



## ARTÍCULO

# Diseño y construcción de una embarcación de investigación multipropósito para aguas someras

## Design and Construction of a Multi-purpose shallow waters survey vessel

Fecha recepción: 2006-07-11 / Fecha aceptación: 2006-08-17

**Rafael Ricardo Torres Parra**  
E-mail: rtorres@cioh.org.co

**José Manuel Plazas Moreno**  
E-mail: jplazas@cioh.org.co

**Alfredo Gutiérrez Cantillo**  
E-mail: jselev@cioh.org.co

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

## Resumen

En el artículo se presenta la metodología para el diseño y construcción de una embarcación de investigación oceanográfica e hidrográfica para aguas someras, mediante el trabajo coordinado y complementario de los grupos de investigación del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas - CIOH y COTECMAR. Se describen los resultados alcanzados en diferentes aspectos importantes para la operación de la lancha, con lo que se logró una capacidad de investigación multipropósito, incluyendo la instalación de la ecosonda multihaz Atlas Fansweep 20/200. Se discuten algunas de las ventajas por contar con una unidad especializada en aguas someras para la Investigación oceanográfica e hidrográfica.

**Palabras claves:** Lancha Multipropósito, Aguas Someras, Oceanografía, Hidrografía.

## Abstract

The methodology for the design and construction of an oceanographic and hydrographic shallow waters survey vessel, through a coordinated and complementary work between the research groups of the Oceanographic and Hydrographic Research Center CIOH and COTECMAR is presented here. The results achieved for different important aspects for the vessel operation, with which, a multipurpose capability for survey was

accomplished, including the installation of the Atlas Fansweep 20/200 multibeam echosounder are described. Some of the advantages of having a specialized vessel for shallow waters survey for the oceanographic and hydrographic investigation are discussed.

**Key words:** Multipurpose Vessel, Shallow Waters, Oceanography, Hydrography.

## Introducción

Colombia es un país privilegiado al contar con territorio marítimo en el Mar Caribe y Océano Pacífico, con una superficie casi igual a la del territorio continental, sin embargo, tal como lo reconoce el análisis prospectivo del Gobierno Nacional en su documento Visión Colombia 2019, “Los modelos de desarrollo del país han hecho énfasis en el territorio continental sin que se aprovechen plenamente los recursos del territorio marítimo” [1]. Diversas pueden ser las causas, pero sin lugar a dudas, una de las principales es la falta de conocimiento del medio marino, en países como Colombia, donde el gasto nacional (público y privado) en investigación, desarrollo e innovación alcanzó apenas el 0.3% del PIB durante el 2003 [2].

La Dirección General Marítima a través de sus dos Centros de Investigaciones, es una de las pocas entidades nacionales que ha asumido el desarrollo de la investigación del medio marino. La investigación en oceanografía e hidrografía inicia necesariamente con la recolección de información de campo, complementada posteriormente con otras tecnologías disponibles como los sensores remotos, modelación numérica, entre otros. Esta información in situ puede obtenerse mediante la instalación de sensores en el mar como boyas de oleaje, instalación en la costa como mareógrafos y mediante campañas de tomas de datos, las cuales espacialmente se realizan en aguas profundas y aguas someras. Para las primeras se cuenta con los buques oceanográficos ARC “Providencia”, ARC “Malpelo” y ARC “Quindío”. Sin embargo, estos buques tienen restricciones para la toma

de datos en las aguas someras al estar limitados por su calado y maniobrabilidad, prevaleciendo la seguridad marítima y conservación de la vida humana en el mar.

Para el levantamiento de información en aguas someras los Centros de Investigaciones de DIMAR han venido utilizando en los últimos años, botes en fibra de vidrio diseñados más para transporte de personal, los cuales no brindan a los investigadores las condiciones mínimas de seguridad y comodidad que asegure la calidad durante la toma de datos en las extenuantes jornadas, si se tiene en cuenta la exposición al sol, lluvia, viento y oleaje.

Estas condiciones de trabajo ponen en riesgo la alta calidad de los datos oceanográficos e hidrográficos requeridos para las aguas someras, los cuales requieren de mayor precisión y exactitud por cuanto este espacio es altamente dinámico debido a la interacción de los medios marino, terrestre y atmosférico. Además, para la investigación hidrográfica y de cartografía náutica, es la zona de estudio más compleja y donde los estándares de calidad son más altos [3], debido a la necesidad de determinar las profundidades que limitan (por el calado de los buques) el tráfico marítimo, permitiendo la navegación con seguridad.

Para la investigación oceanográfica es igualmente importante la calidad de los datos tomados en aguas someras, pues en esta zona se estudian con especial énfasis los fenómenos físicos como la erosión o acresión, y en general la dinámica costera e hidrodinámica marina para conocer el transporte y dispersión de diferentes contaminantes, estudiados por la oceanografía química y geológica. Así mismo, en esta zona se ubican importantes ecosistemas marinos como los arrecifes de coral o manglares, muy importantes para las pesquerías y estudios de oceanografía biológica. El conocimiento de las aguas someras permiten a los investigadores responder al mayor interés existente en las comunidades marítimas y costeras, dada su proximidad e interacción permanente con esta parte del mar.

Teniendo en cuenta lo anterior, era clara la necesidad de contar en los centros de investigación, con embarcaciones de investigación especializadas que permitan de una manera segura, eficiente y cómoda recolectar los datos hidrográficos y oceanográficos incluyendo los físicos, químicos, geológicos o biológicos, en las aguas someras colombianas.

Con el fin de solucionar esta necesidad, la Dirección General Marítima asignó los recursos para adelantar un proyecto, el cual consistió en diseñar y construir una embarcación multipropósito para investigación en aguas someras; Para esto se unió la experiencia en la recolección y procesamiento de datos de los grupos de investigación del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas - CIOH, con la experiencia y capacidades en el diseño y construcción de embarcaciones menores de los grupos de investigación de la Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval, Marítima y Fluvial - COTECMAR. En el presente artículo se describen las principales actividades desarrolladas y necesidades cubiertas que permitieron construir una lancha en fibra de vidrio, que responde a todas las exigencias para la investigación científica en aguas someras.

## ***Objetivos del proyecto***

El objetivo general fue diseñar y construir una embarcación multipropósito para desarrollar investigación oceanográfica e hidrográfica en las aguas someras de los mares colombianos, asegurando su versatilidad, seguridad, comodidad, autonomía y bajos costos de operación.

Para esto se establecieron los siguientes objetivos específicos.

- Diseñar la estructura de la lancha más apropiada para el desarrollo de investigaciones en aguas someras de acuerdo con el clima

marítimo colombiano, facilitando su transporte a diferentes puntos de la geografía nacional.

- Diseñar los espacios interiores e instalar y ubicar los equipos científicos y electrónicos de manera que permitan el desarrollo eficiente de la investigación hidrográfica y de oceanografía física, química, geológica y biológica en aguas someras, manteniendo la seguridad de la vida humana en el mar, la versatilidad y comodidad de los investigadores.

- Seleccionar los motores propulsores, generador y equipo auxiliar que brinden las condiciones de seguridad a la navegación, calado, maniobrabilidad y autonomía requeridas, para desarrollar investigación en aguas someras en los mares colombianos.

- Habilitar los espacios para instalar la ecosonda multihaz Atlas Fansweep 20/200 a bordo de la lancha, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante y experiencia en la recolección de datos hidrográficos, diseñando un sistema de fácil izado para la utilización del transducer durante la toma de datos, de manera que este sensor este ubicado en el mismo lugar sin ningún movimiento en los ejes o de rotación, facilitando su calibración.

- Dotar la lancha con los equipos necesarios para brindar seguridad en la navegación y mejorar las condiciones de habitabilidad en la lancha, para las extenuantes jornadas de trabajo.



**Figura 1.** Lancha “Multihaz” operando en la Bahía de Buenaventura en el año 2006.



## Metodología

El CIOH con base en su experiencia de más de 30 años desarrollando investigación en el territorio marítimo colombiano, a través de los grupos de investigación, presentó las necesidades generales a COTECMAR para una lancha multipropósito para investigación en aguas someras. Con base en este requerimiento COTECMAR a través de su grupo de investigación de desarrollo de nuevas construcciones presentó un prototipo general.

Sobre esta propuesta se reunieron constantemente los grupos de investigación del CIOH y COTECMAR, con el fin de analizar cada uno de los grupos constructivos de la lancha. En este proceso se debatieron todas las recomendaciones del CIOH para alcanzar los objetivos propuestos, las cuales fueron evaluadas por COTECMAR, quienes buscaron la mejor manera de hacer realidad cada uno de los requerimientos, limitados por el presupuesto asignado. En este proceso se consultó repetidamente a la fábrica de la ecosonda multihaz ATLAS en Alemania, con el fin de recibir las recomendaciones para la mejor instalación de la Ecosonda en la lancha. Este trabajo mancomunado continuó hasta acordar los diseños generales de cada uno de los grupos constructivos.

Una vez iniciada la construcción de la lancha por COTECMAR, se mantuvo un acompañamiento permanente de los grupos de investigación del CIOH, con el fin de solucionar la ingeniería de detalle, aprobando la ubicación de los equipos, planos de diseño, materiales y elevando sugerencias en detalles para asegurar que el producto final cumpliera con los objetivos trazados.

Terminada la construcción de la lancha, iniciaron las pruebas de mar, sobre las cuales se realizaron los últimos ajustes, alcanzando a satisfacción los objetivos propuestos con el producto final.

Durante este proceso, los grupos de investigación del Centro de Investigaciones

Oceanográficas e Hidrográficas tuvieron como responsabilidad informar oportunamente a COTECMAR de todos los requerimientos para desarrollar investigación a bordo de una lancha en aguas someras, de manera eficiente, cómoda, segura y con la versatilidad y autonomía requeridas para las condiciones logísticas de la Dirección General Marítima y geográficas de Colombia. Así mismo, se encargaron de evaluar las diferentes propuestas de ingeniería presentadas por COTECMAR para solucionar estos requerimientos.



**Figura 2.** Lancha “Multihaz” acoderada al ARC “Providencia” durante la campaña hidrográfica en el Pacífico en el año 2006.

Por su parte, el grupo de investigación en nuevas construcciones de COTECMAR respondió a las expectativas al solucionar, diseñar y construir las respuestas a los requerimientos presentados por los grupos de investigación del CIOH, utilizando los más altos estándares internacionales para la construcción de este tipo de embarcaciones y de acuerdo con los desarrollos en materiales y tecnologías constructivas disponibles en COTECMAR.

## Resultados

Los siguientes fueron los resultados alcanzados más significativos durante el diseño y construcción de la lancha de investigación

multipropósito para aguas someras, bautizada el 16 de diciembre del 2005 con el nombre de "Multihaz", con una eslora máxima de 12.4 metros, manga máxima de 3.20 m, calado máximo de 0.55 metros y 13 toneladas de desplazamiento a plena carga [4].

Diseño del casco. Se diseñó un casco, teniendo en cuenta el clima de olas del Caribe y Pacífico colombiano, el cual cuenta con las características necesarias para asegurar un bajo calado y la mayor estabilidad hasta un mar tres, mejorando el desempeño de la ecosonda multihaz y facilitando la labor de los investigadores. El casco se fabricó en poliéster reforzado con fibra de vidrio y se pintó de color naranja para facilitar su ubicación por otros buques durante el desarrollo de operaciones restringidas durante los cruceros de investigación. Se crearon marcas de calado en el casco a la altura del transducer, para la calibración de esta variable durante la toma de datos hidrográficos.

Ubicación de los elementos del sistema de la ecosonda multihaz. De acuerdo con las recomendaciones del fabricante y la experiencia en la toma de datos multihaz, se estableció la ubicación del transducer de la ecosonda en la aleta de estribor, teniendo en cuenta la mejor hidrodinámica en ese lugar, el bajo nivel de ruido y vibración, la maniobra de arriado e izado, la seguridad del sensor, el centro de gravedad para evitar que el sensor salga del agua y tenga un moderado movimiento, con lo cual se obtiene mejor calidad en los datos.

El gabinete electrónico se ubicó en la cabina, en un espacio de fácil acceso y con las condiciones de temperatura requeridas para su operación, para lo cual se adaptó la posibilidad de restringir la circulación de aire acondicionado solamente a la cabina principal, en caso de tener la necesidad de disminuir la temperatura a la que opera el gabinete, el cual es muy sensible a este parámetro.

El sensor de movimiento se ubicó en un lugar protegido del tráfico del personal, quedando

bajo la cubierta principal en una bodega de fácil acceso y lo más cercano al centro de gravedad, lo cual permite un óptimo desempeño dado los acelerómetros con los que cuenta. El girocompás quedó igualmente en la misma bodega, estando protegido, cerca del centro de gravedad y con las condiciones de temperatura necesarias.

Mediante la utilización de una estación total para la medición exacta de ángulos y distancias se calcularon los desplazamientos entre el girocompás, transducer, sensor de movimiento y antena del GPS, respecto de un origen (0,0,0) para lo cual arbitrariamente se escogió el Centro de Gravedad de la lancha en condición normal de operación con 50 % de su capacidad de carga en fluidos.

El diseño de la distribución de cables y conexiones entre los sensores se tuvo en cuenta de manera que no afectaran el tráfico del personal, fueran de fácil acceso y estuvieran dispuestos de manera segura y organizada. Se ubicó la pantalla que despliega la información de la navegación y de la ecosonda en la consola del piloto, permitiéndole controlar la navegación con ayuda del software hidrográfico. Así mismo se instalaron dos puestos de trabajo con acceso a los recursos computacionales requeridos para la operación de la ecosonda, correctamente estibados y de manera cómoda y práctica.

Sistema de izado y arriado del transducer de la ecosonda multihaz. El transducer es el sensor de la ecosonda, el cual va en el agua y transmite los pulsos de sonido para poder calcular la profundidad. Fue necesario diseñar un sistema para izar y arriar este sensor, debido a que durante el levantamiento debe estar en el agua, pero para el transporte de la lancha, por seguridad debe encontrarse sobre cubierta.

Teniendo en cuenta que con el empleo de la tecnología de la ecosonda multihaz, cada pulso de sonido cubre una amplia área del fondo generando hasta 1.440 haces [5, 6], los cuales deben estar perfectamente georeferenciados, es

muy importante para la calibración que el transducer cada vez que se instale quede ubicado en el mismo lugar, impidiendo además cualquier movimiento en los ejes x-y-z; así como la rotación sobre los mismos. El sistema tiene un diseño robusto que evita cualquier vibración del sensor. Igualmente, dado el peso del transducer y del tubo en el cual se instala, el sistema se diseñó para que esta maniobra fuera realizada por tan solo tres hombres, teniendo en cuenta la tripulación con la que debe operar la lancha.

Debido a necesidades hidrodinámicas, el sensor de la ecosonda quedó a mayor profundidad que la quilla del casco, por lo que durante el levantamiento en aguas someras o por elementos flotantes que transportan los ríos al mar, es factible que el transducer reciba un golpe, por lo cual se diseñó un fusible para que al producirse un golpe éste se abra, permitiendo al sensor bascular, amortiguando el golpe y evitando daños en el sensor.

Características de transporte. Se diseñaron y construyeron 04 puntos de izado para la lancha, los cuales soportan esfuerzos positivos para instalar un sistema de guayas y grilletes que permite que una grúa levante la lancha para ubicarla a bordo de un buque nodriza para su transporte y esfuerzos negativos para colocarla a son de mar en el buque mediante tensores que la hacen firme a la cubierta. Este sistema protege el casco al no tenerlo que izar con eslingas, en las cuales el peso recae en las cuerdas de la embarcación, dañando paulatinamente el casco.

En el proyecto se incluyeron unas cunas para ubicar la lancha a bordo de la cubierta principal del ARC “Providencia” para su transporte a grandes distancias, con lo cual se crea un completo binomio para levantamientos hidrográficos, teniendo en cuenta la ecosonda multihaz de aguas profundas instalada en este buque. Estas cunas fueron construidas en dos tipos de madera, una perdurable y otra de sacrificio, menos densa, con lo cual se asegura que el casco de la lancha no sufra durante su

transporte. Se construyó un trailer para transporte en tierra con todos los requisitos de seguridad.

Motores, propulsores, generador y equipo auxiliar. Se realizó un exhaustivo análisis del mercado para seleccionar la combinación de motores, sistema propulsor, generador y equipo auxiliar, ideales para la lancha, teniendo en mente la optimización de la inversión de los recursos, una velocidad de trabajo de ocho nudos de acuerdo con la experiencia en recolección de datos hidrográficos y una velocidad para desplazamiento de más de 12 nudos.

Igualmente se buscó minimizar la vibración, por lo cual todos los motores cuentan con sistemas de amortiguación. Para minimizar el ruido, el generador está aislado acústicamente al igual que todo el cuarto de máquinas, y se buscó la ubicación del sensor de la ecosonda lo más lejos posible de las fuentes de ruido. No se diseñó ninguna descarga de fluidos hacia el costado de estribor, donde se encuentra el transducer. El equipo auxiliar fue ubicado e instalado garantizando la seguridad de la navegación y la comodidad de los tripulantes durante las operaciones.

Autonomía. De acuerdo con los motores instalados se calculó la necesidad de un tanque de combustible de 300 galones de ACPM, con lo cual dado el consumo de propulsión y generación, ofrece una autonomía de 216 millas náuticas, lo cual partiendo de Cartagena (puerto base), le permite hacia el sur cubrir todo el litoral colombiano hasta la frontera con Panamá, y hacia el norte llegar hasta Riohacha.

Cuenta con la facilidad para toma de combustible en cualquier puerto o de un buque nodriza, lo cual aumenta su autonomía a cualquier punto del litoral Caribe. Para trabajos en Archipiélago San Andrés requiere ser transportada a bordo de un buque nodriza, al igual que al océano Pacífico, donde una vez puesta en el agua, cuenta con la autonomía para cubrir todo el litoral.

Sistema eléctrico. Se diseñó teniendo en cuenta los estándares internacionales, dotando la embarcación de corriente alterna de 220 V, 110 V y corriente directa en diferentes puntos, lo cual hace posible la instalación de cualquier equipo de investigación sin importar el tipo de corriente que requiera.

Cuenta con los sistemas de protección adecuados como un aislador galvánico y una UPS para en el caso de corte del fluido eléctrico, tener tiempo para guardar los datos y asegurar los equipos adecuadamente. Se dotó de una conexión a tierra con la cual se puede alimentar la embarcación en muelle o acoderada a un buque nodriza.



**Figura 3.** Lancha “Multihaz” en la cubierta principal del ARC “Providencia”, durante el tránsito hacia el Pacífico en el año 2006.

Seguridad de la vida humana en el mar. Se dotó la embarcación con VHF marino, radar, GPS, compás magnético, chalecos y anillos salvavidas, lancha de salvamento, pito, megáfono, luces de navegación, bengalas, sistema contra- incendios, sistema de achique, sistema de fondeo, cubierta exterior antideslizante y pasamanos de seguridad, lo cual brinda la versatilidad y la seguridad requerida por los investigadores. El casco cuenta con cuatro mamparos estancos, incluyendo el de colisión a proa, todos desde el fondo hasta la cubierta principal.

Habitabilidad. Se dotó la Unidad con aires acondicionados con termostato generando las condiciones óptimas de temperatura para el trabajo del personal científico y de los equipos. Se dotó igualmente con consola y silla para el piloto, 02 puestos de trabajo, mesa de cartas y sillas exteriores rebatibles para los investigadores durante toma de muestras y datos.

Cuenta con una cubierta inferior con baño, pantry dotado de nevera, microondas y tostadora, tanque de agua de 50 galones, tanque de aguas grises con bomba maceradora, dos camas con gabinetes para guardar las pertenencias de los tripulantes y luces individuales, con lo cual se brinda la comodidad requerida por los investigadores durante las extenuantes jornadas de trabajo en el mar.



**Figura 4.** Interior de la Lancha “Multihaz”. Consola del Piloto.

Otros equipos de investigación. Se dotó de una ecosonda monohaz con transducer de 40 y 200 khz montados en el casco facilitando la toma de los datos hidrográficos, al contar con un transducer a una profundidad conocida y sin movimiento o vibración.

Se instaló un pórtico en “A” con un winche de 150 metros, con el cual es posible tomar datos de velocidad del sonido en la columna de agua,



lo cual es necesario para la operación de la ecosonda multihaz. Este winche puede ser operado con la lancha parada, bajando equipos hidrográficos y oceanográficos por gravedad hasta los 150 metros de profundidad, como botellas Niskin para sacar muestras de agua, el uso de un CTDO, el cual mide en la columna de agua la conductividad, temperatura, oxígeno disuelto y presión, y en general cualquier equipo con peso menor a 20 kilogramos.

Con la lancha en movimiento con este pórtico en “A” se podrán remolcar otros equipos como un sonar de barrido lateral para generar imágenes del fondo o un magnetómetro, fluorómetro, redes de fito y zooplankton, entre otros. La lancha se dotó de un mareógrafo portátil para la medición de niveles de agua en cualquier lugar de operación, con lo cual se corrigen los datos hidrográficos.

Cuenta con la capacidad para el transporte de ocho tanques de buceo, cuatro sobre cubierta y cuatro en bodega, así como una plataforma en la popa al nivel del agua para realizar trabajos con buzos. En la popa sobre uno de los ductos de aire al cuarto de máquinas se habilitó una mesa para manipular las muestras de agua tomadas con las botellas Niskin y con una llave de agua dulce para el lavado de los equipos después de su utilización.

## Discusión

La lancha multipropósito “Multihaz” se constituye en un importante avance tecnológico para el CIOH, al contar ahora con una embarcación que satisface todas las necesidades para desarrollar investigación oceanográfica e hidrográfica en aguas someras de manera eficiente y segura, pensando en las capacidades y recursos de la Dirección General Marítima, permitiendo el cubrimiento de toda la geografía nacional y asegurando el cumplimiento de los procedimientos técnicos existentes con la calidad necesaria.

Este tipo de unidades solucionan las necesidades típicas de países en vías de desarrollo, en los cuales se tienen limitaciones en cuanto a la inversión de recursos para el desarrollo de investigación marítima, por lo cual el concepto de lancha multipropósito con gran autonomía y bajos costos de operación, resulta muy atractivo. Igualmente se instaló por primera vez una ecosonda multihaz Atlas Fansweep 20/200 a bordo de una embarcación de las características de la lancha diseñada.

El empleo de esta lancha brinda un ahorro en recursos económicos, pues los costos de operación, en especial por consumo de combustible y nómina de la tripulación se disminuirá ostensiblemente, al comparar con los costos de operación de los buques oceanográficos de DIMAR, siendo más eficiente para salidas de campo cortas y toma de datos en aguas someras.

Lo anterior se revierte en beneficio para la comunidad marítima que navega en las aguas colombianas, así como de las comunidades costeras del país, pues al poder recolectar información de las aguas someras con calidad, mayor frecuencia y cobertura, mejora y facilita el manejo integrado de la zona costera, incluyendo el cubrimiento cartográfico, avance portuario y de ingeniería costera, pesca, proyectos turísticos, entre otros, que finalmente se traduce en un aporte al desarrollo marítimo sostenible, asegurando la vida humana en el mar y la protección al medio ambiente marino.

Durante el 2006 la lancha “Multihaz” realizó levantamientos hidrográficos en aguas someras en Ciénaga al sur de Santa Marta y el canal de acceso a la bahía de Cartagena en el Caribe. Igualmente operando con el ARC “Providencia” como buque nodriza, cruzaron el canal de Panamá sobre cubierta, levantando en el Pacífico información hidrográfica en los canales de acceso de las Bahías de Buenaventura, Tumaco y Málaga, como en el área de Bahía Solano, Juradó y Tribugá, realizando levantamientos hidrográficos por



espacio de 56 días, levantando en total 2.230 millas náuticas lineales con información multihaz, lo cual no se había realizado con anterioridad para la mayoría de estos sitios.

## *Agradecimientos*

A la Dirección General Marítima que destinó los recursos necesarios para la construcción de la lancha multipropósito. Al personal de los grupos de investigación del CIOH y COTECMAR que lograron llevar a cabo este proyecto.

## *Referencias bibliográficas*

[1] Departamento Nacional de Planeación (DNP). Documento Visión Colombia 2019. 4ta ed. Bogotá: Editorial Planeta Colombiana S. A.; 2006; p. 325-372. Disponible en: [http://www.dnp.gov.co/paginas\\_detalle.aspx?idp=888](http://www.dnp.gov.co/paginas_detalle.aspx?idp=888).

[2] Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. Indicadores de ciencia y tecnología, Colombia 2005. Bogotá: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología; 2006. 298p. Disponible en: <http://www.ocyte.org.co/COLOMBIA2005.pdf>.

[3] Organización Hidrográfica Internacional (IHO). Normas de la Organización Hidrográfica Internacional para levantamientos hidrográficos. Publicación Especial No. 44. 4ta ed. Monaco: Bureau Hidrográfico Internacional; 1998.

[4] COTECMAR, Cartilla de estabilidad casco 018 - Lancha "Multihaz". No. registro: CE- 018. Cartagena: COTECMAR; 2006.

[5] ATLAS Hydrographic GmbH. Atlas Fansweep 20. Service Manual. Doc. No. Ed 1044 G 042. Berlin: ATLAS Hydrographic GmbH; 2003.

[6] ATLAS Hydrographic GmbH. General Installation Recommendations. AH-INST-REC-013. Berlin: ATLAS Hydrographic GmbH; 2004.