

GRUPO EMPRESARIAL GEOCUBA

EMPRESA GEOCUBA GEODESIA



IV CONGRESO AGRIMENSURA 2013

TÍTULO: MODERNIZACIÓN DE LA RED MAREOGRÁFICA NACIONAL

Autores: Yudit Ríos Ortega y Orlando Marzo Lobaina .

**La Habana
2013**

MODERNIZACIÓN DE LA RED MAREOGRÁFICA NACIONAL.

Autores: Orlando Marzo Lobaina y Yudit Ríos Ortega.

Empresa GEOCUBA Geodesia, calle 39 entre Loma y Colón, Nuevo Vedado, Plaza de la Revolución, La Habana, Cuba. Teléfono: 882 04 44. E-mail: marzo@geodesia.geocuba.cu, yrios@geodesia.geocuba.cu

RESUMEN

El trabajo fue elaborado con el objetivo de exponer los resultados alcanzados en la modernización de la Red Mareográfica Nacional (RMN) mediante la implementación de nuevas tecnologías para el monitoreo de las variaciones que experimenta el nivel del mar en Cuba y la proyección de los circuitos mareográficos adscriptos a cada estación mareográfica, acorde a las exigencias del Servicio Permanente del Nivel del Mar (PSMSL). La incorporación de sensores de presión de fondo DST-22 y sensores de radar SEBAPULS 15 acoplados a diferentes dataloggers de fabricación alemana permitieron modernizar 9 estaciones mareográficas, facilitando la obtención de datos de forma digital y logrando una mayor eficiencia en la transmisión de los datos hasta el Grupo de Marea, cabecera de la RMN. Se define además el establecimiento de monumentos de referencia medidos con nivelación geométrica de I o II Orden y con GPS.

INTRODUCCIÓN

Las mediciones del nivel del mar se iniciaron con la historia misma de la asimilación de los recursos marinos en la zona costera y su poblamiento por la humanidad. La época de las mediciones instrumentales comenzó aproximadamente 200 años atrás con la paulatina creación de redes de puestos de marea o estaciones mareográficas por estados y naciones de intenso desarrollo marítimo. Estos trabajos constituyeron los primeros pasos para el desarrollo de la actividad mareográfica y han permitido la recopilación de largas series de datos sobre las variaciones del nivel del mar.

En la actualidad, la actividad mareográfica es la base de servicios de alto valor agregado (servicios hidrográficos, geodésicos, ayuda a la navegación, etc.) y de investigaciones científicas indispensables para el ordenamiento ambiental, la reducción del riesgo y la adaptación al Cambio Climático. Asegura, además, las actividades socio – económicas en la zona marino costera, sobre todo la actividad marítimo – portuaria. Provee una parte indispensable de los datos y la información para la cartografía de las zonas emergidas y sumergidas.

Las primeras mediciones del nivel del mar se realizaron con lecturas directas de reglas de mareas ubicadas en los puertos. Posteriormente, el francés Palmer diseñó el primer mareógrafo, que registraba de forma permanente las variaciones del nivel del mar por el principio de flotador y contrapeso (G. Díaz, 1999). El uso de este instrumento se hizo extensivo a nivel mundial hasta la actualidad. Las principales dificultades de esta tecnología radican en:

- Necesidad de construcciones ingenieras para la correcta medición y protección del instrumento.
- Al ser instalaciones costeras, deben tenerse en cuenta una serie de requisitos en su instalación para la correcta medición del nivel del mar, entre los que se encuentra la selección de lugares donde se puedan registrar los mayores rangos de marea.
- Altos costos de construcción y mantenimiento.
- Muy vulnerables a la acción del oleaje en condiciones extremas, al punto que en ocasiones deben ser retiradas del servicio.
- Su registro es de forma gráfica, lo que conlleva a engorrosos trabajos de procesamiento y por ende aumenta la posibilidad de errores humanos.
- Demoras en la obtención de los datos medidos.

Para fines del siglo XX, con el desarrollo de la electrónica y la computación, se diseñan nuevas tecnologías que posibilitan perfeccionar los instrumentos de flotador y contrapeso y paralelamente se diseñan diferentes sensores de medición del nivel del mar (presión, radar, acústico y otros) que se han sido muy acogidos a nivel mundial por las facilidades que brindan como por ejemplo:

- Registro de los datos en formato digital, lo que elimina los errores de procesamiento.
- Posibilidad de transmisión de los datos desde los sitios de medición hasta los centros colectores.
- Fácil instalación.
- Intervalos cortos de mediciones entre un dato y otro (pueden programarse desde días hasta segundos).
- Muchos sensores, como los de presión, pueden ser instalados en cualquier sitio, y trabajar en condiciones extremas.

No obstante, el desarrollo de los sensores de nivel del mar, no significa la desaparición de los mareógrafos de flotador y contrapeso, estos últimos se han ido perfeccionando de forma tal, que se le han acoplado dataloggers que permiten el almacenamiento de los datos en formato digital y su transmisión a los centros colectores.

El Servicio Permanente del Nivel del Mar (PSMSL, por sus siglas en inglés) recomienda la modernización de las redes mareográficas que poseen solo estaciones de flotador y contrapeso, con tecnologías que permitan la adquisición y transmisión de datos de forma electrónica, aunque no se deben retirar los mareógrafos de flotador y contrapeso, pues estos deben emplearse para realizar comparaciones por períodos no inferiores a los diez años, además, el registro gráfico puede emplearse como una información auxiliar. De esta forma, muchos países que modernizaron sus redes a partir de finales de la década de los 90, como los Estados Unidos y el Reino Unido, mantienen en funcionamiento los instrumentos de flotador y contrapeso (IOC, 2006).

En Cuba, las primeras observaciones sistemáticas de marea se realizaron entre los años 1947 y 1956 por el Servicio Geodésico Interamericano (SGI) con el objetivo de establecer la Red de Nivelación de I Orden del país, pero las series mareográficas quedaron en poder del SGI al producirse el triunfo de la Revolución Cubana en 1959.

A finales de 1965 se instaló un mareógrafo en el Instituto de Oceanología (IDO) con el nombre de Siboney y entre el 1969 y 1970 se instalaron equipos en 5 casetas abandonadas por el Servicio Geodésico Interamericano (Cabo de San Antonio, Batabanó, Casablanca, Gibara y Casilda).

De esta forma se establecieron las primeras estaciones mareográficas que formarían la actual Red Mareográfica Nacional (RMN). En el marco de la Primera Expedición Oceanográfica Especial Cubano – Soviética (1970 – 1972) se instalaron alrededor de 50 estaciones provisionales como apoyo a los levantamientos hidrográficos, las cuales funcionaron, en su mayoría, por períodos de 2 a 3 meses. Al concluir la misma quedaron funcionando de manera permanente 10 mareógrafos en las localidades de Cabo de San Antonio, Siboney, La Isabela, Gibara, Baracoa, Maisí, Cabo Cruz, Manzanillo, Casilda y Carapachibey, quedando la atención de las mismas bajo el Instituto de Oceanología (A. Acanda y O. Marzo, 2010).

A comienzos del año 1989 se efectuó, por decisión de gobierno, el traslado del Laboratorio de Mareas del Instituto de Oceanología hacia el Instituto Cubano de Hidrografía (ICH), donde la Red Mareográfica Nacional trabajó, se fortaleció y se desarrolló hasta el punto de llegar a contar con 17 estaciones mareográficas cuya información se consolidó y preservó por un Grupo de Marea preparado adecuadamente para esta función.

Al formarse en el año 1995 el Grupo Empresarial GEOCUBA y desaparecer el Instituto Cubano de Hidrografía, el grupo cabecera que dirigía metodológicamente la actividad mareográfica, quedó dentro de una de sus empresas y las estaciones pasaron a ser atendidas directamente en los territorios, dirigiendo por su reglamento orgánico la política de desarrollo de esta actividad la otrora Dirección de Hidrografía y Geodesia, actual Oficina Nacional de Hidrografía y Geodesia (ONHG).

Durante este período (1965 a 1995), la RMN se consolidó, llegando a contar con un personal altamente calificado, uno de los cuales participó en un curso de 21 días de entrenamiento en el Servicio Permanente del Nivel del Mar (PSMSL), sito en el Laboratorio de Proudman, en el Reino Unido. Se implementó el cálculo automatizado de las constantes de marea y se inició en 1974 la publicación ininterrumpida, hasta la actualidad, de las “Tablas de Marea de las Costas de Cuba (P-5101)” (figura 1).

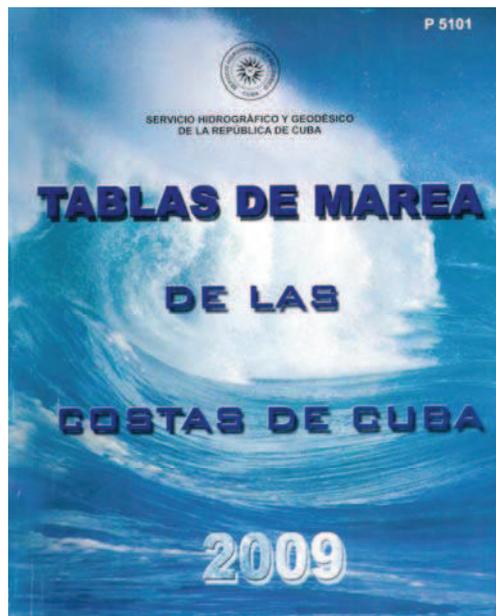


Figura 1: Portada de las “Tablas de Marea de las Costas Cubanas” (P-5101) correspondiente a la edición del 2009. Esta publicación se realiza de forma ininterrumpida desde el 1974.

El instrumental empleado en este período estuvo compuesto por mareógrafos mecánicos de flotador y contrapeso, de procedencia alemana y soviética, los OTT, con registros diarios a velocidad de 16 mm/hora y la gran mayoría, GR-38, con régimen semanal a 2 mm/hora.

A partir de la década de los 90, la Oficina Nacional de Hidrografía y Geodesia (ONHG) inició un Programa de Perfeccionamiento de la Red Mareográfica Nacional, que propició la adquisición, hasta la actualidad, de 27 mareógrafos de flotador y contrapeso del tipo DELTA, fabricados por la firma SEBA Hydrometrie (figura 2) y los insumos necesarios para su puesta en marcha y trabajo diario, lo cual provocó el completamiento y homogenización con esta tecnología.

Estos instrumentos trabajan a velocidades de 2, 5, 10 y 20 mm/hora. Los primeros 15 DELTA adquiridos poseen un reloj mecánico cuya cuerda les da una autonomía de 15 días, pero los restantes poseen relojes de cuarzo con baterías que brindan autonomía de 12 meses.

A pesar de esta nueva adquisición, se continuaba trabajando con mareógrafos de flotador y contrapeso que poseen las limitaciones antes mencionadas y que no garantizan la operatividad requerida en cuanto a la obtención de los datos con rapidez.



Figura 2: Mareógrafo DELTA de fabricación alemana instalado en las estaciones de la Red Mareográfica Nacional.

Por esta razón se decidió, a finales del 2010, llevar a cabo la modernización de la RMN teniendo en cuenta las recomendaciones del PSMSL en su Manual 14, volumen IV del 2006 y contando con el apoyo de diversas instituciones y organismos interesados en llevar a feliz término este proceso, entre los que se encuentran la ONHG, el Grupo Empresarial GEOCUBA, la Agencia de Medioambiente (AMA) y el IDO. El cumplimiento de este objetivo se lleva a cabo de forma paulatina, pues depende de la disponibilidad de los recursos necesarios.

Por lo antes expuesto, se elabora el presente documento, en el cual se describen, de forma general, los trabajos realizados y resultados alcanzados hasta la fecha en cuanto a la modernización de la RMN. Se detallan las características de los sensores incorporados, la cantidad de estaciones digitalizadas, y se exponen las metas a alcanzar.

Debe tenerse en cuenta que el perfeccionamiento de la RMN responde a las exigencias del actual escenario, en el cual tienen un significativo impacto el aumento del riesgo por amenazas del Cambio Climático y los eventos hidrometeorológicos extremos, los cuales están reflejados en las nuevas misiones del Estado.

Este perfeccionamiento supone un proceso de complementación de las estaciones actuales, el cual está dirigido a la digitalización de los mareógrafos existentes con la finalidad de disminuir el tiempo de recepción de los datos, aumentar la calidad de los mismos y reducir costos, así como la incorporación de nuevas tecnologías como los sensores de presión de fondo en aquellas localidades de mayor impacto de los eventos peligrosos y la transmisión en tiempo real de algunas de las principales estaciones.

OBJETIVO

Exponer los resultados alcanzados en el proceso de modernización de la Red Mareográfica Nacional.

TRABAJOS PROYECTADOS PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA RED MAREOGRÁFICA NACIONAL.

El objetivo fundamental de la Red Mareográfica Nacional, desde su creación hasta la fecha, es garantizar las mediciones permanentes y temporales del nivel del mar y el procesamiento primario de las mismas con la calidad necesaria. En la actualidad, esta información es la base para acometer las siguientes tareas:

- Establecimiento de planos de referencia con usos diversos;
- Estudios de las variaciones del nivel del mar en toda la escala temporal;
- Cálculo y pronóstico de marea en las costas de Cuba;
- Otros servicios con base a la información mareográfica;
- Seguridad a la navegación;
- Conformar sistemas de alerta temprana ante eventos peligrosos.

A lo antes expuesto, se suma la necesidad de completar y mejorar el servicio mareográfico y contar con información de gran utilidad para proyectos que se están desarrollando a nivel nacional como son: "Macroproyecto Escenarios de Peligro y Vulnerabilidad de la Zona Costera Asociado al Cambio Climático para los años 2050 y 2100", dirigido por el CITMA, y el proyecto "Modernización de la Red Geodésica Nacional", en el cual GEOCUBA juega un papel fundamental.

La Oficina Nacional de Hidrografía y Geodesia (ONHG), GEOCUBA e instituciones como el Instituto de Oceanología (IDO) y la Agencia de Medioambiente (AMA) fueron los que dieron inicio al proceso de modernización de la RMN. El financiamiento inicial fue adquirido a través del Macroproyecto y del Proyecto "Red Mareográfica Nacional".

El proyecto de modernización se presentó en el año 2010, y las inversiones iniciales se realizaron en el 2011, permitiendo adquirir entre 2011 y 2012 los medios necesarios para la digitalización de las estaciones mareográficas.

El proyecto tuvo en cuenta las recomendaciones del PSMSL respecto a la modernización de redes mareográficas, estas son:

1. Modernizar las estaciones existentes mediante la instalación de sistemas electrónicos de adquisición y transmisión de datos. Los mareogramas no deben ser el principal sistema de registro, aunque si se deben emplear como información auxiliar.
2. Analizar la posibilidad de ubicar los sensores de presión dentro de pozos. Sobre todo en estaciones que aportan datos al Sistema Mundial de Observación del Nivel del Mar (GLOSS, por sus siglas en inglés).

Posiblemente la ubicación de sensores de radar sobre los pozos sea la mejor opción.

3. Considerar la posibilidad de ubicar los sensores (acústicos, de radar, de presión) al lado de las estaciones de flotador y contrapeso para mantener ambas operacionales y facilitar la inter-comparación por largos períodos (si es posible una década)

Se establecieron tres etapas fundamentales de ejecución del proyecto. En las dos primeras se agrupan las acciones imprescindibles para el perfeccionamiento y en la tercera las acciones necesarias para completar el mismo:

Etapas I: Digitalización de las estaciones existentes que funcionan por el sistema de flotador y contrapeso.

Esta etapa comprende la digitalización de las 11 estaciones mareográficas que se encontraban en funcionamiento (Ver figura 3), realizando la transmisión de los datos de forma diferida.

Esto garantiza la obtención de datos digitales de las variaciones del nivel del mar aunque no tendrá una cobertura completa de los eventos hidrometeorológicos extremos en los sectores costeros correspondientes a las plataformas sur occidental y sur oriental.

La obtención de datos en tiempo real solo es factible en aquellas estaciones ubicadas dentro de instalaciones de GEOCUBA, ya que es posible la conexión directa a computadoras.

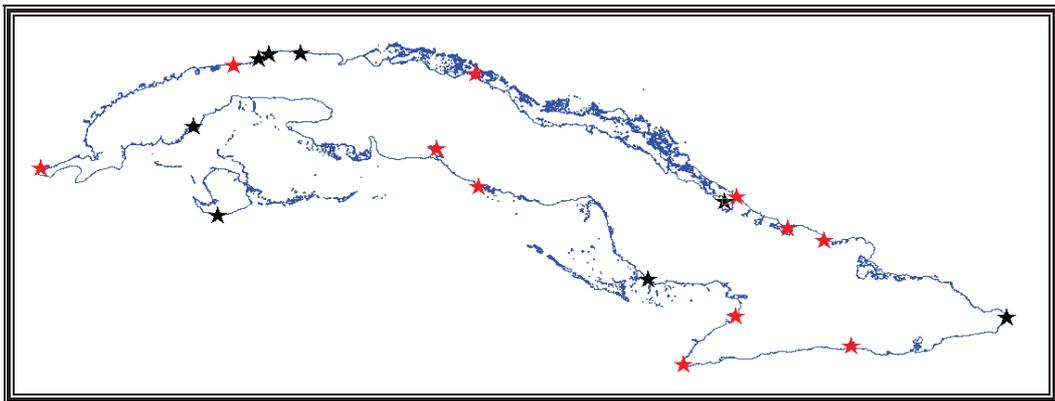


Figura 3: Estaciones que componen la RMN. Las que aparecen en color rojo son las que están activas y las que se digitalizan en la primera etapa. Las de color negro se encuentran fuera de servicio.

En esta etapa se prevé además la caracterización geológica de las zonas donde se ubican las estaciones mareográficas para futuros análisis de movimientos de la corteza terrestre.

Etapa II: Abarca la instalación de sensores en localidades que suelen presentar fuertes variaciones del nivel del mar durante eventos hidrometeorológicos extremos.

Se planifica la reincorpora de estaciones mareográficas que se encuentran fuera de servicio mediante la instalación de sensores de presión de fondo. Generalmente son localidades de máxima importancia para los estudios de variabilidad climática del nivel del mar (anomalías) y tendencia del nivel medio del mar a largo plazo.

Aquí se prevé la implementación de mediciones con GPS en los puntos que componen los circuitos mareográficos, la ejecución de ciclos de nivelación de enlace entre las chapas principales de cada circuito con puntos de la Red Nacional de Nivelación que se encuentren a distancias de 10 Km como mínimo.

Además debe elevarse el orden de precisión de los ciclos de nivelación de todos los circuitos mareográficos a I o II Orden.

En la **Etapa III** se proyecta la complementación del sistema, garantizando la transmisión de datos en tiempo real desde las estaciones mareográficas hasta el centro de procesamiento ubicado en el Grupo de Marea.

En esta etapa deben extenderse la cantidad de estaciones mareográficas a un total de 25.

RESULTADOS

Hasta la fecha se completó la **Etapa I** del proyecto y se está trabajando en la ejecución de la **Etapa II**. Resulta imprescindible en estos momentos lograr las fuentes de financiamiento necesario para concluir esta segunda etapa y ejecutar la **Etapa III**.

Como parte de la Etapa I se adquirieron los medios que se ilustran en la tabla 1. Estos sensores fueron adquiridos con la firma alemana SEBA Hydrometrie.

Tabla 1: Relación de medios adquiridos para iniciar la modernización de la Red Mareográfica Nacional.

No	Dispositivo	Cantidad	Exactitud
1	Datalogger surfboat 2	5	+/- 1 min/mes a 25 °C
2	Datalogger MDS-5 Light	8	+/- 1 min/mes a 25 °C
3	Sensor de Radar SEBAPULS 15	8	± 2 mm
4	Datalogger DSR	2	+/- 1 min/mes a 25 °C
5	Sensor de presión DST 22	2	≤ 0,1 % (Nivel) ≤ 0,1 °C (Temperatura)

Se llevó a cabo la modernización de 9 estaciones mareográficas, instalando indistintamente en cada una de ellas sensores de radar, presión o dataloggers Surffloat 2. Esto se muestra de forma detallada en la tabla 2 y en la figura 4.

Aquí también puede observarse que se reincorpora al servicio la estación de Bufaderos, ubicada en la bahía de Nuevitas. Aunque la estación de flotador y contrapeso se encuentra desactivada, en ella se instaló un sensor de radar.

De igual forma, entre los meses de Julio del 2013 a enero del 2014 deben incorporarse al servicio, mediante la instalación de sensores, otras 5 estaciones que se encontraban desactivadas, ellas son: Santa Cruz del Sur en Camaguey, Carapachibey en la Isla de la Juventud, Caleta de los franceses en la bahía de La Habana, La Coloma en Pinar del Río y Siboney en la capital. Esta última estación constituye la cabecera de la Red Mareográfica y se incorporará al servicio en el 2013 con un sensor de radar y flotador y contrapeso. En la actualidad en sus inmediaciones se encuentra instalado un sensor de presión perteneciente el IDO y cuyos datos se tributan a la RMN.

Los tipos de sensores instalados en cada estación mareográfica se muestran en la tabla 2 y en la figura 4.

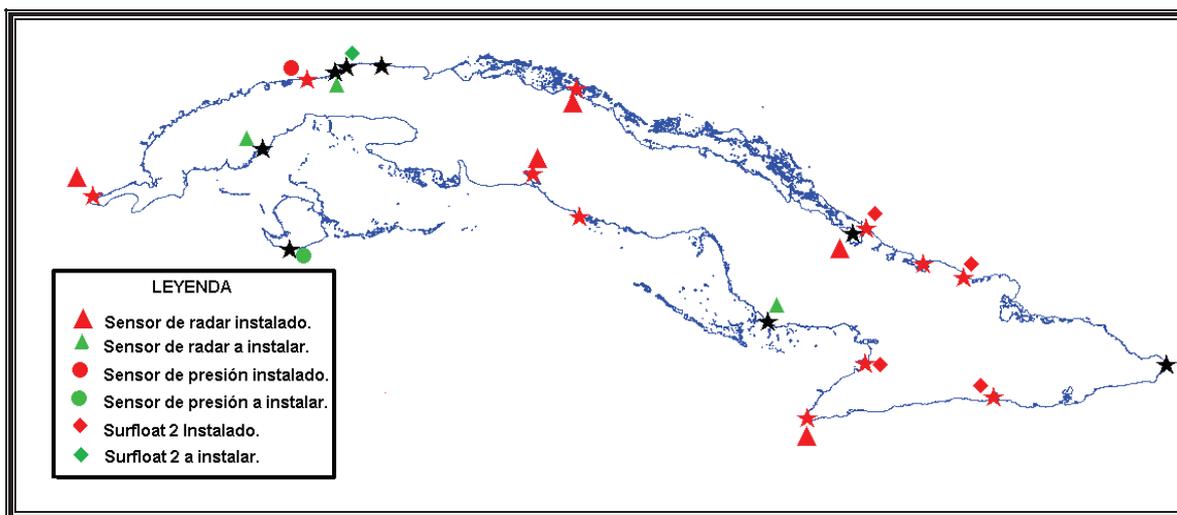


Figura 2: Esquema de ubicación actual de las estaciones que componen la RMN y los tipos de sensores instalados. Los símbolos de estrellas corresponden a los mareógrafos de flotador y contrapeso, los de color negro se encuentran fuera de servicio en la actualidad.

Solamente quedan sin digitalizar las estaciones de Puerto Padre y Casilda debido a las dificultades para la descarga y transmisión de los datos, pues se ubican en lugares donde no existen posibilidades de conexión por cable a computadoras o descarga mediante Laptop.

De las 10 estaciones digitalizadas hasta la fecha, los datos de Isabela, Bufadero y Cayo Loco son descargados mediante cables de forma directa a computadora, lo que

posibilita su obtención diaria con intervalos de mediciones cada 6 minutos. Las restantes: Los Morros, Mariel, Gibara, Punta Prácticos, Manzanillo, Cabo Cruz y Santiago de Cuba se obtienen de forma diferida mediante descargas a Laptop cuando se visita la estación. Estas también registran los datos con intervalos de 6 minutos.

Tabla 2: Listado de estaciones que componen la RMN, tecnología instalada y fecha de instalación.

No	Estación Mareográfica	Dispositivo	Fecha instalación
1	Los Morros, Pinar del Río	Sensor de radar y Flotador y contrapeso	Septiembre 2012
2	Mariel, Artemisa	Sensor de presión y Flotador y contrapeso	Septiembre 2012
3	Isabela, Villa Clara	Sensor de radar y Flotador y contrapeso	Enero 2013
4	Bufaderos, Camaguey	Sensor de radar	Enero 2013
5	Punta Prácticos, Camaguey.	Datalogger Surffloat 2 y Flotador y contrapeso	Enero 2013
6	Puerto Padre, Las Tunas	Flotador y contrapeso	1992
7	Gibara, Holguín	Datalogger Surffloat 2 y Flotador y contrapeso	Enero 2013
8	Santiago de Cuba	Datalogger Surffloat 2 y Flotador y contrapeso	Enero 2013
9	Cabo Cruz, Granma	Datalogger Surffloat 2 y Flotador y contrapeso	Enero 2013
10	Manzanillo, Granma	Sensor de radar y Flotador y contrapeso	Enero 2013
11	Casilda Sancti Spíritus	Flotador y contrapeso	1972
12	Cayo Loco, Cienfuegos	Sensor de radar y Flotador y contrapeso	Enero 2013
13	Siboney, La Habana*	Sensor de radar y Flotador y contrapeso	Diciembre 2013
14	Caletas, La habana*	Datalogger Surffloat 2 y Flotador y contrapeso	Agosto 2013
15	Santa Cruz del Sur, Camaguey*	Sensor de radar y Flotador y contrapeso	Agosto 2013
16	Carapachibey, Isla de la Juventud*	Sensor de presión y Flotador y contrapeso	Septiembre 2013
17	La Coloma, Pinar del Río*	Sensor de radar y Flotador y contrapeso	Enero 2014

* Estaciones inactivas que se deben instalar entre julio 2013 a enero 2014.

Como puede observarse, la ejecución de esta primera etapa permite digitalizar 9 de las 11 estaciones que estaban en funcionamiento, así como reincorporar al servicio 5 estaciones más mediante la instalación de sensores, que conjuntamente con las dos de flotador y contrapeso que no se modernizan, hacen un total de 17 estaciones activas en enero del 2014.

Otras tareas ejecutadas en la I etapa son las siguientes:

- Caracterización geológica de las zonas donde se ubican las estaciones mareográficas, trabajo ejecutado en el segundo semestre del 2012 y que será de gran utilidad para la proyección y modernización de los circuitos mareográficos.
- Curso de asimilación de las nuevas tecnologías, impartido en el mes de septiembre del 2012 a todos los observadores y tecnólogos relacionados con las observaciones del nivel del mar. En el mismo se realizó un entrenamiento en la instalación de los sensores, la configuración de los mismos y la descarga de datos para su envío al Grupo de Marea.
- Creación de una metodología para la operación, correcta instalación y descarga de datos.

En estos momentos se realizan las acciones necesarias (búsqueda de fuentes de financiamiento) para continuar con la Etapa II de la modernización, específicamente los trabajos en los circuitos mareográficos que incluyen:

1. Implementar las mediciones con GPS en las chapas de trabajo de cada circuito mareográfico.
2. Ejecutar todos los ciclos de nivelación con I o II orden de precisión.
3. Realizar cada 3 años nivelaciones de enlace entre las chapas principales de cada circuito y puntos alejados a más de 10 Km del área. Esto, conjuntamente con el la caracterización geológica de cada circuito mareográfica, permitirá monitorear las zonas donde se ubica cada estación mareográfica desde el punto de vista de los movimientos de la corteza terrestre.

También se realizan las gestiones para adquirir los recursos que permitan la transmisión de los datos en tiempo real, sobretodo en aquellas estaciones ubicadas en zonas despobladas.

Anexo a este documento se muestran imágenes de los diferentes sensores adquiridos para la modernización de la RMN y su instalación en las diferentes estaciones mareográficas.

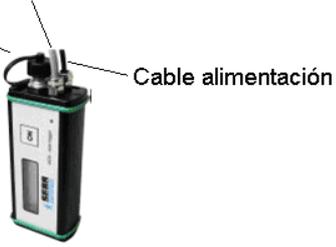
CONCLUSIONES

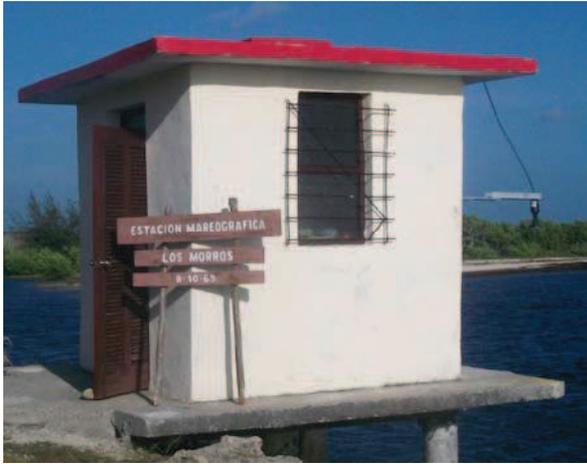
1. La digitalización de las estaciones que componen la RMN contribuye a elevar la calidad de los datos del nivel del mar observados en cada localidad, garantizando además una mayor operatividad mediante la transmisión en tiempo real o a través de la intranet nacional. Esto mejora el servicio mareográfico garantizando una mejor respuesta a las prioridades del Estado cubano.
2. La modernización de la RMN conllevará a que Cuba se inserte con más fuerza y completamiento, desde el puesto de vista científico, investigativo y de los servicios, en los programas regionales de alerta temprana y monitoreo del nivel del mar.
3. Con el cumplimiento de las dos primeras etapas, la RMN estará en condiciones de satisfacer las necesidades imprescindibles de las investigaciones y servicios que en la actualidad demanda el estado cubano.

BIBLIOGRAFÍA

1. Acanda Reyes, Angel y Orlando Marzo (2009): Estado actual del Servicio Mareográfico Nacional. 6 pgs.
2. Acanda Reyes, Angel, Marcelino Hernández y Orlando Marzo (2010): Propuesta de Perfeccionamiento de la Red de Monitoreo del Nivel del Mar. Cuba. 10 pgs.
3. Empresa GEOCUBA Geodesia (2004): Metodología para la Instalación y Mantenimiento de las Estaciones de la Red Mareográfica Nacional MET 30-34. Cuba. 42 pgs.
4. Empresa GEOCUBA Geodesia (2011): Archivo Red Mareográfica Nacional. IOC (1985): Manual on sea level measurement and interpretation. Vol.I: Basic Procedures. Manuals and Guides No. 14. 83 páginas.
5. IOC (1994): Manual on sea level measurement and interpretation. Vol. II: Emerging Technologies. Manuals and Guides No. 14. 72 páginas.
6. IOC (2006): Manual on sea level measurement and interpretation. Manual and Guides No. 14. . Vol. IV: An Update to 2006. 80 páginas.
7. Marzo Lobaina, Orlando (2011): Proyecto Modernización Red Mareográfica Nacional. Cuba. 12 pgs.
8. Marzo Lobaina, Orlando (2011): Proyecto sistematización de los circuitos mareográficos. Cuba. 18 pgs.
9. Pugh D.T. y Faull H.E. (1983): Tides, surges and mean sea level trends. págs. 59 a 69. In shore line protection (proceedings of a conference organized by the Institution of Civil Engineers. Southampton. London: Thomas Telford. 248 págs.
<http://www.pol.ac.uk/ntslf>

Anexo 1: Imágenes de estaciones mareográficas de la RMN modernizadas y de monumentos de partida de circuitos mareográficos para implementar las observaciones con GPS.

	
<p>Estación mareográfica Manzanillo con Surfloat 2 y mareógrafo DELTA.</p>	<p>Monumento de centración forzada estación Casilda, para mediciones con GPS y chapa principal del mareógrafo.</p>
	
<p>Sensor de radar instalado en la estación mareográfica La Isabela.</p>	<p>Estación mareográfica La Isabela con sensor de radar.</p>
 <p style="text-align: center;">Sensor de radar SEBAPULS 15</p>	 <p style="text-align: center;">Datalogger MDS-5 Light</p>



Estación Mareográfica Los Morros con sensor de Radar.



Monumento de centración forzada estación Los Morros, para mediciones con GPS y chapa de trabajo del mareógrafo.



Sensor de radar instalado en la estación mareográfica Bufaderos.



Estación mareográfica Gibara con Surfloat 2 y mareógrafo DELTA.



Sensor de presión DST-22 instalado en estación mareográfica Mariel.



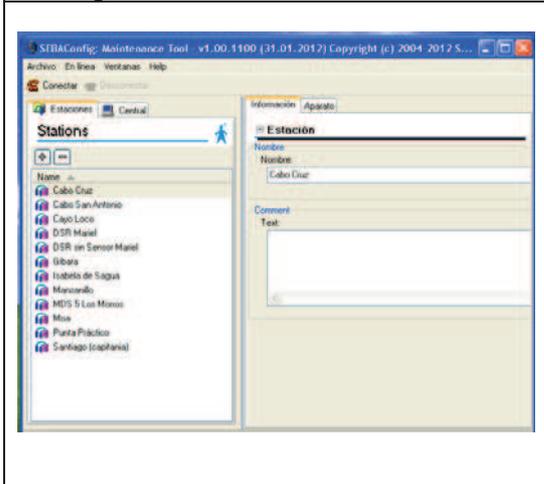
Estación mareográfica Mariel. Mareógrafo Flotador y Contrapeso.



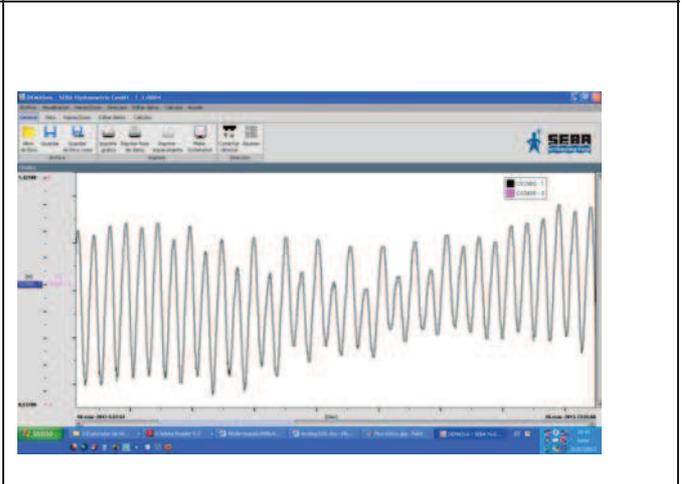
Sondas de contacto eléctricas KLL y KLL-Mini para el control de las estaciones mareográficas.



Datalogger DSR para la recepción de los datos medidos por el DST-22. Instalado en Mariel.



Software SEBAConfig para la descarga de datos



Software DEMASVis para el procesamiento de datos.