

GRUPO EMPRESARIAL GEOCUBA

EMPRESA GEOCUBA GEODESIA



IV CONGRESO AGRIMENSURA 2013

**TÍTULO: COMPARACIÓN DE MEDICIONES DEL NIVEL DEL MAR
OBTENIDAS CON SENSORES DIGITALES Y ESTACIONES DE
FLOTADOR Y CONTRAPESO.**

Autores: Yudit Ríos Ortega y Orlando Marzo Lobaina.

**La Habana
2013**

COMPARACIÓN DE MEDICIONES DEL NIVEL DEL MAR OBTENIDAS CON SENSORES DIGITALES Y ESTACIONES DE FLOTADOR Y CONTRAPESO.

Autores: Yudit Ríos Ortega y Orlando Marzo Lobaina

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

RESUMEN

El propósito de esta investigación fue comparar la exactitud de las mediciones del nivel del mar obtenidas por los diferentes sensores digitales adquiridos por la Red Mareográfica Nacional (RMN) y los datos de las estaciones de flotador y contrapeso ya existentes. La recopilación de datos obtenidos en 4 sitios costeros mediante sensores de presión DST-22, de radar SEBAPULS 15 y dataloggers SURFLOAT 2 se compararon con los registros de mareógrafos DELTA de flotador y contrapeso. Cada sensor fue instalado en el mismo sitio de observación que los mareógrafos DELTA, en unos casos dentro de los pozos de las estaciones existentes y en otros midiendo en el exterior de las estaciones. Los resultados alcanzados muestran que los sensores digitales instalados permiten alcanzar exactitudes similares los mareógrafos de flotador y contrapeso, siendo más eficiente el sensor de presión ubicado en el interior de pozos. Los sensores que se instalaron en el exterior de las estaciones mareográficas alcanzaron menor exactitud en las mediciones, pero registraron mayores valores extremos del nivel del mar que los registrados por los DELTA. Estas comparaciones permitieron validar la efectividad de los sensores adquiridos por la RMN aprovechando la existencia de pozos para el monitoreo de las variaciones que experimenta el nivel del mar y las bondades para el registro de valores extremos si se instalan de forma directa sin el empleo de tubos o pozos de mareógrafos. En el caso del Surf float la extensión y calidad de los datos no fue suficiente para poder comparar los resultados de las mediciones entre ambas tecnologías.

INTRODUCCIÓN

La recopilación, con carácter permanente e ininterrumpido, de las variaciones que experimenta el nivel del mar en las costas cubanas desde 1965 hasta la actualidad, es posible gracias a los trabajos desarrollados por la RMN.

Los datos obtenidos durante más de cuatro décadas han servido de base para la caracterización de la marea en las costas cubanas y el desarrollo de trabajos prácticos e investigativos, entre los que se encuentran: el cálculo de las Tablas de Marea, la determinación de los planos de referencia para la edición de las Cartas Náuticas de la plataforma cubana, la determinación de la tasa de ascenso del nivel medio del mar, el análisis estadístico de valores extremos, estudios geodinámicos e hidrográficos, entre otros. La confiabilidad de estos trabajos depende en gran medida de la calidad de los datos recolectados y ello a su vez del equipamiento y de la experiencia del operador.

En sus inicios las mediciones del nivel del mar se realizaron con lecturas directas de reglas de mareas ubicadas en los puertos hasta que el francés Palmer diseñó un instrumento que registraba de forma permanente las variaciones del nivel del mar (G. Díaz, 1999). El uso de este instrumento conocido como mareógrafo, se hizo extensivo a nivel mundial.

En sus inicios la RMN empleó 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.

En la década de los 90 la RMN homogeniza todas sus estaciones con mareógrafos de flotador y contrapeso, del tipo DELTA, de fabricación alemana. Estos instrumentos trabajan a velocidades de 2, 5, 10 y 20 mm/hora, algunos poseen un reloj mecánico cuya cuerda les da una autonomía de 15 días y otros poseen relojes de cuarzo con baterías que brindan autonomía de 12 meses.

A pesar de haber modernizado los mareógrafos de flotador y contrapeso, estos poseen limitaciones en cuanto a la adquisición de los datos en formato digital y su disponibilidad al usuario en períodos de tiempo relativamente cortos.

Estas limitaciones, sumadas 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, conllevan a un proceso de modernización de la RMN que incluyen la adquisición de nuevas tecnologías como son los sensores de presión y radar.

Para llevar a cabo este perfeccionamiento se tuvo en cuenta las recomendaciones de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) recogidas en su Manual 14, Vol IV, acápite 3.6. Básicamente consiste en mantener las estaciones existentes sumándoles sistemas que permitan obtener los datos en formato digital y su envío en tiempo real por períodos que permitan realizar comparación de tecnologías.

Los resultados alcanzados en la comparación de estas tecnologías se exponen a continuación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar la comparación se utilizaron los datos de 4 estaciones mareográficas distribuidas en diferentes sitios costeros: Mariel, Punta de Práctico, Cayo Loco e Isabela de Sagua. Cada estación cuenta con un mareógrafo de flotador y contrapeso del tipo DELTA y con sensores de presión DST-22, de radar SEBAPULS 15 o dataloggers SURFLOAT 2, en la Tabla 1 se muestran las estaciones escogidas y el período utilizado para la comparación, además del sensor instalado y el lugar específico de ubicación.

Como información primaria para la ejecución de este trabajo, se empleó la existente en el archivo de la RMN y que consiste en: mareogramas e información digital de los sensores de cada estación mareográfica.

Tabla 1: Período de registro por estaciones.

No.	Estación	Período de observación		Sensor Instalado	Ubicación
		Desde	Hasta		
1.	Cayo Loco	17/01/2013	27/02/2013	Sensor de Radar	Fuera del pozo
2.	Isabela de Sagua	1/02/2013	30/04/2013	Sensor de Radar	Fuera del pozo
3.	Punta de Práctico	1/02/2013	4/03/2013	Dataloggers	Dentro del pozo
4.	Mariel	1/01/2013	19/05/2013	Sensor de presión	Dentro del pozo

La cantidad de estaciones seleccionadas responde al hecho de contar con una muestra de los diferentes tipos de sensores instalados en la RMN y a la existencia de sus correspondientes registros gráficos del nivel del mar (mareogramas).

Para el correcto desarrollo de los trabajos se establecieron tres tareas fundamentales, ellas fueron: recopilación de la información, procesamiento de los datos y obtención de los gráficos de salida.

En los estudios se empleó la información de los sensores digitales con extensión .XLS con un intervalo de medición de 6 minutos. Para los mareógrafos DELTA se emplearon los datos horarios introducidos en el sistema "Marea", que pueden ser cargados en Microsoft Excel. Primeramente se seleccionó por estación el tramo a comparar, posteriormente se generaron tablas con los promedios diarios por estaciones a partir de los datos de alturas horarias del mareógrafo DELTA y de los sensores, así como los valores diarios promedios incluyendo todos

los datos medidos por cada sensor. Finalmente se confeccionaron gráficos comparativos a partir de los resultados alcanzados.

Todo los cálculos y comparaciones desarrollados se basaron en los análisis estadísticos de los datos medidos en cada estación con las diferentes tecnologías instaladas, estas comparaciones incluyen los valores promedios correspondientes al período y la curva de los niveles promedios diarios.

Durante la generación de cada una de las tablas se tuvo en cuenta que existiera un campo común entre ellas (fecha) para poder unir las posteriormente y facilitar el análisis de los datos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para seleccionar los datos a utilizar en el estudio, la información fue revisada minuciosamente descartando errores y pérdidas de datos en los registros, además de buscar coincidencia en el tiempo de los registros del mareógrafo DELTA y de los sensores. Se utilizaron tres series, una con los datos horarios medidas con el mareógrafo DELTA, una con los datos horarios medidos con el sensor (Sensor) y una tercera donde se utilizaron todos los datos medidos con el sensor (Prom Sensor), este último tiene la posibilidad de contar con varias mediciones en una hora (cada 6 minutos).

Con los datos obtenidos se confeccionaron los gráficos (Anexo 1) por estaciones donde se visualizan las diferencias de los valores promedios obtenidos a partir de las diferentes tecnologías. Además se confeccionó la Tabla 2 donde se muestran los valores promedios del período de registro correspondiente a cada estaciones por tecnologías.

Tabla 2: Valores promedios del período en cada estación por tecnologías.

No.	Estación	Sensor Instalado	DELTA (cm)	Sensor (cm)	Prom Sensor (cm)
1.	Cayo Loco	Sensor de Radar	160	160	160
2.	Isabela de Sagua	Sensor de Radar	67	65	65
3.	Punta de Práctico	Dataloggers	89	96	96
4.	Mariel Boca	Sensor de presión	72	72	72

En el análisis desarrollado pudo comprobarse que los valores promedios diarios medidos por los sensores son diferentes según el intervalo de medición tomado, o sea, el promedio obtenido a partir de valores horarios del sensor es diferente al obtenido con intervalo de medición de 6 minutos. No obstante existe similitud cuando se determina el valor promedio del período tal como se muestra en la Tabla 2.

Como puede observarse en esta tabla y en los gráficos del Anexo 2, la mayor exactitud en cuanto a los valores promedios del período corresponde a los sensores de presión instalados en interior de pozo, observándose una similitud total tanto en los valores promedios diarios y del período con respecto al DELTA. Esto está en correspondencia con las recomendaciones de la COI (IOC, 2006), por los resultados alcanzados, todo indica que esta variante es la mejor opción para aquellas estaciones con fines geodésicos y estaciones GLOSS (estaciones de la red mundial para la observación del nivel del mar).

Para el caso de los sensores de radar puede observarse que su exactitud varía en cada una de las estaciones existiendo una total similitud con respecto al DELTA en los promedios de la estación Cayo Loco y pequeñas diferencias en Isabela de Sagua. La diferencia esta relacionada con la ubicación geográfica de la estación, la primera en una bahía de bolsa protegida de la influencia de regímenes hidrometeorológicos y la segunda se ubica en un puerto con mayor exposición a los eventos meteorológicos. La medición con esta tecnología tiene una gran ventaja y es que permite registrar los valores extremos del nivel del mar incluyendo la

influencia de la componente no periódica, a diferencia de los DELTA que poseen un pozo que funciona como un filtro físico.

Teniendo en cuenta la exactitud de este tipo de sensor y las recomendaciones de la COI, para el caso de las estaciones GLOSS los sensores deben instalarse en el interior de pozos, pero para el monitoreo de los valores extremos y de la componente no periódicas del nivel del mar la mayor eficiencia se logra en el exterior de las estaciones mareográficas.

En el caso del Surflood instalado en interior de pozo en la estación Punta de Práctico comenzó a trabajar con gran exactitud, sin embargo a los trece días de funcionamiento se registra un aumento en los valores medidos respecto al DELTA (ver Anexo 1). Todo indica que esta diferencia se debe a errores en la operación del instrumento por parte del operador. Debido a la corta longitud de la serie no fue posible establecer una comparación con respecto al DELTA.

Teniendo en cuenta los gráficos mostrados en el Anexo 1 puede observarse que la tendencia de los valores promedios diarios es similar en cada estación. Para el caso del Mariel hay una total coincidencia entre las curvas debido a que ambas mediciones se realizan en interior de pozo.

Para el caso de las estaciones con sensores de radar se observan pequeñas diferencias debido a que los datos del DELTA son en interior de pozo y los de los sensores en el exterior con una marcada influencia de las componentes no periódicas del nivel del mar.

CONCLUSIONES

1. Los resultados alcanzados por los sensores de radar y presión instalados en la RMN permiten obtener exactitudes similares a las obtenidas por los mareógrafos de flotador y contrapeso, siendo más eficientes las instaladas en interiores de pozo, aunque las instaladas en exteriores son las ideales para los estudios de valores extremos del nivel del mar.
2. El proceso de modernización iniciado en la RMN responde a las exigencias y recomendaciones de la COI en su Manual 14 para aquellos países que pretendan realizar cambios de tecnologías.
3. El registro del nivel del mar con el empleo de sensores digitales a intervalos de tiempo de hasta 6 minutos permite registrar valores extremos que no se pueden visualizar con precisión en el registro del DELTA.

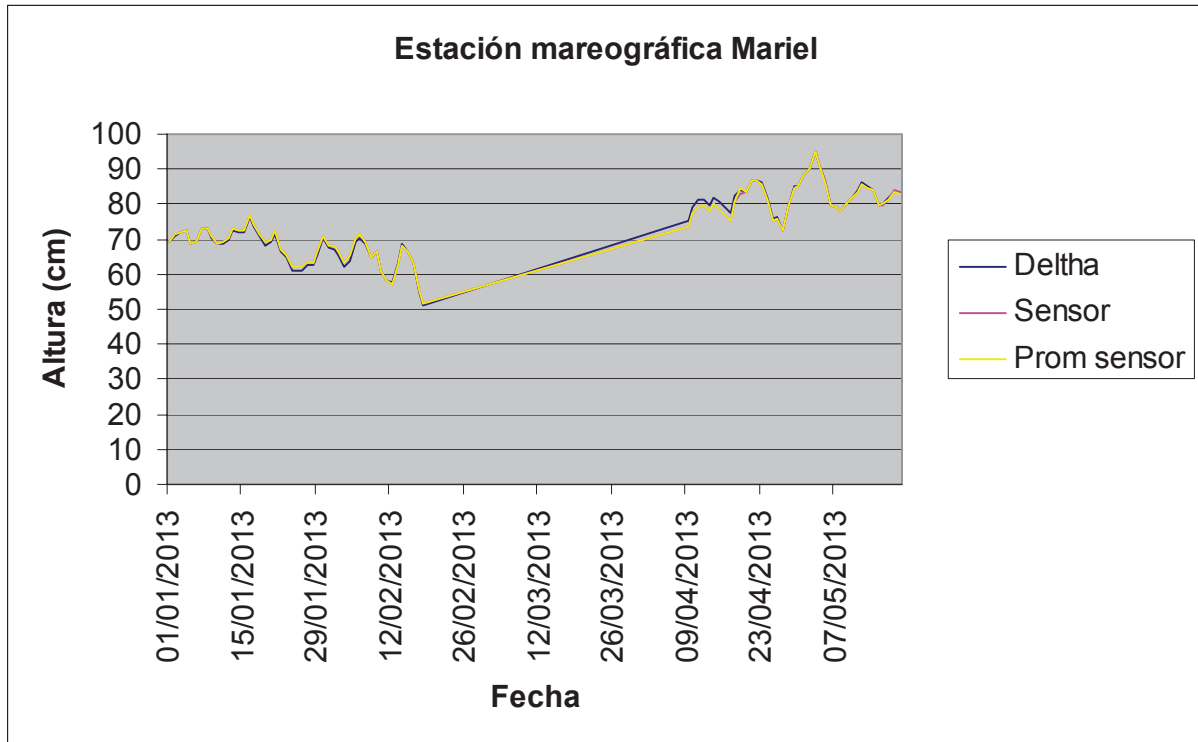
RECOMENDACIONES

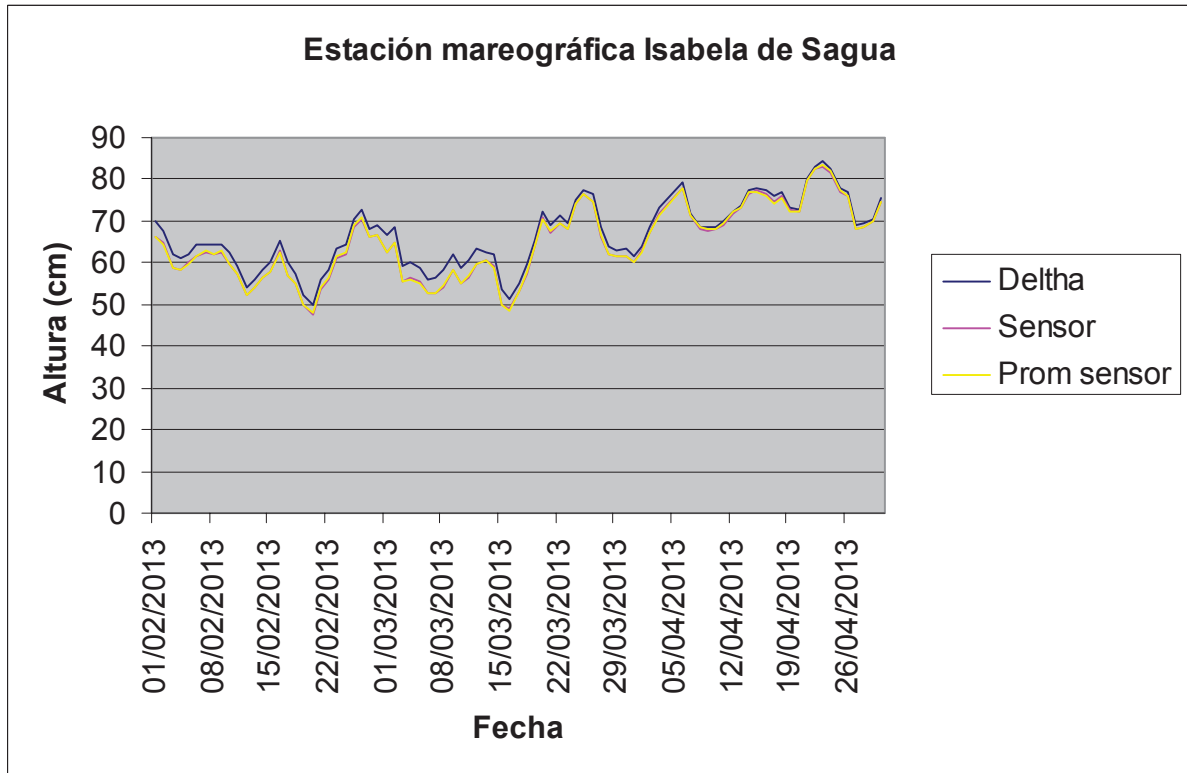
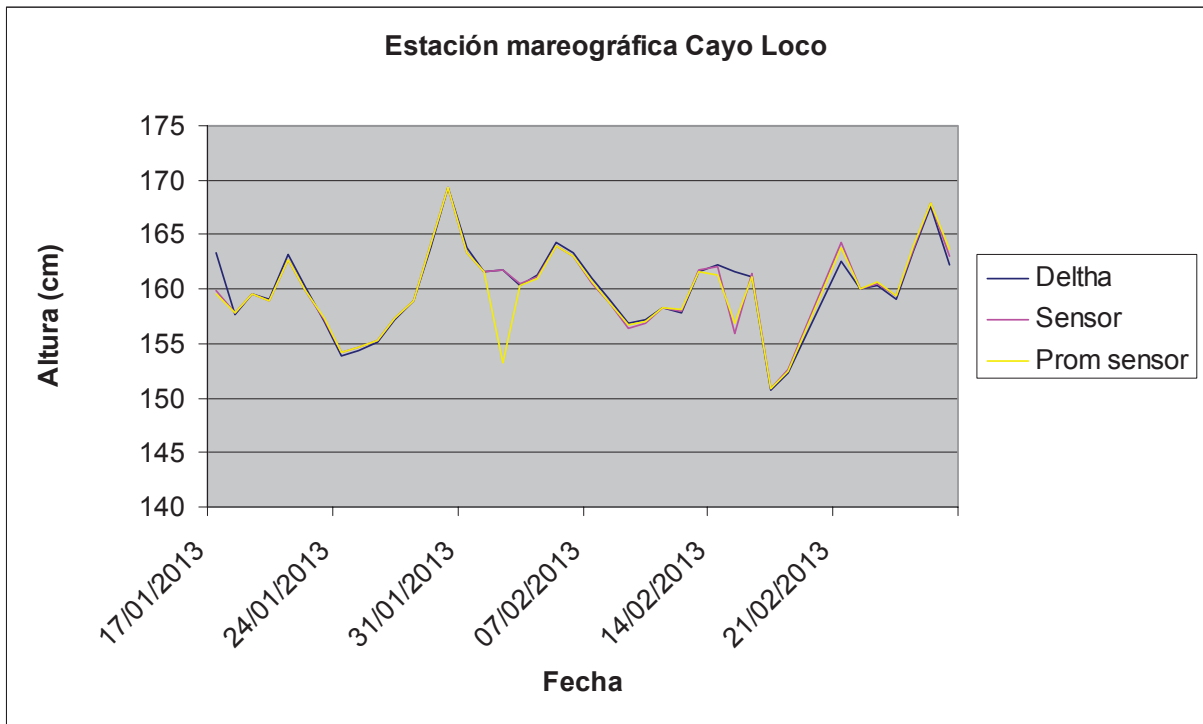
1. Implementar la transmisión de datos de las estaciones mareográficas en tiempo real.
2. Completar la modernización de la red mareográfica con sensores de radar y presión.
3. Recopilar series de datos que permitan comparar las mediciones del Surflood con las del DELTA.

BIBLIOGRAFÍA

1. Acanda Reyes, Angel, Marcelino Hernández y Orlando Marzo (2010): Propuesta de Perfeccionamiento de la Red de Monitoreo del Nivel del Mar. Cuba. 10 pgs.
2. 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. 4. 83 pgs.
3. IOC (1994): Manual on sea level measurement and interpretation. Vol. II: Emerging Technologies. Manuals and Guides No. 14. 72 pgs.
4. IOC (2006): Manual on sea level measurement and interpretation. Manual and Guides No. 14. Vol. IV: An Update to 2006. 80 pgs.
5. Marzo Lobaina, Orlando (2011): Proyecto Modernización Red Mareográfica Nacional. Cuba. 12 pgs.
6. Díaz Llanes , Georgina (1999): Curso Introductorio de Marea. Cuba. 41 pgs.

Anexo 1: Gráficos de comparación de la curva de los promedios diarios entre las diferentes tecnologías instaladas por estaciones.





Estación mreográfica Punta de Práctico

