

Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

**Institut de Ciències de la Terra *Jaume Almera***

Departament de Geofísica

Programa de Doctorado de *Tectònica y Geofísica*, bienio 96-98

**EVOLUCIÓN TECTÓNICA DEL MARGEN CONTINENTAL OESTE  
DE MÉXICO: FOSA MESOAMERICANA Y GOLFO DE CALIFORNIA  
(CORTES-P96)**

**Tesis**

Presentada por **Rafael Bartolomé de la Peña** ante el *Departament de Geodinàmica i Geofísica* de la *Universitat de Barcelona* para optar al grado de Doctor en Ciencias Físicas.

Director:

**Dr. Juan José Dañobeitia**

Tutor: **Dr. Josep Anton Muñoz**

Barcelona, Marzo de 2002

## **11. Anexo I**



## **ANEXO I:**

### **OBTENCIÓN Y PROCESADO DE DATOS DE CAMPOS POTENCIALES**

#### ***11.1 Adquisición de datos***

Durante la campaña CORTES-96 en el B/O Hespérides se disponía de la instrumentación necesaria para efectuar registros de campos potenciales (gravimetría y magnetismo) y de batimetría de alta resolución para crear mapas de profundidad del fondo marino. Dichos datos fueron registrados en el gravímetro marino del barco (BGM-3) situado en el centro de masas del barco, en un magnetómetro remolcado Geometrics G-876 y en una ecosonda batimétrica multihaz de aguas profundas SIMRAD EM-12.

La sonda multihaz EM-12 tiene una cobertura máxima de 120°, lo que significa un barrido máximo de 3.5 veces la profundidad. El rango de profundidades para la cual está construida va desde 50 a 11000 metros, con una frecuencia central de trabajo de 13 kHz. La ecosonda ha sido utilizada para la identificación de accidentes geológicos a la vez que como sondador de alta resolución utilizando el haz central, que nos da una resolución mayor que las ecosondas monohaz – con un ancho de 15°- especialmente en terrenos accidentados o navegando paralelos a zonas de talud. Con los datos obtenidos con la sonda multihaz se han creado las figuras donde se muestra las batimetrías del presente trabajo, utilizando los archivos XYZ junto con el software GMT.

El gravímetro Bell Aerospace-Textron BGM-3 es un sistema de adquisición compuesto por un sensor montado en una plataforma giro-estabilizada. Los datos en bruto se procesan, filtran y escalan en un ordenador mediante el software BGM y se almacenan en disco duro y disquete. También se dispone de un registro impreso de todas las medidas efectuadas. El sistema está compuesto por tres elementos:

1. Subsistema sensor: consta de los dispositivos electrónicos y las baterías. Genera los registros de la gravedad.

2. plataforma estabilizada: aísla el sensor de gravedad de las posibles influencias de los movimientos del buque y lo alinea con la vertical.
3. subsistema de adquisición: ordenador donde se filtran y escalan los datos.

Aunque el gravímetro BGM-3 viene calibrado de fábrica, es necesaria una recalibración periódica para ajustar las derivas del aparato producidas por los componentes electrónicos. Para ello se utiliza un gravímetro portátil WORDEN mod. MASTER de resolución 0.001 mgal, basado en los cambios de peso de una masa constante y perfectamente conocida medida con una balanza de muelles de silicio: cualquier variación en el peso registrada se deberá a un cambio en la gravedad. La recalibración se realiza al ajustar este gravímetro portátil en una base gravimétrica perteneciente a la red mundial (cuya gravedad es conocida) y compararla con la del gravímetro del barco después de corregirla por la altura. De este modo se puede calcular la deriva temporal que ha sufrido el instrumento embarcado.

Para la campaña CORTES-P96 estas operaciones se realizaron en la base gravimétrica situada en el muelle 9B del puerto de El Callao (Perú) y en la base gravimétrica situada en la Terminal Internacional de Acapulco (México) por dos veces con una semana de intervalo por Pablo Rodríguez (ICM-CSIC), David Naar (University of South Florida) y Rafa Bartolomé (IJA-CSIC). Se comprobó, además, que el gravímetro portátil WORDEN funcionaba bien comparando sus medidas con las de otro gravímetro LaCoste perteneciente al estado de México. Las correcciones en El Callao (Perú) fueron de +0.23 mGal y en Acapulco (México) +0.087 mGal y - 0.07 mGal.

El magnetómetro marino G-876S es un sistema para medir campos magnéticos que consta de:

1. un ordenador de control y visualización
2. un dispositivo compuesto por un sensor, una fuente de alimentación y una CPU remolcada.

---

La CPU del magnetómetro es lanzada por popa y es remolcada por el barco gracias a un cable de acero. El sensor, que lleva incorporado un transductor de presión para calcular la profundidad a la que se encuentra, transmite los datos vía módem al ordenador de control donde se almacena e imprime en tiempo real los datos recogidos desde la CPU remolcada.

Tanto el ordenador de adquisición del gravímetro como el del magnetómetro integran el valor del campo potencial con el tiempo, aunque no con el resto de variables de la navegación (latitud, longitud, profundidad,...).

## **11.2 Obtención de ficheros con todos los observables geofísicos**

Durante la primavera de 1996 no se disponía de un sistema de integración automático a bordo, entendiéndose por *integración* la obtención de un fichero final *ascii* de columnas con los datos de todos los observables geofísicos con la navegación, y que será necesario para realizar los cálculos de anomalías de los campos potenciales ya que tanto los datos de gravimetría y magnetismo como los de navegación llegaban por vías diferentes a la red informática del buque. Los datos imprescindibles serán la fecha, hora, latitud, longitud, rumbo, velocidad y batimetría.

Para realizar todas las operaciones se diseñaron programas para estaciones de trabajo en UNIX elaborados con “sed & awk” unido con GMT. Para el cálculo de las anomalías se utilizó el lenguaje de programación Fortran-77 para UNIX.

### **11.2.1 Ficheros de navegación**

El telegrama de navegación está constituido por datos de fecha y hora, minuto y segundo provenientes de GPS, datos de rumbo, velocidad y la batimetría de la sonda monohaz EA-500 del barco, todos ellos recogidos cada 5 segundos.

El primer paso en el procesado es cambiar el formato de este fichero, dado que es formato 'socket' (formato propio del sistema de navegación MASSCOMP del buque) y convertirlo a ascii. Para ello se ha creado un ejecutable donde la primera operación permitirá eliminar las primeras líneas que forman la cabecera para después agrupar los datos por columnas, donde la fecha y la hora estarán en día juliano.

Más tarde se corregirán los saltos que se producen en la posición cuando se pierde la conexión del GPS con el satélite, interpolando la latitud y la longitud escogiendo un rango de varios minutos para evitar un interpolado erróneo: en el año 1996 aún no se había liberado del error en la posición al GPS. Los saltos se detectan dibujando la navegación punto a punto. El siguiente problema en el telegrama de navegación es la pérdida de los valores de velocidad. Esto implica que al calcular las correcciones de la anomalía de aire libre, como dependen de la velocidad, se produzcan saltos también en la anomalía, que fue el dato que nos hizo sospechar de este error. La solución consiste en recalcular la velocidad del barco utilizando las coordenadas (espacio) y los tiempos cuando la velocidad es cero. Se ha creado para ello un programa en FORTRAN que permite el cálculo y la sustitución del valor de velocidad instantánea erróneo por el calculado. Para el cálculo de nuevo se utilizaron no las velocidades entre dos puntos consecutivos sino una media con 14 puntos, para evitar las pequeñas fluctuaciones instantáneas en esta variable.

El siguiente paso consiste en eliminar los ceros de la batimetría, producidos por los fallos de la sonda EA-500. Donde la batimetría es cero se interpola entre los valores distintos de cero más cercanos.

A continuación se filtra la batimetría, velocidad y rumbo (todo ello ya corregido), con el objetivo de eliminar ruido de la gravimetría cuando se haga la corrección de Eötvös. El filtrado se realiza con el programa filter1d de GMT, usando un filtro gaussiano robusto de ancho 200 diezmilésimas de día muestreando el registro cada milésima de día.

El resultado de todo esto es la obtención de un fichero para cada día de datos corregidos y filtrados de 6 columnas con la estructura:

---

fecha/hora    latitud(grados)    longitud (grados)    rumbo (grado)    velocidad (nudos)  
batimetría (m).

### ***11.2.2 Ficheros de gravimetría y magnetismo***

Una vez iniciada la campaña los datos de gravimetría se recogían en disquete del ordenador que controla la adquisición del gravímetro (un dato cada minuto) y se introducían a la red de workstations para su tratamiento antes de la integración con el fichero de navegación filtrada.

El procesado de los datos de gravimetría incluye la agrupación en días completos (en día juliano) y cambiar el formato para obtener dos columnas:

fecha/hora (juliano)    lectura del gravímetro (mGal)

Al analizar los datos se observó que existen un número de medidas incorrectas cada vez que se cambiaba el disquete, debido a que el software necesita unos minutos hasta la estabilización del gravímetro. Igualmente se encontraron fallos en los tiempos (algunos se repetían o el reloj iba hacia atrás) cuando se sincronizaban el tiempo del reloj del ordenador con el del GPS del barco. Esto ocurría una vez al día. Estos datos deben eliminarse.

Conviene dibujar la gravimetría y la batimetría y comprobar que las imágenes mantienen las tendencias, la gravimetría con el rumbo (para comprobar si parte de los saltos del campo gravitatorio son debidos a giros bruscos) y la gravimetría con la velocidad (cambios en el módulo de la velocidad producidos por aceleraciones del barco pueden introducir incrementos de la gravedad hasta que el registrador se estabiliza de nuevo) .

Para los ficheros de magnetismo se realizaba la misma operación con los disquetes, la introducción en la red y la agrupación en días completos obteniendo tras cambiar el formato dos columnas:

fecha/hora (juliano)    lectura del magnetómetro (nT)

Los datos brutos del magnetómetro presentan un ruido de muy alta frecuencia y amplitud, en forma de picos claramente definidos. Estos picos se han borrado eliminando todos los puntos que quedan fuera de una banda de ancho 2 veces la desviación estándar centrada en el valor medio, a lo largo de cada día. Después, un primer filtrado de los datos de magnetismo del tipo gaussiano, filtrado del tipo filter1d de GMT ya comentado en el apartado 3.2.1.

### ***11.3 Integración de los datos de navegación con los campos potenciales***

Los datos de gravimetría y de magnetismo han de integrarse con los datos de navegación para que se puedan utilizar en cualquier estudio geofísico. Es decir, hay que situar espacialmente (latitud y longitud) los datos que se han obtenido y que hasta ahora sólo se encuentran localizados temporalmente. El nexo está en la primera columna de los dos ficheros, el tiempo y a partir de éste último calcular las anomalías.

El ejecutable que permite estas operaciones incluye comandos UNIX, "sed & awk" y el sample1d de GMT.

### ***11.4 Cálculo de las anomalías***

Para ello se ha aplicado dos programas, uno para el cálculo de la anomalía gravimétrica de aire libre y el otro para la magnética en lenguaje FORTRAN.

En el cálculo de la anomalía gravimétrica se ha efectuado las correcciones de Eötvös y latitud (es por ello que necesitábamos los valores de latitud y velocidad para cada uno de los de campo gravimétrico).

---

En el caso del magnetismo, se ha obtenido la anomalía magnética a partir de los coeficientes del campo de referencia internacional de 1985 (IGRF85).

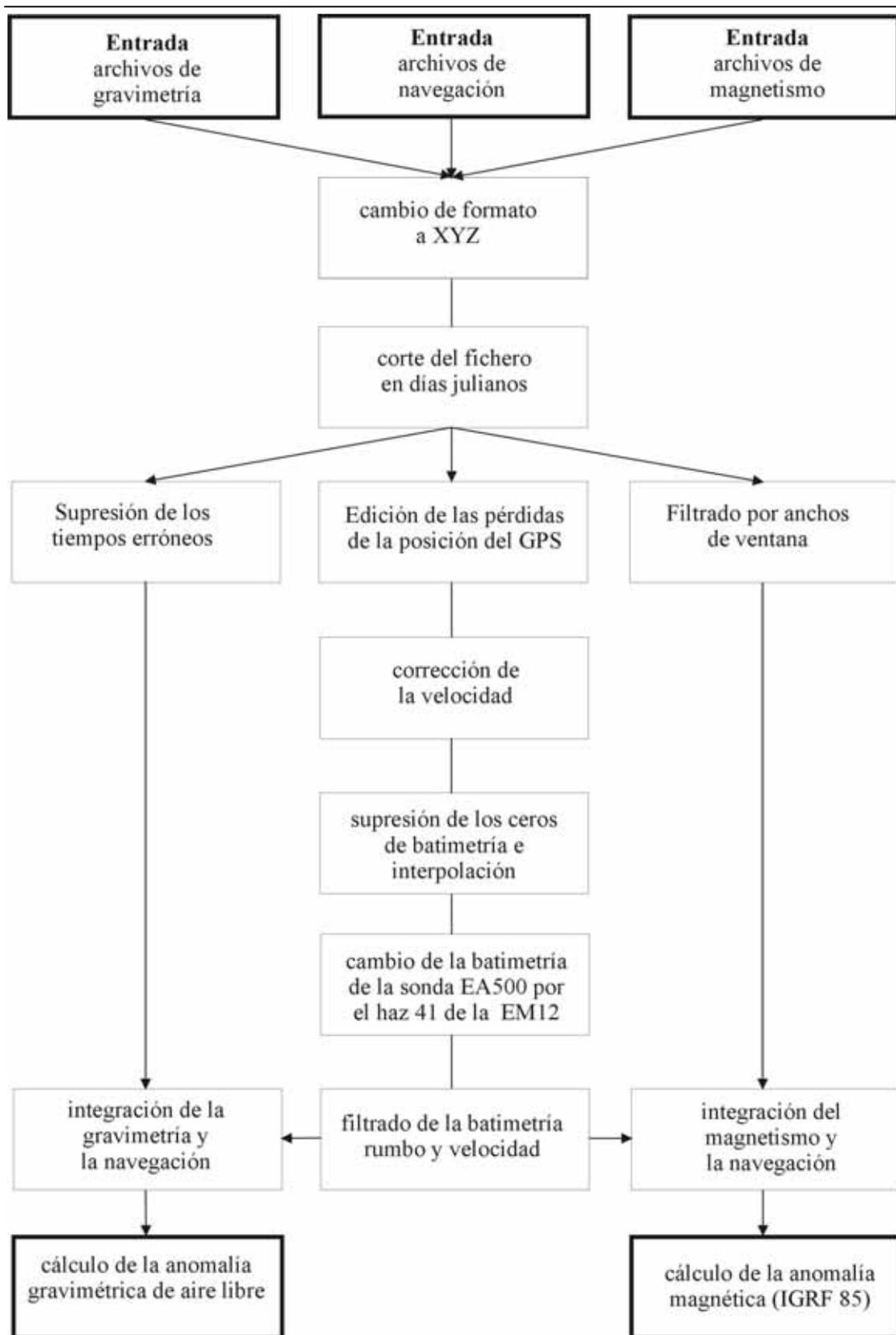
Como última operación se puede realizar un último filtrado gaussiano robusto tanto a la gravimetría como al magnetismo.

El resultado final es un fichero en columnas diario con la estructura “año fecha/hora (en juliano) latitud(grados) longitud (grados) campopotencial (mgal/NT) anomalía (mGal/nT) batimetría (m) rumbo (grado) velocidad (nudos)”.

En este momento ya se puede construir los perfiles partiendo de un punto (latitud y longitud) origen (que marcará la posición cero) hasta otro final (distancia máxima) pudiendo convertir todas las posiciones en distancias (en coordenadas esféricas) al origen.

El procesado puede mejorarse introduciendo datos de la sonda multihaz (EM12) extrayendo del grid de profundidades el haz perpendicular al barco (el haz 41), que es el más preciso de todos, con un *grdtrack* de GMT para el perfil que se desee. Con esto se mejora los datos de batimetría que pueden permitir un mejor cálculo de las anomalías de los datos observados.

A continuación se presenta un flujo del procesado aplicado a cada uno de los datos y su integración (Tabla A-I)



**Tabla A-I:** Flujo del procesado de cada uno de los datos y su integración.