

Satélites Altimétricos

J.J. Martínez Benjamín

Departamento de Física Aplicada
E.T.S. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
Universitat Politècnica de Catalunya

RESUMEN

El Radar Altimétrico puede medir la distancia entre el satélite y la superficie instantánea marina a lo largo de las trazas del satélite. Característica única de la altimetría es la alta precisión con que pueden ser medidos la superficie topográfica, la altura de las olas y la velocidad del viento. La utilidad de los datos altimétricos en oceanografía depende en parte de la órbita específica descrita por el satélite. Esto incluye la altitud orbital, la inclinación y el período de repetición. Un estudio de los diferentes puntos considerados en análisis de misión es dado con particular interés para el ERS I. Perfiles altimétricos para una traza dada en el Mediterráneo Occidental son calculados.

ABSTRACT

The Radar Altimeter can measure the distance between the satellite and the instantaneous sea surface along the satellite tracks. Characteristic unique to satellite altimetry are the high accuracy with which surface topography, wave height and wind speed can be measured. The usefulness of satellite altimeter data in oceanography depends in part on the specific orbit described by the satellite. This include the orbital altitude, the inclination and the repetition period. A study of the different points considered in mission analysis is given with particular interest dedicated to the ERSI project. Altimetric profiles for a given track in the Western Mediterranean are showed.

El radar altimétrico

El Radar Altimétrico mide la distancia entre el satélite y la superficie marina a lo largo de las trazas del satélite. Las medidas geofísicas obtenidas a partir del pulso altimétrico recibido son la altitud sobre la superficie marina, la altura significativa de las olas y el coeficiente de retrodifusión de la superficie oceánica, relacionado con la velocidad del viento en superficie. (Fu et al., 1988) (Robinson, 1985).

El nivel marino o altura de la superficie oceánica obtenida como diferencia entre la altura del altímetro sobre un elipsoide de referencia y la distancia medida por el altímetro a la superficie marina. La superficie topográfica marina viene determinada

como la distancia entre la superficie del océano con respecto al geóide y está relacionada con la circulación geostrofica oceánica y su variabilidad constituyendo el principal objetivo de las misiones altimétrica. Una importante aplicación es el estudio de la variabilidad a mesoescala dado que los remolinos oceánica tienen un gran impacto en la circulación oceánica general y en la distribución de las propiedades locales ligadas a la salinidad. El análisis de imágenes también contribuyen a la detección de remolinos (Redondo y Benjamín, 1994) y ayuda en la interpretación de señales altimétricas. Los remolinos a mesoescala han sido el fenómeno más estudiado en el océano por medio de la altimetría.

Selección de la órbita

La configuración, selección y determinación de la órbita juega un papel crítico en el diseño de la misión altimétrica. Aunque el altímetro puede ser el único instrumento de la carga útil como en el caso del GEOSAT o TOPEX/POSEIDON, otras misiones como el ERSI requieren un compromiso dependiente de las diferentes funciones del conjunto de instrumentos a bordo como el Radar de Apertura Sintética, SAR. En general es fundamental la elección de la altura y la inclinación. Asimismo se debe estimar el efTor orbital pues es un factor esencial en la determinación del nivel medio del mar y su variabilidad.

En el caso del ERS I los requerimientos de la misión eran:

1. Suministrar una cobertura adecuada de la superficie terrestre.
2. Condiciones de observación con geometría y tiempo local constante.

En consecuencia, la órbita escogida tenía las siguientes características:

- Circular con una altura aproximada de 800 km.
- Casi polar para cobertura de regiones de latitud elevada, de unos 98.
- Heliosíncrona. Órbita retrógrada.

Plano orbital girando a la velocidad angular del Sol medio,

$$\Omega = -\frac{3}{2} J_2 \left(\frac{g R^2}{a^3} \right)^{1/2} \left(\frac{R}{(1 - e^2) a} \right)^2 \cos i \quad (1)$$

Donde:

Ω : Longitud del nodo ascendente

J_2 : Segundo armónico zonal del potencial terrestre

R_e : Radio ecuatorial medio terrestre
 a : Radio de la órbita
 i : inclinación

Verifica la condición de heliosincronismo,

$$N \cdot \Omega = 0,98^\circ/\text{día} \quad (2)$$

Donde N es el número de revoluciones diarias del satélite

- Trazas repetitivas + 1 km

La repetición de las trazas después de D días y N revoluciones nodales es,

$$S = P_n (\omega_e - \Omega) = 2 \pi \frac{D}{N} \quad (3)$$

Donde:

S : Espacio Ecuatorial entre sucesivos nodos
 ω_e : Velocidad angular inercial de la Tierra
 P_n : Período nodal

$$P_n = 1/2 \pi \left(\frac{a^3}{g R^2} \right)^{1/2} \left(1 - \frac{3}{2} J_2 \left(\frac{R}{a} \right)^2 (4 \cdot \cos^2 i - 1) \right) \quad (4)$$

El Número de períodos nodales por día,

$$Q = A + \frac{j}{k} = 86400 \frac{1}{P_n} = \frac{N}{D} \quad (5)$$

La selección conveniente de la altura implica un período de repetición único aunque puede variar considerablemente con una ligera variación de la misma. En caso del ERS- I la elección de la altura era debida en parte por el compromiso entre la perturbación atmosférica y la potencia requerida por el altímetro y el AMI (Active Microwave Instrumentation). Finalmente se escogieron los siguientes ciclos:

Ciclo de 3 días: Calibración

Ciclo de 35 días: Cobertura amplia de la Tierra por el SAR

Ciclo de 168 días: Topografía media marina y geoide oceánico

- Geometría estable: «Frozen orbit» que minimiza las maniobras requeridas para mantener las trazas en los límites ± 1 km. Importante por las características

de la iluminación con implicación en los aspectos térmicos así como en el control de la actitud.

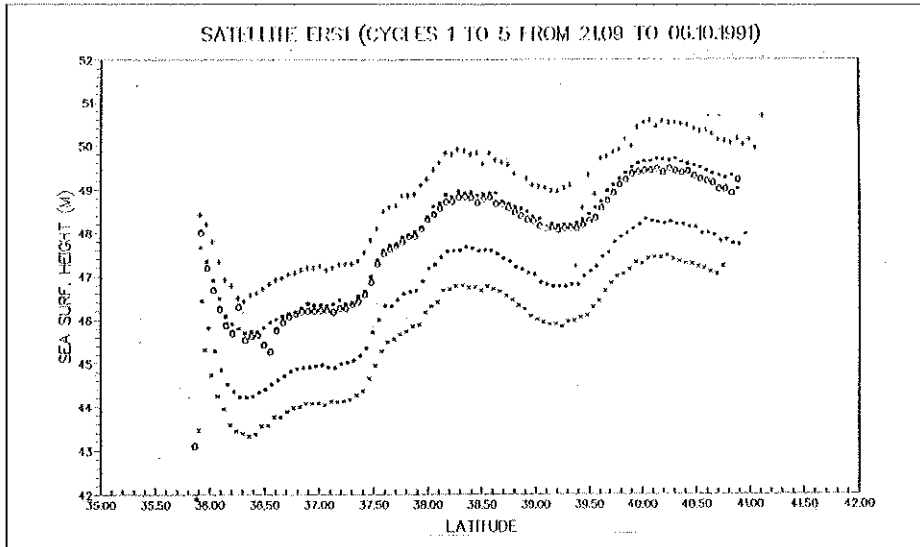


FIGURA 1
Perfiles altimétricos usados en el estudio

- Determinación de la órbita por seguimiento laser.

Estudios oceanográficos globales: arcos grandes de trayectoria.

Estudios oceanográficos regionales: arcos cortos. Técnica útil en el Mar Mediterráneo Occidental por la densa red de seguimiento.

En la selección de la órbita del TOPEX/POSEIDON se ha escogido circular a fin de minimizar los efectos del altímetro y actitud además de mantener una dimensión constante de la zona del mar iluminada por el haz del altímetro. Una altitud elevada ha sido escogida para evitar la influencia de la perturbación atmosférica y los errores debido al desconocimiento preciso del campo gravitatorio terrestre. Por el desconocimiento preciso del geoide es necesario una órbita repetitiva 1 km. para evitar efectos significativos en la variabilidad aparente del nivel marino y tener un muestreo temporal adecuado. Un período exacto de repetición de 10 días ha sido escogido para obtener un muestreo de las características a mesoescala. La elección de la inclinación se debió a razones de buena cobertura este-oeste de los océanos. (Parke et al., 1987).

Mostramos una lista de satélites oceanográficos que incluyen en su instrumentación el altímetro:

GEOS 3 (9 abril 1975)

- Radar Altimétrico 13.9 GHz
- Altura media de 840 km.

SEASAT (28 junio 1978)

- Primer satélite dotado de SAR y Escaterómetro
- Radar Altimétrico 13.5 GHz
- Órbita no heliosíncrona
- Dos órbitas distintas durante su vida operacional:

28 junio - 15 agosto Período de repetición de 17 días (165 km. al ecuador)
a=7162km. e=0.001 i= 108.0

15 agosto - 9 octubre Período de repetición de 3 días (900 km. al ecuador)
a=7169km. e=0.0008 i= 108.0

Período 28 julio - 15 agosto: Altimetro operando casi continuamente (18 días) incluyendo un ciclo completo de 17 días.

GEOSAT (12 marzo 1985)

- Radar Altimétrico 13.5 GHz.
- Objetivo principal: Suministrar una densa red de datos altimétricos para mejorar el conocimiento del potencial terrestre.
- Objetivo secundario: Detectar características oceanográficas de mesoescala.
- Órbita no heliosíncrona. Período de repetición de 3/23 días. a=7168 km. e=0.004. i=108.5. Desde octubre 1986, período de repetición exacto de 17 días (1 km.). «Frozen orbit», más útil para oceanografía.

ERS-1 (17 julio 1991)

- Radar Altimétrico 13.8 GHz.
- Órbita heliosíncrona.
- Períodos de repetición de 3 - 35 - 168 días. «Frozen orbit». a=7153 km. e=0.001165. i=98.5.

TOPEX/POSEIDON (10 agosto 1992)

- Radar Altimétrico.
NRA 13.6/5.3 GHz
SSALT 13.65 GHz

- Órbita no heliosíncrona.
- Período de repetición de 10 días (315 km. al ecuador). «Frozen orbit».
a=7714 km. e=0.000095. i=66.0

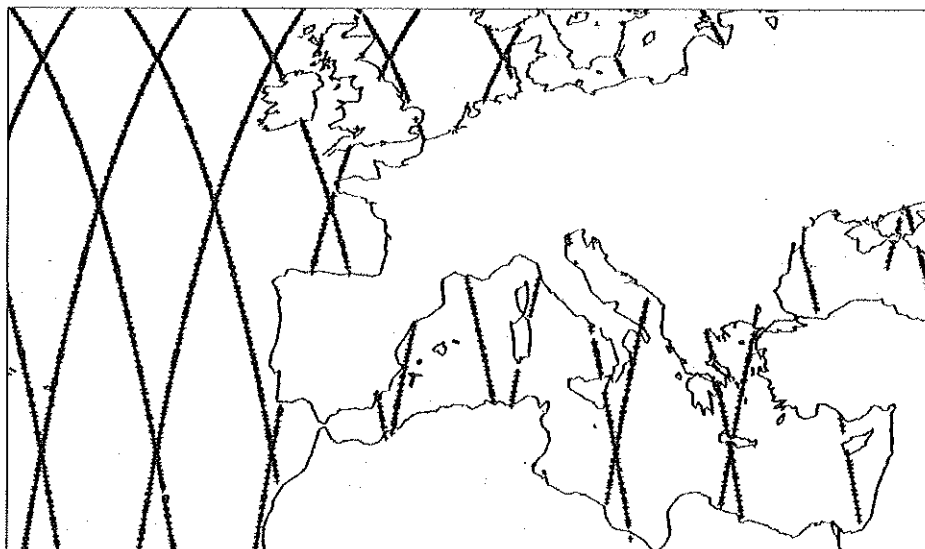


FIGURA 2

Trazas usadas en el cálculo de perfiles altimétricos

Finalmente señalamos que las misiones altimétricas pueden ser diseñadas para estudios de cambio global. Entre los requisitos necesarios para ello podemos citar:

- a) Inclinación mínima de 66 para observación de los océanos y 82 para estudio de zonas polares.
- b) Órbita casi circular.
- c) Altitud mínima de 1.200 km. para minimizar errores en la determinación de la órbita. d) Trazas repetitivas 1 km.
- e) Recomendación de múltiples misiones altimétricas para estudios de mesoescala y a gran escala (ej. ERS- 1 y TOPEX/POSEIDON) como misiones complementarias.

Aplicación de los datos altimétricos

Se ha realizado la lectura de los datos altimétricos en cintas ALT.OPR02 (Ocean Products) de la Agencia Espacial Europea, ESA, en colaboración con el centro CERGA/OCA de Grasse, Francia, habiéndose obtenido perfiles altimétricos, distancia de la superficie marina sobre el elipsoide de referencia GRS80, correspondientes a cin-

co ciclos de la órbita del ERS- 1 con período de repetición de tres días, todos para la misma traza descendente en el Mar Mediterráneo Occidental (figuras 1 y 2).

Ciclo 1: 21 septiembre a 24 septiembre 1991

Ciclo 2: 24 septiembre a 27 septiembre 1991

Ciclo 3: 27 septiembre a 30 septiembre 1991

Ciclo 4: 30 septiembre a 3 octubre 1991

Ciclo 5: 3 octubre a 6 octubre 1991

Estos perfiles altimétricos incluyen la corrección de propagación de la señal pero no las correcciones oceanográficas. Las diferencias entre estos perfiles probablemente son debidas a los enores orbitales y a las mareas. Se espera mejorar los resultados mediante la técnica de los arcos cortos.

Agradecimientos

Agradezco a David Sánchez Ariz su colaboración en este artículo. Este trabajo ha sido realizado dentro del proyecto C.I.C.Y.T. ref: ESP89-673.

Bibliografía

Fu, L.L., Chelton, D. and Zlotnicki, V.: 1988. "Satellite altimetry: Observing ocean variability from space". *Oceanography*, Vol. 1, n° 2.

Robinson, I.: 1985. "Satellite Oceanography". Ellis Horwood.

Parke, M., Stewart, R., Parless, D. and Cartwright, D. 1987. "On the choice of orbits for an altimetric satellite to study ocean circulation and tides", *Journal of Geophysical Research*, Vol. 12, n°CH.

Redondo, J.M. y Martínez-Benjamín, J.J. 1994. "Detección de vórtices y frentes mediante imágenes", este volumen.

