



RESEÑA

Desarrollo de un sistema de medición de parámetros oceanográficos y de meteorología marina, para el litoral Caribe y Pacífico Colombiano

Development of a system of measurement of oceanographic parameters and marine meteorology

Fecha recepción: 2006-07-29 / Fecha aceptación: 2006-08-18

Juan Leonardo Moreno Rincón

E-mail: jmoreno@dimar.mil.co

Dirección General Marítima DIMAR. Transversal 41 No 27-50 Bogotá D.C.

Alejandro Muñoz Vargas

E-mail: amunoz@cioh.org.co

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

Resumen

En éste artículo, se explica el desarrollo y las características generales que componen el Sistema de Medición de Parámetros Oceanográficos y de Meteorología Marina, SMPOM, se hace especial énfasis en la estructura general y en el funcionamiento de los software meteorológico Hydras3 y el oceanográfico Waveview, como también en la estructura de las Estaciones Meteorológicas Automáticas Satelitales, EMAS y las Boyas de Oleaje Direccional.

El contar con herramientas de última tecnología, permite no sólo conocer las variaciones océano-atmosféricas en tiempo real, sino poder hacer seguimiento a los fenómenos climáticos presentes en los principales puertos del país. El potencial de la información suministrada por el sistema, no solo es útil para la Autoridad Marítima Colombiana, sino para diversos sectores como los científicos, pedagógicos y económicos.

Palabras claves: Estaciones meteorológicas, boyas de oleaje, sistema de medición, transmisión satelital.

Abstract

The development and the general characteristics that make part of the System of Measurement of Oceanographic Parameters and

CIOH
www.cioh.org.co

Marine Meteorology are explained in this article. SMPOM makes special emphasis on the general structure and the operation of meteorological software Hydras3 and the oceanographic WaveView, as well as in the structure of the Satellite Automatic weather stations, EMAS and the Buoys of Directional Surge.

Having tools of latest technology, not only allows to know the ocean-atmospheric variations in real time, but also to be able to keep track of the present climatic phenomena in the main ports of the country. The potential of the information provided by the system, not only is useful for the Colombian Naval Administration, but also for different sectors such as the scientific, pedagogical and economic ones.

Key words: Weather stations, buoys of surge, system of measurement, satellite transmission.

Introducción

En el desarrollo de actividades marítimas, como la pesca, el transporte, el comercio, el sector defensa etc, entran a influir de manera importante, diferentes actividades antropicas y naturales, que pueden ser manejadas positivamente para beneficiar las condiciones económicas y de seguridad según se requieran.

Una de las actividades naturales, son los fenómenos océano-atmosféricos, los cuales por su magnitud y escala no son susceptibles de ser modificados por el hombre, sin embargo, el estudio de sus características, permiten conocer de manera anticipada la dimensión de su influencia sobre cualquier medio o asentamiento humano o natural.

La Dirección General Marítima, DIMAR, como parte fundamental de sus funciones misionales para salvaguardar la vida humana en el mar, ha desarrollado he implementado el Sistema de Medición de Parámetros Oceanográficos y de Meteorología Marina,

SMPOM, con herramientas tecnológicas de última generación que permiten conocer las características básicas de dichos fenómenos de forma anticipada, sirviendo como red de información de alerta temprana para la comunidad marítima en general.

El SMPOM, se desarrolla en VI fases, dentro de las cuales se busca articular, no solo la parte tecnológica, sino también el intercambio de información con la comunidad marítima, del comportamiento océano-atmosférico de las diferentes variables espacio temporales presentes en el litoral colombiano.

Para el 2007, se han finalizado 4 Fases que han permitido el montaje de la plataforma tecnológica que soporta la operación e intercambio de información con usuarios internos de los diferentes sensores instalados en el litoral y aguas costeras colombianas.



Figura 1. Estación Meteorológica Automática Satelital EMAS Coveñas.

En el presente artículo, se hará una descripción de la operación y funcionamiento de la plataforma tecnológica del SMPOM, y se hará la visualización de lo que se pretende desarrollar en las fases futuras.

Materiales y métodos

ÁREA DE ESTUDIO



Figura 2. Jurisdicción Marítima Colombiana. Fuente: Presentación SMPOM www.dimar.mil.co.

En la figura 1, se presenta la Jurisdicción Marítima Colombiana, área donde se busca conocer las condiciones océano-atmosféricas, con la instalación y puesta en operación, tanto de estaciones meteorológicas automáticas satelitales, como de boyas de oleaje direccionales.

La adquisición de la información meteorológica la hacen las estaciones meteorológicas automáticas satelitales ubicadas en Turbo, Coveñas y Providencia, a través de equipos propios ubicados en las instalaciones de Dimar (sede central Bogotá), las otras estaciones pertenecientes al litoral Pacífico Colombiano, (Bahía Solano, Juanchaco, Guapi, Isla Gorgona, Malpelo y Tumaco), en la actualidad se encuentran en convenio con el IDEAM, otorgándonos acceso directo a través de nuestros equipos a la data diaria. Así mismo, se obtiene la información oceanográfica mediante dos boyas de oleaje direccional con transmisión satelital Iridium e Inmarsat ubicadas en Tumaco, Barranquilla y próximamente en Cartagena.

A un futuro se desea ampliar la red de boyas de oleaje a 12, cubriendo los principales puertos marítimos del país.

Con ésta cobertura espacial, se logrará conocer de manera confiable, las diferentes características de los mares y costas colombianas en las diferentes variables océano-atmosféricas, lo cual servirá de validación de los modelos e información suministrados por agencias internacionales.

SENSORES

El sistema de medición de Parámetros meteorológicos y oceánicos de Dimar SMPOM, por el momento cuenta con estaciones meteorológicas y boyas de oleaje direccional. Se espera a futuro, complementar los vacíos de información que se encuentran a lo largo de las costas del litoral Caribe y Pacífico colombiano, con una red completa de estaciones y boyas que permitan obtener en tiempo real (Insitu), el comportamiento espacio temporal de las condiciones océano atmosféricas.

ESTACIONES METEOROLÓGICAS AUTOMÁTICAS SATELITALES (EMAS)

Información general

Las estaciones de campo, denominadas plataformas de recopilación de datos (DCP en sus siglas en inglés), cuentan con diferentes clases de sensores para medir los siguientes parámetros ambientales como: la temperatura, la humedad, el viento, la lluvia, etc. Normalmente, para la toma de los diferentes datos de cada sensor, se abre cada 10 minutos una ventana en la cual el sensor captura la información, la procesa y arroja un resultado aprovechando que los sensores se encuentran activos. Posteriormente, los datos de estos parámetros se guardan en un registrador de datos y se transmiten a intervalos regulares de tiempo (normalmente de 1 hora), vía satélite, a la estación terrestre. Ésta recibe la señal, extrae los mensajes, descodifica los datos contenidos en ellos, guarda éstos en la base de datos de **HYDRAS3** y los envía a la base de datos ORACLE de La DRGS.

En la tabla 1 se hace una breve descripción de cada sensor y la manera en que realiza la toma de la información meteorológica.

Tabla 1. Componentes de la Estación Meteorológica Automática Satelital.

EQUIPO	DESCRIPCIÓN
Datalogger	16 Canales Integración con equipos de monitoreo meteorológico. Botón giratorio (mejora la operación en campo). Capacidad de almacenamiento mínimo de 4 MB. Capacidad de conexión con sistemas de transmisión de radio, satélite, etc. Fuente de alimentación 12 V. Activación de un releé de acuerdo a niveles de alarma establecidos.
Comunicación GOES	Antena yagui GPS Conexiones Transmisor
Suministro de energía	Panel solar 55 W Batería 12 V / 100Ah libre mantenimiento Cables.
Torre Autoportable	<ul style="list-style-type: none"> Torre Autoportable telescópica de 10 m, que incluye protección contra descargas eléctricas (pararrayos), sistema de aterramiento, fijación y base. Facilita la instalación y montaje de diferentes sensores, incluyendo accesorios para la instalación de panel solar y antenas de sistemas de comunicación, incluyendo elementos de fijación para sensores.
Sensor Precipitación Convencional	Soporta la corrosión y tempestades. DATOS TECNICOS - Precisión: 0,1 mm - 10 m de cable - Tipo de montaje : Sobre mástil
Sensor T/H	Sensor temperatura y humedad del aire. Tensión de servicio: 6...15 V Corriente de servicio: aprox. 10mA Temperatura máx de servicio: -30...70°C Max. Humedad relativa: 0...100 % h.r Humedad relativa Rango de medición: 0...100% h.r Precisión: +-2% h.r Temperatura Rango de medición: -30...70°C Precisión: +-2°C Protección sensor T/H
Sensor radiación Global	Rango espectral 0,295 a 2,8 µm Sensibilidad aproximada 6 a 12µV/watt/m² Obtención del dato Acumulado horario
Sensor de velocidad y dirección del viento Convencional	Velocidad min : 0,3 m/s Longitud del cable: 10m Temp max de servicio: -30...80°C Velocidad del viento: Rango de medición: 0,3...60 m/s Dirección del viento Rango de medición: 0...360°
Sensor de Presión Atmosférica	Rango de medición 600 - 1060 hPa Energía aux. : 10-30 VDC Precisión : + 0,3 hPa Linealidad : + 0,25 hPa Resolución : 0,1 hPa Histéresis : + 0,03 hPa Salida : 0...5 V Temperatura ambiente : -40° C+ 60 ° C

Boyas de oleaje direccional

Las boyas de oleaje direccional, son instrumentos de alta tecnología, que han sido desarrolladas por la firma canadiense Axys Technologies, www.axystechnologies.com, en colaboración con el CHC (Canadian Hydraulics Centre) del National Research Council of Canadian.

Los equipos se componen de un sensor de oleaje compuesto de tres acelerómetros, tres sensores angulares y un compás, para el almacenamiento de los datos un procesador

datalogger y finalmente un sensor de temperatura del mar. A las boyas de oleaje se les puede adicionar un correntómetro.

Su configuración estructural, permite su estabilidad, ya que las baterías recargables se encuentran al fondo del casco. Figura 3.

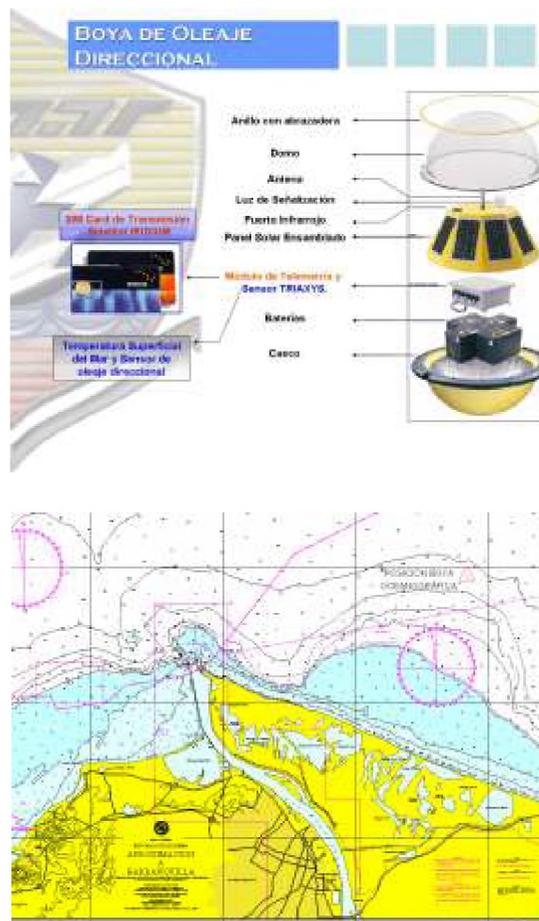


Figura 3. Composición estructural boya de oleaje direccional TRIAXYS, Punto de Fondeo al noreste de Tajamares de Bocas de Ceniza. Fuente: Presentación SMPOM www.dimar.mil.co.

Comunicación

La plataforma tecnológica implementada en la DIMAR, ha permitido tener la recepción de los datos meteorológicos y oceanográficos en tiempo real, utilizando tecnología satelital para la transmisión de datos.

El SMPOM usa, en su fase actual, tres diferentes sistemas satelitales que permiten la transmisión de los datos en tiempo cuasi-real, y hacer seguimiento permanente de las condiciones de operación de los equipos instalados en campo.

Los sistemas satelitales que se emplean son:

- GOES (Geostationary Operational Environmental Satellites) perteneciente a la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) NESDIS (National Environmental Satellite, Data, and Information Service).
- IRIDIUM: sistema satelital que permite la transmisión de datos oceanográficos en tiempo cuasi real.
- INMARSAT D+: Permite la transmisión de la ubicación de la boya, teniendo un vínculo Web que se actualiza de manera automática.

El sistema satelital Inmarsat D+ es empleado en caso de deriva de la boya, donde activa el módulo de posicionamiento, informando cada hora su posición.

PLATAFORMA RECEPCIÓN DE DATOS SATÉLITE GOES

El sistema satelital GOES, permite la obtención de datos meteorológicos, registrados en las Estaciones Meteorológicas Automáticas Satelitales, EMAS, mediante sensores de última tecnología, empleando una central de almacenamiento en campo llamada datalogger que luego es enviada al satélite mediante un transmisor GOES. Lo anterior se hace cumpliendo con los estándares fijados por la OMM (Organización Meteorológica Mundial), luego de la transmisión de los datos, el satélite envía la información a la Estación Terrena de Recepción Satelital GOES (DRGS) ubicada en DIMAR Bogotá y a una Estación de Recepción ubicada en la Isla Wallops en Virginia, Estados Unidos, siendo ésta última utilizada para el soporte y backup de las transmisiones realizadas en las últimas 72 horas.

Una vez es recibida la información en la DRGS, su función principal es la de hacer la decodificación de la señal para permitir al software 2MET, vía LAN automáticamente llevar los datos a la estación de trabajo HYDRAS3 que decodifica la información de las estaciones, las cuales están matriculadas con el código de la NOAA NESDIS. Figura 4.



Figura 4. Adquisición, recepción procesamiento y transmisión de la información meteorológica y Oceanográfica del SMPOM. Fuente: Presentación SMPOM www.dimar.mil.co

Una vez el centro de Investigación CIOH (Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas) y el CCCP (Centro Control Contaminación del Pacífico) tienen la información, desarrollan productos para la comunidad marítima nacional.

SISTEMA DRGS

El sistema DRGS (Direct Readout Ground Station) para controlar datos medioambientales, es un sistema complejo compuesto de cientos de estaciones de campo que captan los datos reales, los memorizan y después los transmiten vía satélite a la estación terrestre donde se reciben, se decodifican, se guardan los valores en una base de datos y se visualizan.

PLATAFORMA RECEPCIÓN DATOS SATÉLITE IRIDIUM

El sistema satelital Iridium permite la transmisión de datos oceanográficos en tiempo cuasi real, adquiridas por las Boyas de Oleaje Direccional, las cuales toman la información y almacenan en un datalogger, que posteriormente lo envía al módulo de transmisión Iridium, donde se encuentra programada una tarjeta Sim Card, a la que se le asignó un número Iridium para realizar la llamada y hacer la transferencia de los datos; el número donde se realiza la llamada corresponde a un teléfono fijo en DIMAR Bogotá para la transmisión de los datos. La llamada es recibida por un MODEM telefónico, encargado de enviar la información al software WaveView que decodifica el paquete de información y permite su visualización. Figura 4.

SOFTWARE WAVE VIEW

El software de oleaje direccional de TRIAXYS utiliza un algoritmo interactivo basado en análisis de Transformada de Fourier para resolver un juego de ecuaciones no lineales del movimiento de la boya en seis grados de libertad. Los seis grados de libertad están definidos por las señales de los tres (3) acelerómetros y los tres giroscopios (3).

Los ángulos de giro horizontal, rotación y desviación se miden igualmente como aceleraciones, desplazamientos y velocidades a partir de donde valores de sacudidas y oleaje son determinados. El uso de las velocidades de vibración de la boya en lugar de los ángulos de rotación y giro horizontal proveen una medición más precisa de la cinética del oleaje, la cual define la propagación de la ola. Así mismo, la boya recolecta datos de TSM, por medio de un sensor de temperatura modelo YSI 44203, tipo termistor, el cual provee un contacto térmico entre la boya y la superficie del océano.

La boya es capaz de monitorear su punto de fondeo a través del uso de GPS integrado el cual está configurado para trabajar de manera

complementaria con el algoritmo del círculo de control "Watchcircle". Lo anterior permite que transmisores secundarios sean activados para hincar mensajes de alerta a la estación base.

DESPLIEGUE DE LA INFORMACIÓN

En la actualidad, los datos son visualizados mediante la página de intranet de DIMAR, mediante la interfaz Web que se desarrollaron por los fabricantes y proveedores de los sistemas.

Los Centros de Investigación generarán productos, los cuales serán vistos mediante la Web SigDimar, lo cual permitirá mostrar la información en tiempo cuasi real a toda la comunidad marítima nacional e internacional. Así mismo, la información recopilada y analizada, se divulga a través de los diferentes boletines meteomarineros mensuales, tanto para el litoral Caribe colombiano, como para el litoral Pacífico respectivamente.

SOFTWARE HYDRAS3

El software de aplicación para hidrometría, meteorología y tecnología de medio ambiente HYDRAS3, permite administrar los datos obtenidos por las estaciones de campo, o plataformas recolectoras de una forma sencilla, práctica y didáctica para la comparación de parámetros estudiados, información estadística y acceso a la base de datos central ubicada en (Dimar Bogotá), que nos permite monitorear constantemente las variaciones espacio temporales de las principales variables atmosféricas que interactúan como moderadoras del clima, para realizar informes climatológicos, así como boletines especiales de alertas tempranas.

De igual forma, el software nos permite visualizar individualmente parámetro por parámetro y exportar datos en diferentes clases de archivos (Archivo de texto, Excel, Datos en bruto), en espacios de tiempo diarios, semanales, mensuales y anuales, logrando así, obtener una serie de tiempo constante, sobre la cual, y combinando varios parámetros, tales como Humedad relativa, Temperatura

ambiente, presión atmosférica etc, se logra obtener la caracterización general de la zona en donde se encuentran ubicadas las plataformas de recolección de datos (estaciones EMAS).

RESULTADOS, USO Y APLICACIÓN DE LOS SOFTWARE

Las ventajas de los software Hydras 3 y WaveView es; visualizar, configurar, transmitir, desplegar y publicar la información automáticamente, respondiendo de manera oportuna a los requerimientos de la comunidad en materia de meteorología marina, y oceanografía.

La exportación de la información a bases de datos, permite tener el histórico de la información, con lo cual se iniciaría con el registro de series de tiempo de los parámetros tomados en campo, siendo éstos últimos el fundamento de estudios posteriores de los comportamientos meteorológicos y oceanográficos.

El monitoreo de las condiciones de oleaje es nuevo en el país, sólo se han tenido módulos informáticos como el OLAS [1] para hacer aproximaciones del comportamiento que tendría el oleaje según datos obtenido de bases de datos internacionales por observaciones hechas en los buques es su tránsito por los mares. Con la toma de datos en tiempo real, se logrará tener en un futuro series de tiempo, que permitirán validar los datos que las bases de datos internacionales ofrecen.

Siendo diferentes las ventajas que presentan los software, existe una gran oportunidad de utilizar los datos que llegan hora a hora, para alimentar modelos de predicción a corto y mediano plazo, los cuales podrán ser usados para mejorar las condiciones de seguridad. Por otra parte, existe la oportunidad de explotar la información para fines económicos y sociales. Particularmente, en la central de pronóstico del CIOH, se ha venido utilizando dicha información capturada por cada estación

meteorológica satelital, ubicada en la Isla de Providencia (archipiélago de San Andrés), Matuntugo (Turbo), y Coveñas (Sucre), con el fin de complementar la base climatológica del litoral Caribe Colombiano en general, la cual, sólo contaba en años anteriores con información procedente de estaciones meteorológicas automáticas Lambretch, cuya información se recuperaba mensualmente a través de unas tarjetas de memoria (memory cards), y datos obtenidos de la estación sinóptica de superficie ubicada en predios del CIOH en la isla de manzanillo, Escuela Naval de Cadetes Almirante Padilla, esta última, perteneciente a una red de estaciones sinópticas de superficie del IDEAM.

Discusión

En la parte operativa, cabe resaltar, la utilización de dicha información meteorológica (estaciones EMAS), indispensable para realizar los diferentes productos emitidos por la central de pronósticos, tales como el boletín meteomarina diario, así como el pronóstico operacional Armada Nacional (PRONARC). La información suministrada en tiempo cuasi real, de las condiciones atmosféricas presentes sobre gran parte del litoral Caribe colombiano, hacen posible simular acuerdo al método de la tendencia, las condiciones atmosféricas esperadas para un período de 24 horas [2], a futuro, se espera fortalecer los convenios de cooperación Inter. Institucionales entre la DIMAR y el IDEAM, con el fin de poder acceder a la data de estaciones satelitales ubicadas en áreas de ausencia de información, tales como Cuenca del Magdalena, el oriente del País, el sur del País, lugares en donde la infantería de marina posee bases y ejerce soberanía, convirtiéndose estas, en puntos neurálgicos para el despliegue de operaciones militares, las cuales se pueden optimizar con el otorgamiento de información meteorológica actualizada y veras.

Así mismo, para desarrollar un soporte eficaz, se optimizará un procedimiento de recopilación, organización y digitación de todos los datos históricos correspondientes a las observaciones realizadas, las cuales actualmente se encuentran, tanto en el servidor principal de Dimar (sede central), así como en cada uno de los centros (CIOH y CCCP). Los resultados del tratamiento estadístico, serán la base principal de la información climatológica de áreas específicas para consulta, por ejemplo, a la fecha, se tiene una base de datos de 12 meses, iniciando desde el mes de Enero de 2006 para las estaciones de Matutugo y Coveñas respectivamente. Así mismo, para la estación ubicada en Isla Providencia, se lleva recolectado un banco de datos de 11 meses, debido a que la estación comenzó su transmisión desde el mes de febrero de 2006 aproximadamente.

En cuanto al sistema de boyas oceanográficas direccionales, en la actualidad se tiene para el litoral Caribe colombiano, un mes de datos disponibles a partir del 23 de marzo y hasta el 19 de abril de 2006, debido a interrupción en el sistema de comunicación por robo del instrumento. Situación similar se presentó en Tumaco, por lo que la serie de tiempo durante el transcurso del 2006, ha sido del 40% aproximadamente. Así mismo, a principios del 2007, se llevó a cabo la instalación de la boya de oleaje nuevamente, por lo que se espera continuar complementando el banco de datos.

Así mismo, se espera optimizar aun más, la red de alertas tempranas, ante el posible embate de fenómenos océano atmosféricos de escala sinóptica, es decir, para la costa Caribe colombiana, el tránsito de frentes fríos, Ciclones tropicales, Ondas del este etc. y para el litoral Pacífico Colombiano, la ocurrencia de lluvias convectivas.

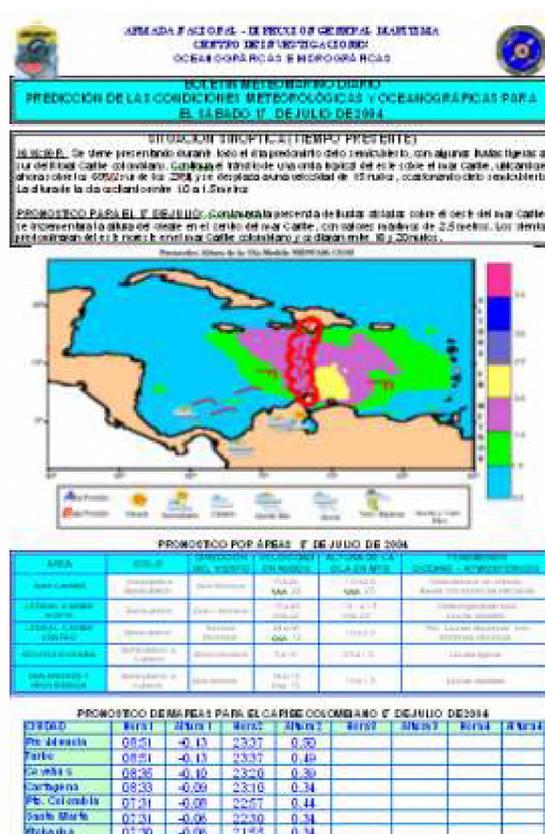


Figura 5. Boletín Meteomarino Diario.

A continuación, se presentarán algunos resultados obtenidos durante el año 2006, como muestra fehaciente, de la eficiente operabilidad de cada estación y de la boya de oleaje direccional, con sus respectivos sensores y análisis correspondientes, los cuales, coadyuvan a la realización y divulgación del boletín meteomarino mensual del Caribe colombiano, como parte fundamental del estudio climatológico del área Caribe. El desarrollo constante, de dicho trabajo, es una herramienta fundamental para realizar la identificación del ciclo diurno sobre cada región en donde se encuentran tanto las EMAS. Gracias al análisis de diferentes parámetros tales como: Humedad relativa Precipitación Radiación solar Temperatura ambiente Presión atmosférica - Dirección y velocidad del viento.

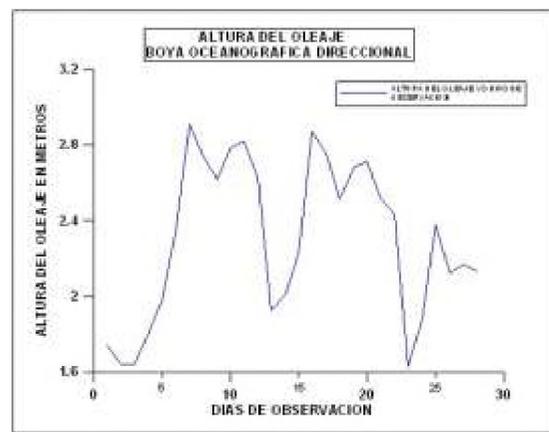
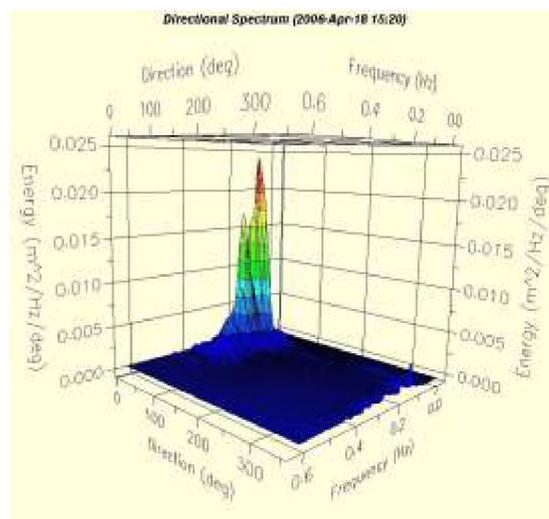
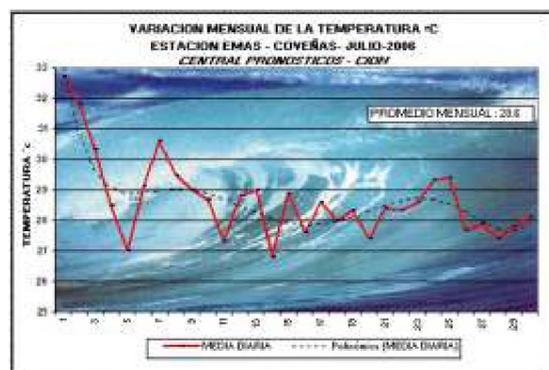
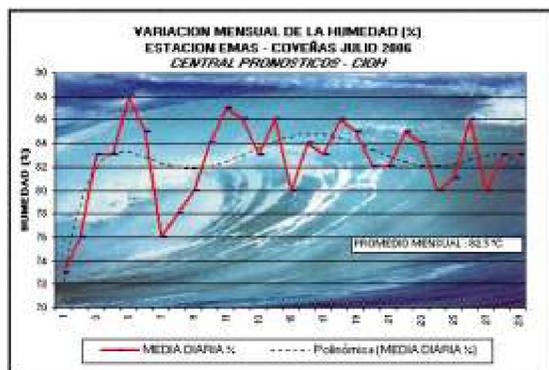


Figura 6. Gráficas de los diferentes parámetros meteorológicos, arrojados por las estaciones EMAS y analizados bajo paquete estadístico.

Figura 7. Gráfica en 3D de la distribución de frecuencia y dirección del oleaje ofrecidas por el sistema Waveview, así como una grafica realizada en formato Grapher, con la media aritmética de la altura del oleaje direccional presentada durante el mes de marzo y abril de 2006.

Recomendación

En el ámbito Naval - Militar, la información oceanográfica y meteorológica ha sido un factor fundamental dentro de los elementos básicos relativos al conocimiento del tiempo como requerimiento de inteligencia técnica para las unidades Navales y de Infantería de Marina en el desarrollo de operaciones tácticas y estratégicas, operaciones conjuntas (UNITAS, SIERRA 3, PANAMAX) los cruceros del “ARC” GLORIA, las operaciones BYR, los patrullajes de las Fragatas Misileras y unidades de Guardacostas, los ejercicios navales con participación de buques de superficie, submarinos y unidades aéreas, etc, se han desarrollado con apoyo de la información climática suministrada, tanto por el CIOH, como el CCCP, lo cual fortalece y consolida la participación real y materializada de los centros, dentro del cumplimiento de la misión institucional de la Dirección general Marítima. Es por eso, que es realmente importante continuar alimentando el Sistema de Pronósticos Oceánicos y Meteorológicos, con nuevas estaciones meteorológicas automáticas satelitales (EMAS), así como, continuar desplegando Boyas oceanográficas direccionales, en la medida de las posibilidades, sobre cada puerto del litoral Caribe y Pacífico Colombiano, con el fin, de continuar a la vanguardia, en cuanto a seguridad marítima y protección del medio ambiente marino se trata.

Referencias bibliográficas

[1] Tejada C. Desarrollo de un módulo informático para el manejo de datos de oleaje visual para las aguas jurisdiccionales colombianas. Boletín Científico CCCP 2003; (9)88-89.

[2] Lonin S, Anduckia J, Parra C, Molares R. Sistema de Pronóstico de las Condiciones Oceanográficas del Mar Caribe para Operaciones Navales. Boletín Científico CIOH No. 21, 2003. p. 8-27.