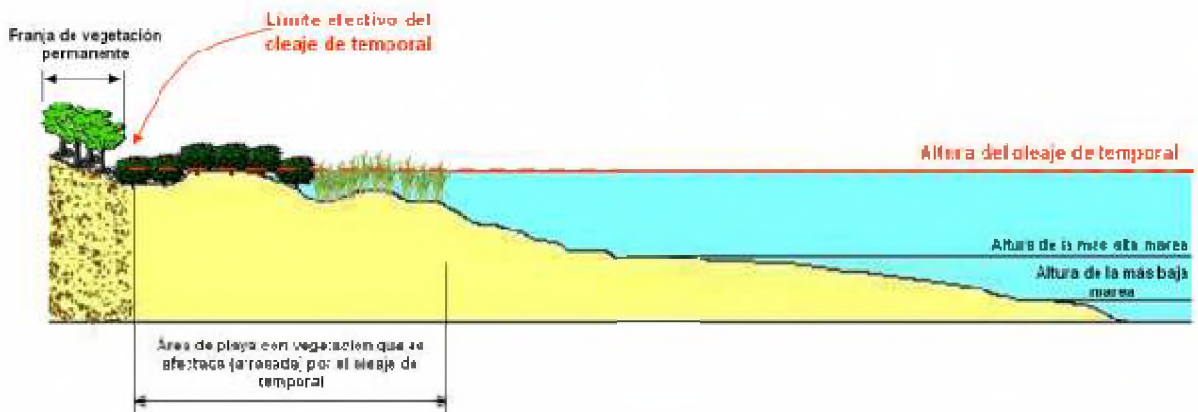
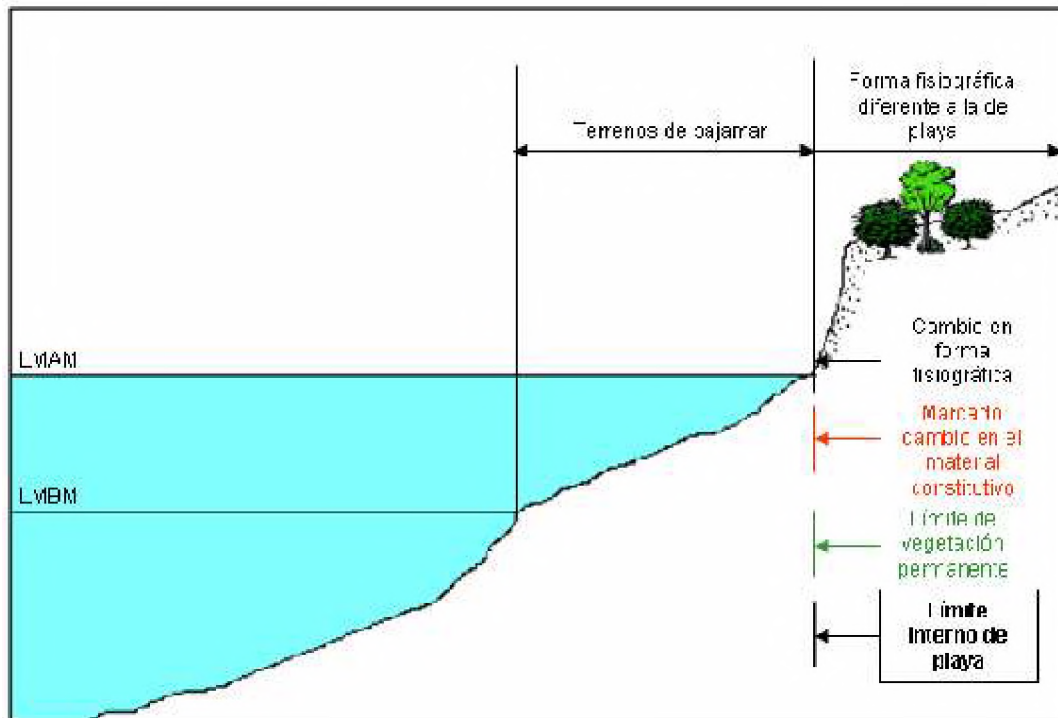


Figura 10. Diagrama explicativo del efecto del oleaje de temporal sobre la vegetación y localización de la franja de vegetación permanente.

La determinación de este límite se basó, por una parte, en el perfil característico de la vegetación en las playas (figura 11), el cual clasifica las zonas del litoral en diferentes tipos de coberturas con características específicas [16] y, por otra, en la utilización de la información de los estratos de vegetación proporcionada por el sensor LIDAR (Light Detection and Ranging) de las zonas de estudio.

### 5.2.3.1.3. Variables físicas. Análisis de los riesgos ambientales

El objetivo de este análisis fue la identificación de los sectores del litoral que por su ubicación, sus características naturales y su nivel social y económico se encuentran en potencial riesgo de inundación. Los riesgos ambientales considerados fueron los ocasionados por el incremento del nivel medio del mar dentro del cambio global del planeta.



**Figura 12.** Ejemplo de la posición del límite interno de la playa para el segundo escenario en presencia de procesos de erosión.

La figura 13 ilustra de manera general, las etapas que se siguieron para efectuar este tipo de análisis. El procedimiento técnico detallado, se encuentra plasmado en un documento digital y escrito correspondiente al procedimiento técnico denominado DILEM-PT005.

Para el caso de ascenso del nivel medio del mar, se tomaron dos periodos de retorno basados en el estudio del Programa Holandés de asistencia para estudios en cambio climático para las zonas costeras colombianas, publicado por el Invermar en el año 2003.

Para la estimación de las planicies de inundación se siguió la metodología propuesta por [17]. La determinación de la gravedad de las consecuencias de las inundaciones, comprendió el establecimiento y cálculo de la cantidad de unidades de construcción y de población afectada (que habita las unidades de construcción) por las inundaciones, a través de la utilización de aerofotografías digitales del

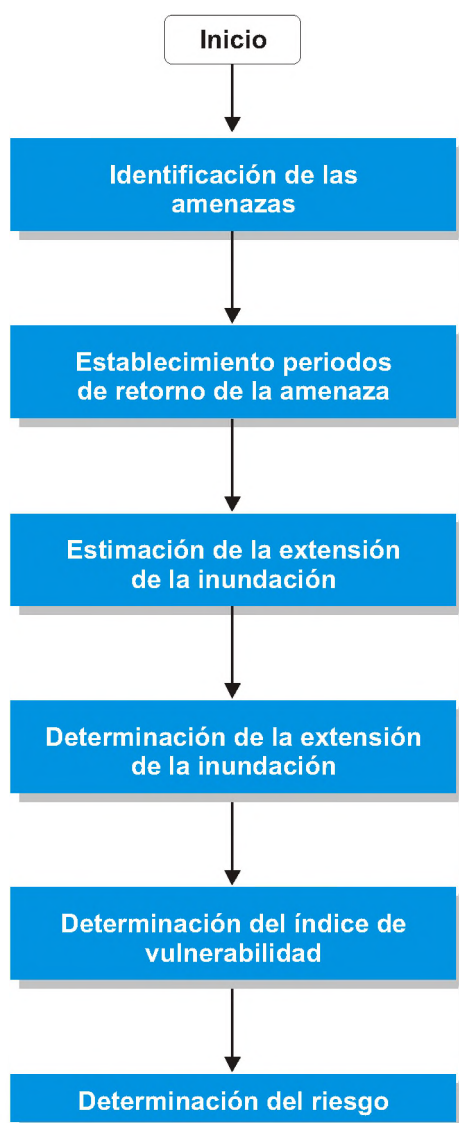
año 2005 y funciones de análisis espacial y despliegue del SIG ArcGis 9.0.

Con el fin de determinar el riesgo, se estableció un índice de vulnerabilidad que se calculó utilizando la siguiente expresión:

$$IV = \text{Puntaje por cantidad de unidades de construcción afectadas} + \text{puntaje por cantidad de personas afectadas}$$

Los valores de los puntajes se calcularon con base en tablas establecidas, tanto para la cantidad de unidades construidas, como para la cantidad de persona afectadas.

Entre tanto, el riesgo se definió como una función de dos variables: la amenaza y la vulnerabilidad; de tal forma que la influencia de la amenaza en esa relación, se encuentra determinada por las planicies de inundación anteriormente establecidas. Por su parte, la influencia de la vulnerabilidad se encuentra



**Figura 13.** Etapas para el análisis de los riesgos ambientales.

definida por el índice de vulnerabilidad, también anteriormente establecido. Por lo anterior, la expresión utilizada para el cálculo del riesgo fue la siguiente:

$$R = \text{Puntaje por cantidad de unidades de construcción afectadas} + \text{puntaje por cantidad de personas afectadas}.$$

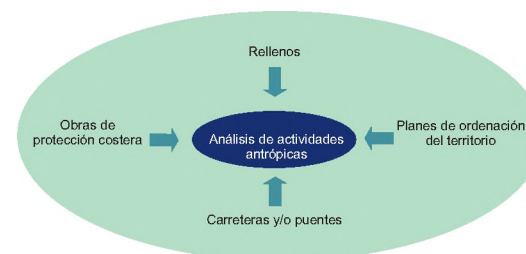
Posteriormente, los valores de riesgo obtenidos fueron clasificados de acuerdo con una escala

predeterminada en alto, medio, moderado y bajo, para su posterior representación sobre la base cartográfica digital como una capa.

#### 5.2.3.1.4. Análisis de las actividades antrópicas

El objetivo de este elemento del componente técnico fue el de llevar a cabo el análisis de las actuaciones efectuadas por el hombre sobre los litorales colombianos y que de una manera u otra, alteran su equilibrio natural y afectan la determinación del límite de la jurisdicción de la DIMAR; es decir, se trató de analizar los efectos de dichas actuaciones sobre los espacios litorales que se encuentran bajo jurisdicción de la Autoridad Marítima Nacional.

El análisis se centró en actuaciones consistentes en rellenos sobre bienes de uso público, construcción de obras de protección costera, afectaciones por parte de los Planes de Ordenamiento Territorial, Planes de Expansión Portuaria y Planes de Desarrollo Turístico y la construcción de carreteras y/o puentes (figura 14). En la figura 15 se ilustra de manera general, las etapas que se siguieron para efectuar este tipo de análisis. El procedimiento técnico detallado, se encuentra plasmado en un documento digital y escrito correspondiente al procedimiento técnico denominado DILEM-PT002.



**Figura 14.** Componentes considerados para el análisis de las actividades antrópicas sobre los litorales.

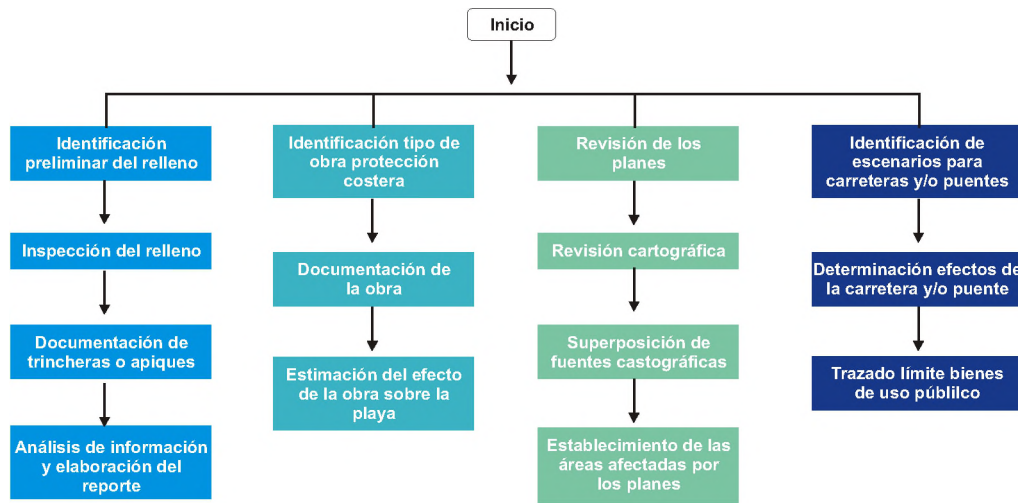


Figura 15. Etapas para el análisis de las actividades antrópicas.

En relación con los rellenos, el análisis comprendió la identificación preliminar del relleno con base en la consideración y documentación (a través de fotografías y/o video) de los criterios establecidos en la tabla 2. Adicionalmente se contempló la utilización de fotografías aéreas métricas para la identificación de las áreas rellenadas junto con la utilización de software especializado GCPWorks de PCI Geomatic.

Tabla 2. Criterios establecidos para la identificación de las áreas de relleno.

Criterio	Descripción del criterio
Asientos grandes y desiguales	Por la gran reducción de fusteos que sufre el material en el transcurso del tiempo, al irse ocupando los huecos grandes con los materiales pequeños del relleno y, por su falta de homogeneidad, las áreas rellenadas sufren asientos grandes y desiguales (ver figura No. 6 y 7).
Material constitutivo del relleno	El relleno se reconoce con facilidad porque en él se encuentran restos de mampostería, mortero, restos de obras, o bien residuos de materia orgánica, según su origen sea de demolición o de residuos urbanos (ver figura No. 8). Esto genera un marcado cambio en color y textura del material constitutivo del suelo.
Estratificación	Los suelos son depositados en capas desmenuzadas (también llamadas horizontes) que pueden ser apreciadas sobre un perfil del suelo. Los capas son estratos aproximadamente paralelos a la superficie del terreno (ver figuras No. 9 y 10). Los horizontes pueden diferir entre sí en color, textura y estructura. La estratificación "capuchosa" o irregular del perfil es inconfundible en áreas que han sido rellenadas. Se trata de material que no es propio del perfil del suelo o sedimento (grava) original (ver figura No. 11). Se consideran como rellenos, aquellas capas u horizontes que han sido consolidados unidimensionalmente aplicando cargas verticales al material del relleno (ver figuras No. 12 y 13). En estos casos, en el perfil del área relleno por las trincheras que se realizan, se podrá apreciar claramente la capa u horizonte (más asentada y más densa) que ha sido consolidada con la utilización de métodos mecánicos (ver figura No. 12).
Presencia de quiebras en las construcciones	Debido a los grandes asentamientos que presentan las superficies que han sido rellenadas, es frecuente que las construcciones asentadas sobre ellas, presenten quiebras o fisuras con el correspondiente riesgo para la seguridad y la vida de las personas que ahí habitan (ver figura No. 13).
Sobre-elevación del terreno	Las áreas que han sido sometidas a rellenos, se presentan sobre-elevadas en relación con el nivel del agua en la zona. Para poder identificar claramente esta situación, basta que una ubicación que le permita observar la sobre-elevación. Esta ubicación generalmente se logra en una posición transversal al terreno o frente a él, casi siempre en el mar.

Con el fin de contar con más elementos de soporte técnico, se efectuó la inspección de las áreas rellenadas a través de la elaboración de trincheras o apiques, las cuales fueron sometidas a un proceso de documentación a lo largo de su perfil vertical a través de fotografías tomadas para ilustrar la disposición del material constitutivo del relleno a diferentes profundidades.

Posteriormente, se efectuó el análisis de la información recopilada con el fin de establecer si efectivamente se trataba o no de áreas sometidas a rellenos por parte del hombre. Los resultados de estos análisis fueron incluidos en un formato especialmente diseñado para tal fin (figura 16).

REPORTE DE ANÁLISIS DEL EFECTO DE RELLENOS SOBRE BIENES DE USO PÚBLICO EN LA DETERMINACIÓN DE LA JURISDICCIÓN DEMAR.	
DEPARTAMENTO	DEPARTAMENTO
UBICACIÓN SIGUE:	
LOCALIDAD GEOGRÁFICA	
LUGAR	LUGAR
CORREO DEL RELLENO: RELL. 05	
MATERIALES DE OBRAS UTILIZADOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DEL RELLENO (el costo de los mismos puede ser determinado por el ingeniero consultor)	
Área relleno	
Descripción del relleno	
Asientos grandes y desiguales	Figura No. 6, 7, 9 y 10
Material constitutivo del relleno	Figura No. 8, 9 y 10
Estratificación	Figura No. 9 y 10
Presencia de quiebras en las construcciones	Figura No. 13
Sobre-elevación del terreno	Figura No. 13
ESTRATIFICACIÓN DEL RELLENO	
Asentado sobre	
EFECTOS DEL RELLENO SOBRE LOS BIENES DE USO PÚBLICO	
Los antecedentes de este informe, se modifican a petición del usuario con fecha: 10/04/2011 a las 20:00 h.	

Figura 16. Ejemplo de diligenciamiento del formato para análisis del efecto de rellenos.



Con respecto al análisis del efecto de las obras de protección costera (muros de contención, revestimientos, seawalls, breakwaters, espolones y jetties), la primera etapa comprendió la identificación del tipo de obra con base en una tabla que contenía la descripción, función e ilustración gráfica de cada tipo de obra para facilitar su identificación en forma inequívoca (figura 17).

Las obras identificadas fueron sometidas a un proceso de documentación, consistente en toma de fotografías, principales medidas (largo, ancho, alto) e identificación de los materiales en los que fueron construidas.

Una vez identificada y documentada la obra, se estimó el efecto de ésta sobre el litoral, para lo cual se utilizó igualmente, una tabla que contiene la indicación esquemática del efecto de las principales obras de protección actualmente utilizadas en los litorales (figura 18) y se utilizó, cuando fue posible, fotografías aéreas métricas de años anteriores para superponerlas sobre la cartografía base actual (ortofotomapas) y estimar de esta manera, cuantitativamente el efecto de la obra identificada.

En lo concerniente al efecto de los Planes sobre el litoral (POT- Plan de Ordenamiento Territorial, PEP Plan de Expansión Portuaria y PST- Plan Sectorial de Turismo), el análisis

comprendió la revisión del marco conceptual o filosofía de cada Plan, con el fin de tener clara la orientación y principios que rigen el ordenamiento del territorio en cada uno de ellos. Posteriormente, se efectuó una revisión cartográfica de cada Plan, especialmente en los temas de usos actuales y usos proyectados del suelo, con la finalidad de establecer si se presentaban afectaciones sobre áreas del litoral que se encontraban bajo jurisdicción de la DIMAR (playas y terrenos de bajamar). Las áreas detectadas como afectadas, fueron determinadas a través de una superposición de la cartografía de los Planes con la base cartográfica digital de las zonas de trabajo (ortofotomapas) y la utilización de funciones de análisis y despliegue del SIG.

Por último, para el análisis del efecto de carreteras y/o puentes sobre los litorales, en primera instancia se identificaron tres escenarios del litoral sobre los cuales era posible encontrar las carreteras y/o puentes (*escenario 1*: zona con pequeñas construcciones para vivienda; *escenario 2*: zona con grandes construcciones para vivienda y/o turismo y; *escenario 3*: zona sin grandes construcciones para vivienda y/o turismo), para en segunda instancia, determinar, el efecto sobre el litoral y efectuar el trazado del límite de los bienes de uso público, como resultado de la afectación de este tipo de obras (figura 19).

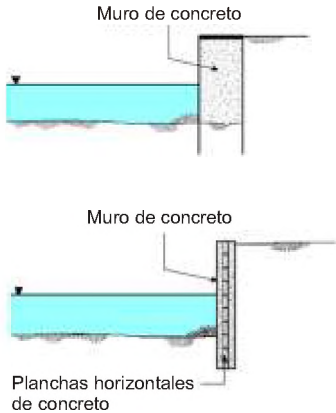
Tipo de obra	Descripción y función	Ilustraciones
Muro de contención (Bulkhead)	Estructura vertical utilizada para reducir la erosión del suelo costero y prevenir contra la acción del oleaje las construcciones que se encuentran sobre la costa.	

Figura 17. Fragmento de la tabla utilizada para la identificación de las obras de protección costera.

Obra	Efecto característico sobre la playa	Ilustración
Muro de contención (Bulkhead) y Revestimientos (Revetments)	Ocasionalmente erosionan verticalmente el frente del muro (erosión pasiva), generando la pérdida de la zona intermareal. Generalmente produce erosión en las playas adyacentes a su construcción.	

Figura 18. Fragmento de la tabla utilizada para identificar los efectos de las obras de protección.



Figura 19. Ejemplo de la posición aproximada del límite de la playa (bien de uso público) en un escenario con pequeñas construcciones para vivienda.

### 5.2.3.2. Componente administrativo

El análisis de las variables administrativas comprendió en primer lugar, la consideración de la información resultante de los censos efectuados sobre los litorales por parte de la Autoridad Marítima y por otra, la información resultante de la gestión administrativa relacionada con concesiones, permisos de construcción y autorizaciones de obras otorgadas y a través de las cuales, se autorizó la utilización y disfrute de los bienes de uso público (playas y terrenos de bajamar).

La información de los censos efectuados fue almacenada en una base de datos digital (denominada base de datos Censos) dentro de la estructura de la Geodatabase Corporativa de la DIMAR, con el fin de poder ser relacionada,

también en forma digital, con la base cartográfica digital (ortofotomapas) y de esta manera, potenciar aún más, las posibilidades de preguntas y respuestas de aspectos técnicos complementarios (disposición de aguas negras, disposición de residuos sólidos, entre otros) sobre los litorales, que requiere la Autoridad Marítima Nacional para el soporte técnico de sus actuaciones administrativas. Complementariamente, la base de datos digital de concesiones, permisos y autorizaciones (denominada base de datos de bienes de uso público), también se estructuró dentro de la Geodatabase Corporativa, para de igual forma, ser relacionada con la base cartográfica digital y de esta manera, complementar las labores de análisis, administración y control de los litorales colombianos.

### 5.2.3.3. Componente jurídico

El análisis de la variable jurídica consistió en analizar el marco legal vigente en materia de control y administración de los litorales colombianos. Este marco corresponde actualmente, al Decreto Ley 2324 de 1984, emanado de la Presidencia de la República. De este análisis se establecieron tres aspectos que permitieron definir algunas de las relaciones entre los componentes del modelo conceptual adoptado. El primero de ellos correspondió a que en este Decreto se encuentra el soporte para las actuaciones administrativas de la DIMAR (autorización de concesiones, permisos y autorizaciones de obra). En segundo lugar, el decreto establece los criterios técnicos para delimitar las playas y los terrenos de bajamar en los litorales. Por último, en tercer lugar, establece la altura de la línea de más alta marea (LMAM) como la referencia espacial para la delimitación de la jurisdicción de la DIMAR en los litorales colombianos.

### 5.3. Determinación del límite de los bienes de uso público

La determinación del límite de los bienes de uso público y por lo tanto del límite de la jurisdicción de la DIMAR en los litorales colombianos, se llevó a cabo a través de la combinación, dentro de un entorno de SIG (Sistema de Información Geográfica) ArcGis 9.0, de la información resultante de los diversos componentes del modelo: altura de la línea de más alta marea, límite interno de la playa, zonas en riesgo de inundación y actividades antrópicas, complementadas con la información resultante del análisis de la variable administrativa o de actuaciones de la Autoridad Marítima Nacional. El resultado de la mezcla de toda esta información fueron ortofotomapas de jurisdicción a escala 1:2000, que servirán como herramienta de trabajo para las Capitanías de Puerto del país, en su labor de control y administración de los litorales del territorio nacional.

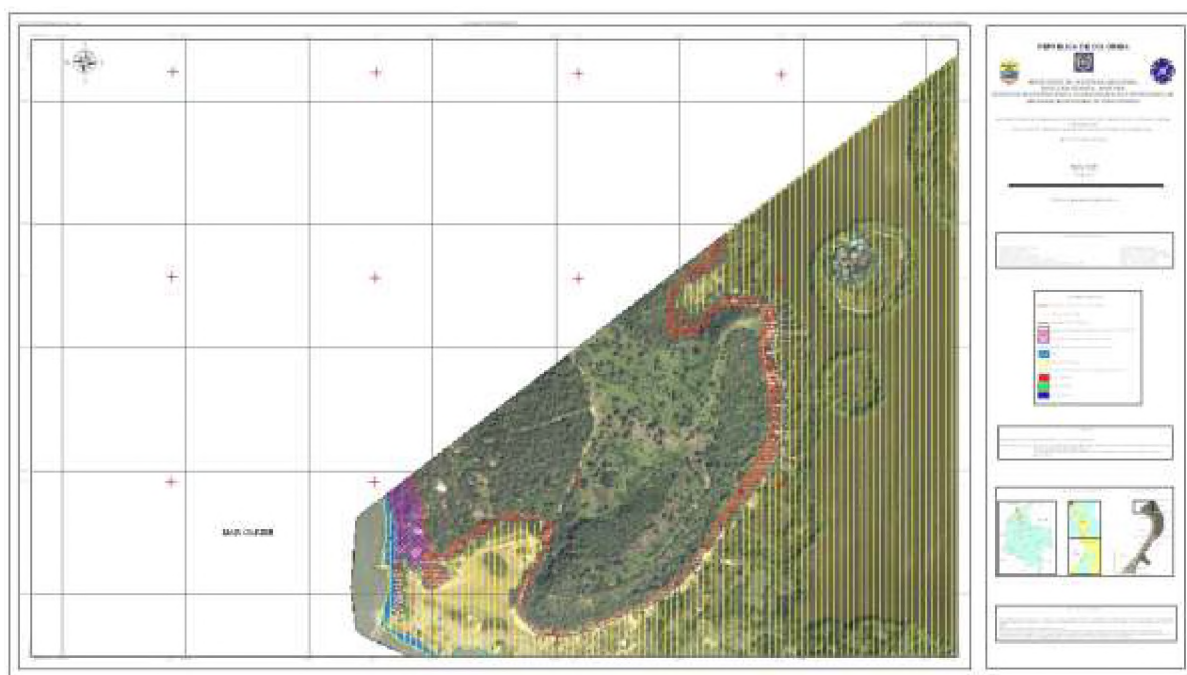
## Resultados y Discusión

La prueba de la hipótesis planteada en esta investigación debe realizarse hacia el futuro, debido a que la implementación del modelo, al interior de la DIMAR, aún se encuentra en desarrollo. Por lo anterior, la evaluación de la capacidad de control y administración de los litorales por parte del modelo, en términos de resultados concretos, deberá efectuarse en el corto plazo (uno o máximo dos años). De esta manera, es importante la continuación de la aplicación del modelo debido a la rápida transformación de los litorales colombianos.

En este sentido, es importante anotar que el modelo planteado permite efectuar pruebas de hipótesis en términos del rol o papel de elementos o variables individuales dentro del sistema litoral en funcionamiento. Esto permite a su vez, la adición de nuevos elementos o variables dentro del modelo con fines de prueba y exploración. Por ello, en el caso de que la hipótesis planteada en la presente investigación, resultase verdadera, ella indicará si efectivamente los elementos o componentes considerados en el modelo son los que realmente se deben tener en cuenta y cuáles se deben omitir para concentrar la atención de la DIMAR en la observación y análisis de los aspectos más pertinentes para el control y administración de los litorales colombianos.

Sin embargo, a pesar de lo anterior, como información de referencia, la etapa inicial de implementación del modelo permitió obtener 54 ortofotomapas de la jurisdicción de la DIMAR en las dos zonas de trabajo, para un total de 82 Km<sup>2</sup> de litoral cartografiado. (figura 20).

Un hecho importante fue que las dos zonas de trabajo incluyeron la presencia de sistemas de ciénagas de extensión considerable, que a su vez conformaron sistemas fluviomarinos importantes como en el caso del caño Luisa en el sector de La Boquilla y la Boca de la Ciénaga de la Caimanera en el área de trabajo de Coveñas, que de acuerdo con el ordenamiento



**Figura 20.** Ejemplo de mapa de jurisdicción DIMAR en el Caribe colombiano. En color rojo el límite de la jurisdicción.

jurídico vigente (Decreto 2324 de 1984), fueron incluidas dentro de la jurisdicción de la DIMAR. En relación con el modelo, esta situación plantea la necesidad de incluir dentro de la documentación, el procedimiento técnico para la delimitación de la jurisdicción, en aquellos casos en los que se presenten este tipo de sistemas.

Hacia el futuro, la implementación del modelo propuesto permitirá contar con un inventario actualizado de los bienes de uso público bajo jurisdicción de la DIMAR en los litorales colombianos, caracterizándolos, principalmente en lo relacionado con su estado de ocupación y ubicación geográfica, cumpliendo de esta manera, con las funciones que el Gobierno Nacional le ha encomendado y ejerciendo un mayor control de sus actuaciones administrativas con información técnica que soportará la toma de sus decisiones.

Aparte de la utilidad directa para la DIMAR, la información resultante de la aplicación inicial

del modelo planteado, es útil o aplicable en los planes del ordenamiento del litoral, específicamente en las etapas de recopilación de información, diagnóstico y elaboración del documento de ordenación del litoral, al proporcionar información espacial y no espacial actual y exacta de los litorales colombianos.

## *Agradecimientos*

Los autores expresan sus agradecimientos a la Dirección General Marítima por su apoyo y colaboración en la concepción y establecimiento del modelo conceptual, al Capitán de Corbeta Ricardo Torres Parra, por su valiosa y decidida contribución en la determinación de la altura de la línea de más alta marea; a los Suboficiales Nixon Torres, Jhon Jurado y Carlos Medina, así como también a Julio Gutiérrez y Daría Llamas, por su decidido apoyo en la implementación del modelo conceptual en los litorales del Caribe

colombiano. Finalmente, también expresan sus agradecimientos a los revisores externos, por sus orientaciones y recomendaciones para el buen término de esta investigación.

## *Referencias bibliográficas*

- [1] Carter R. Coastal Environments. Academic press; 1993.
- [2] Kamphuis W. Introduction to coastal engineering and management. World Scientific; 2002.
- [3] Burel T. Caracterisation de Modalites d'Evolution Recente de la Marge Continentale Nord-Colombienne [PhD Thesis]. Bordeaux: Université de Bordeaux; 1982.
- [4] Lesueur P. Sediments et Milieux Sedimentaires dans la Baie de Cartagena (Colombia) [PhD Thesis]. Bordeaux: Université de Bordeaux; 1979.
- [5] Centanaro D, Guerrero J, Ganem J, Quiroz H, Ramírez E. Diagnóstico Integral del sistema manglarico de la Ciénaga de La Caimanera. Colombia: Corporación Autónoma Regional de Sucre; 1997.
- [6] Sperb R, Pacheco R, Khator R. Legal and socio-economic dynamics in coastal zone management: Agent-based modeling of spatial processes. CoastGIS-International symposium on GIS and computer cartography for Coastal Zone management; 2006.
- [7] Järvelin K, Wilson T. On conceptual models for information seeking and retrieval research. Information research. An international electronic journal. 2003; 9 (1).
- [8] Muñoz A. Hacia una educación intercultural: enfoques y modelos. 2000.
- [9] Valdemoro H. La influencia de la morfodinámica en los usos y recursos costeros [Msc. Thesis]. Cataluña: Universidad Politécnica de Cataluña; 2005.
- [10] Olsen S, Loury K, Tobey J. A manual for assessing progress in Coastal Management. Coastal Management Report No. 2211. The University of Rhode Island; 1999.
- [11] DIRECCIÓN GENERAL MARÍTIMA. Procedimiento técnico para la generación de la base cartográfica digital. Cartagena: 2005.
- [12] DIRECCIÓN GENERAL MARÍTIMA. Estudio para determinar la jurisdicción de la DIMAR en el sector del Golfo de Morrosquillo. Anexo 1. Memoria técnica de la generación de la base cartográfica. Cartagena: 2006.
- [13] Afanador F, Camacho H. Establecimiento de la aptitud de uso como característica de calidad de la cartografía digital costera generada por el CCCP. Boletín Científico CCCP. 2004; 11:50-64.
- [14] Engelbart D. Augmenting human intellect: a conceptual framework. Information research. An international electronic journal. 1962; 9 (1).
- [15] DIRECCIÓN GENERAL MARÍTIMA. Estudio para determinar la jurisdicción de la DIMAR en el litoral Caribe colombiano, Municipio de Cartagena, sector de La Boquilla. Anexo 7. Memoria técnica establecimiento de la línea de más alta marea. Cartagena: 2006.
- [16] Cañón M, Afanador F. Sensores aerotransportados y sistema de información geográfica para el establecimiento del límite de vegetación permanente en los litorales colombianos. Boletín Científico CIOH. 2006; 24.
- [17] Afanador F, Torres R, Gómez J, Gutiérrez J. LIDAR y fotografía aérea digital en la determinación del impacto del aumento en el nivel medio del mar en el sector de "La Boquilla", Cartagena de Indias; Caribe colombiano. Boletín Científico CIOH. 2006; 24.