



MINISTERIO  
DE ECONOMIA Y  
COMPETITIVIDAD

SECRETARÍA DE ESTADO  
DE INVESTIGACIÓN DESARROLLO E  
INNOVACION

DIRECCIÓN GENERAL  
DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y  
TÉCNICA

SUBDIRECCIÓN GENERAL  
DE PROYECTOS DE  
INVESTIGACIÓN

## SOLICITUD DE BUQUE OCEANOGRÁFICO PLAN DE CAMPAÑA

### DATOS DEL INVESTIGADOR PRINCIPAL:

Investigador principal: Valentí Sallarès Casas y César Rodríguez Ranero

Organismo: CSIC

Centro: Instituto de Ciencias del Mar

Dirección: Passeig Marítim de la Barceloneta 37-49

Teléfono: 932309623 (VS) / 932309619 (CR)

Fax: 932309555

E-mail : vsallares@icm.csic.es / cranero@icm.csic.es

### DATOS DEL PROYECTO:

#### Título del proyecto:

FoRmación de los dominios geológicos en el Margen oeste de Iberia y la rEactivación de sus límites tectónicos (FRAME)

#### RESUMEN DEL PLAN DE CAMPAÑA (máximo 10 líneas)

FRAME es un experimento geofísico y geológico de adquisición de datos para caracterizar la estructura cortical y determinar la geometría de las fuentes generadoras de terremotos en el Golfo de Cádiz y el margen Oeste de Iberia. La campaña está dividida en dos legs de 26 y 23 días respectivamente, a realizar durante el verano con el B/O Sarmiento de Gamboa. En el Leg 2 se utilizará un barco escolta para proteger el streamer, preferiblemente el BO García del Cid. En el Leg 1 se adquirirán datos de sísmica de refracción con sismómetros de fondo oceánico (OBS) en cuatro perfiles regionales, junto con datos gravimétricos, electro-magnéticos y de batimetría. Asimismo, se desplegarán receptores electromagnéticos de fondo oceánico (OBMT) a lo largo de dos perfiles. Durante el Leg 2 se adquirirán datos de sísmica de reflexión multicanal (MCS), sonda batimétrica multihaz y paramétrica, y se recogerán los OBMT.



## PLAN DE CAMPAÑA

### **Acrónimo de la campaña:**

FRAME

### **Jefe de Campaña previsto:**

Valentí Sallarès Casas (Leg 1) y César Rodríguez Ranero (Leg 2)

### **Duración máxima y mínima de la campaña y, en su caso, requerimientos de temporalidad debidamente justificados:**

La campaña se compondrá de dos legs con una duración respectiva de 25-28 días (Leg 1) y 22-25 días (Leg 2). Se solicita que la campaña se realice en verano por las siguientes razones:

Leg 1: El BO Sarmiento de Gamboa deberá recoger (el despliegue no es tan crítico) OBS durante el día y la noche con una altura de ola recomendable inferior a 1.5 metros. En caso de necesidad, se podría utilizar una lancha para su captura en el mar.

Leg 2: El BO Sarmiento de Gamboa desplegará streamer a 4.5 nudos y navegará a 5 nudos durante la adquisición sísmica. La sísmica multicanal requiere de una mar con Fuerza no superior a 6, para mantener la seguridad de los equipos y la calidad de los datos.

Para asegurar la gobernabilidad del buque a tan baja velocidad durante los dos legs, mantener la seguridad de los equipos y personal durante la recogida/despliegue de los equipos, se precisa de buena mar. Por tanto, requerimos un periodo en el cual se asegure buena meteorología que en la zona de estudio corresponde al periodo de verano.

### **Objetivos de la campaña**

La campaña de adquisición de datos oceanográficos FRAME tiene como objetivos específicos la investigación de 1) los procesos de formación de los márgenes continentales y 2) su reactivación durante la convergencia en el ciclo de Wilson, a través del estudio geofísico de la estructura de la litosfera del Oeste de Iberia.

Para ello planteamos una campaña en 2 Legs: el primero (27 días) para la adquisición de sísmica de refracción y reflexión de gran ángulo (SGA) y despliegue de receptores de electromagnetismo (OBMT), junto con adquisición de datos gravimétricos, magnéticos y batimetría de multihaz (MB); el segundo (24 días) para la adquisición de datos de sísmica de reflexión multicanal (MCS), sondas batimétrica de multihaz y paramétrica. En este segundo leg también se recogerán los OBMTs.

Proponemos dos legs a ser posible, aunque no necesariamente, consecutivos en el tiempo. Los OBMTs se desplegarían al inicio del Leg 1 y se recogerían al final del



Leg 2. Para que esto no afecte la estacionalidad de la campaña, recomendamos al principio y al final del verano.

Si, por razones logísticas o de calendario, ambos legs deben ser consecutivos, proponemos la secuencia:

Cádiz-Vigo (Leg 1)

Vigo (escala)

Vigo-Cádiz o Vigo-Vigo (Leg2)

### **Plan de trabajo de la campaña**

#### FRAME-Leg1:

FRAME-Leg1 tiene por objetivo central la adquisición de datos de e sísmica de refracción y reflexión de gran ángulo (SGA) con sismómetros de fondo oceánico (OBS) y de datos electromagnéticos con receptores electromagnéticos de fondo oceánico (OBMTs).

Como el objetivo de la SGA es obtener información de la estructura profunda de la corteza, proponemos la utilización de una fuente de energía controlada (disparos de aire comprimido) de gran capacidad (mínimo 5000 c.i). En total se prevé desplegar un total entre 35 y 50 OBS en cada perfil, incluyendo los 17 OBS operados por la UTM-CSIC junto con los aportados por instituciones alemanas (GEOMAR) y portuguesas (UL), totalizando unos 150 despliegues. Las cartas de compromiso se encuentran junto con los CVs de I. Grevemeyer (Geomar) y L. Matías (UL). A lo largo de dichos perfiles se adquirirán también datos de sonda paramétrica, sonda multihaz, gravímetro y magnetismo.

Simultáneamente al despliegue de OBS, se desplegarán 40 OBMTs proporcionados por GEOMAR a lo largo de los perfiles 1 y 2 (Figura 1). Estos receptores registrarán señales electromagnéticas durante un periodo de 2-3 meses, recogiendo al final del leg 2. Una posibilidad alternativa es que el buque POSEIDON se encargue de lanzar/recoger los OBMTs y ayudar a realizar la cartografía submarina al oeste de Iberia. Se dispone ya de una carta de compromiso del investigador Dr. Ingo Grevemeyer (GEOMAR, Kiel) que se adjunta en la Memoria Técnica del proyecto, en este sentido. Si este escenario se realizase finalmente, se realizaría un perfil de SGA adicional (perfil P4, línea discontinua en la fig. 1).

El experimento debería realizarse con el BO Sarmiento de Gamboa, ya que es el único capaz de realizar disparos de la capacidad requerida entre toda la flota oceanográfica española.

Idealmente el BO Sarmiento de Gamboa (SdG) podría partir de Cádiz con el equipo



de SGA (compresores, arrays de cañones, OBS y OBMT) a bordo para un tránsito de 250 m.n. (aprox. 25 horas) hasta el límite sur de la zona de estudio, al inicio del perfil P1 (Fig. 1 ). Se desplegarían un total de 35 OBS, así como 20 OBMT, a lo largo de este perfil, que tiene una longitud de 200 m.n., tras lo cual se desplegaría la fuente sísmica, constituida por dos arrays de unos 2500 c.i. cada uno a unos 15 m de profundidad, para concentrar la energía en bajas frecuencias y tener la mayor penetración posible, y se dispararía el perfil P1 con una frecuencia de disparo de 90 s. Una vez finalizados los disparos, se recogerían los OBS del perfil P1 de sur a norte y se desplegarían 50 OBS y 20 OBMT de este a oeste a lo largo del perfil P2, de una longitud de 250 m.n. (fig. 1). Tras esto se desplegaría la misma fuente sísmica que en perfil P1 disparándose el perfil de oeste a este. Finalmente se recogerían los OBS y nos moveríamos al perfil P3 situado en el Iberia Abyssal Plain (IAP). El tránsito hasta el extremo oeste de P3 es de 190 m.n. Al igual que en los casos anteriores, primero se desplegarían unos 50 OBS de este a oeste a lo largo del perfil P3, de una longitud de 250 m.n. (fig. 1), seguidamente se disparará el perfil y finalmente se recogerán los OBS, tras lo cual se realizará un tránsito de 190 m.n (unas 19 h), hasta la sede del buque en Vigo, donde acabará el Leg 1. La duración total es de 27 días.

Detalle de las operaciones propuestas durante el Leg-1 (Tabla 1):

Distancia (m.n.)	Operación	Tiempo (horas)
250	Tránsito Cádiz - Inicio P1	25
200	Despliegue 32 OBS y 12 OBMT perfil P1	42
200	Disparar P1	48
200	Recoger 32 OBS perfil P1	68
50	Tránsito inicio P2	3
250	Despliegue 50 OBS y 18 OBMT perfil P2	59
250	Disparar P2	58
250	Recoger 50 OBS perfil P2	100
190	Tránsito inicio P3	15
250	Despliegue 50 OBS perfil P3	50
250	Disparar P3	58
250	Recoger 50 OBS perfil P3	100
190	Tránsito Vigo	15
		<b>641 horas</b>

**Tabla 1.-** Resumen de las operaciones propuestas durante FRAME-Leg1, totalizando 27 días de campaña (641 horas). Los cálculos se han realizado asumiendo una velocidad de tránsito de 10 nudos, un tiempo de despliegue de OBS y OBMT de 0,5h, un tiempo de recogida de 1,5h y una velocidad de adquisición de 5 nudos. Aparte 4 h para cada largado y recogida de la fuente sísmica.



### FRAME-Leg 2:

Al igual que el Leg 1, el Leg 2 de la campaña FRAME tiene como objetivo específico la investigación de los procesos de formación de los márgenes continentales a través del estudio geofísico de la estructura de la litosfera del Oeste de Iberia. Dadas las características del experimento, cuyo objetivo es obtener información de la estructura profunda del margen, incluyendo sedimentos, corteza y manto superior, será necesario utilizar una fuente sísmica de una capacidad similar y características similares a la utilizada en el Leg 1, es decir una fuente de energía controlada (disparos de aire comprimido) de gran capacidad (mínimo 5000 c.i.) y baja frecuencia para aumentar la penetración en la corteza terrestre. Igualmente, se necesita un streamer de la máxima longitud posible (a ser posible 6 km), para obtener la máxima redundancia posible y aumentar la relación señal-ruido. El único buque oceanográfico español que dispone de esta instrumentación es el BO Sarmiento de Gamboa, de forma que, al igual que en el Leg 1, este es el único buque con capacidad para realizar el experimento.

Igualmente, al final de este segundo leg de la campaña se recogerán los 30 OBMTs desplegados durante el primer leg.

De acuerdo al programa descrito más arriba, en el caso que ambos legs fueran sucesivos, el Leg 2 empezaría en Vigo tras la descarga del material de SGA (OBS) y la carga de los chigres del streamer. Esta parte empezaría con un tránsito de 190 m.n. (unas 19 horas) hasta el inicio de la zona de estudio, en particular el inicio del perfil P3 (Fig. 1). Dadas las características del experimento, cuyo objetivo es obtener información de la estructura profunda del margen, incluyendo sedimentos, corteza y manto superior, será necesario utilizar: 1) una fuente sísmica de una capacidad similar y características similares a la utilizada en el Leg 1, y 2) un streamer de la máxima longitud posible (a ser posible 6 km), para obtener la máxima redundancia posible y aumentar la relación señal-ruido. Una vez desplegados el streamer y la fuente sísmica se recorrerán las líneas indicadas en la fig. 1 siguiendo secuencialmente el recorrido desde A hasta P, completando un total de unas 2500 millas náuticas. Finalmente se recogerán la fuente sísmica y la el streamer y se procederá a recoger los OBMTs, primero en el perfil P1 y luego el P2. Una vez recogidos los OBMTs se realizará el tránsito a Cádiz o Vigo, de unas 250 m.n., donde terminará la campaña.

Detalle de las operaciones propuestas durante el Leg-2 (Tabla 2):

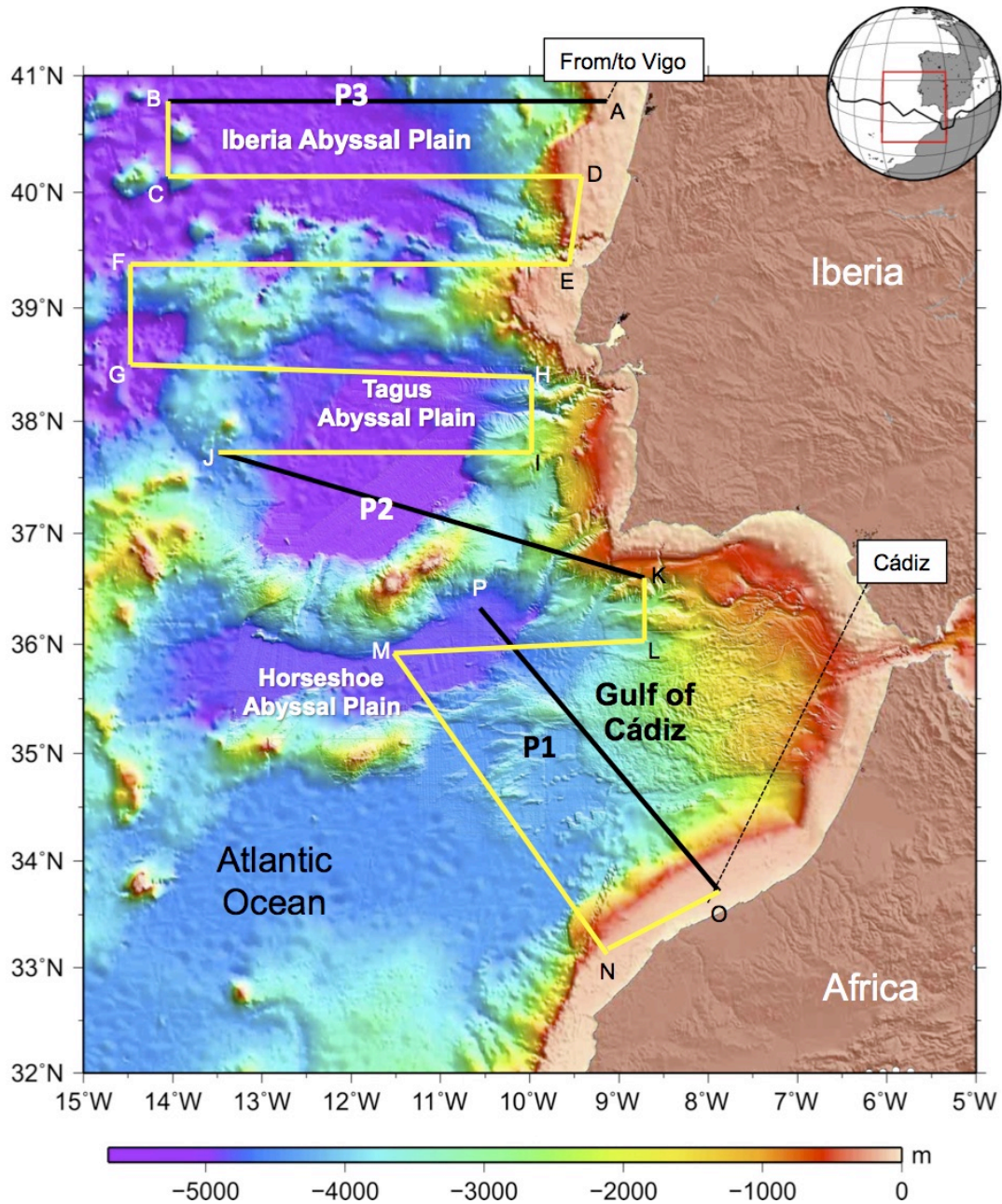
<b>Distancia (m.n.)</b>	<b>Operación</b>	<b>Tiempo (horas)</b>
190	Tránsito Vigo - Inicio P3	19
2200	Adquisición MCS desde A hasta P	440
200	Recogida OBMT perfil P1	38



250	Recogida OBMT perfil P2	52
270	Tránsito Final P2 - Vigo	27
		<b>576 horas</b>

**Tabla 2.-** Resumen de las operaciones propuestas durante FRAME-Leg2, para un total de 24 días de campaña (576 horas). Los cálculos se han realizado asumiendo una velocidad de tránsito de 10 nudos, un tiempo de recogida de OBMT 1,5h y una velocidad de adquisición de 5 nudos. Aparte 4 h para cada largado y recogida de los airguns.

### Mapa general y de detalle de las zonas de muestreo



**Figura 1.-** Plan de campaña FRAME con los perfiles a adquirir durante la campaña. El Leg-1 incluye 3 perfiles regionales de sismica SGA (líneas negras, P1-P3). El Leg-2 incluye varios perfiles de MCS, señalados como líneas amarillas en la figura, además de los perfiles P1 a P3 (AB hasta OP), totalizando unas 2000 m.n. de adquisición MCS. IAP: Iberia Abyssal Plain; TAP: Tagus Abyssal Plain; HAP: Horseshoe Abyssal Plain

**Tabla con coordenadas de las estaciones, o del principio y final de las líneas o**



## lances

Las coordenadas generales de la zona de trabajo son las del rectángulo definido por la diagonal: 42°N, 15°W - 32°N, 7°W (Figura 1).

A continuación se incluye la tabla con las coordenadas de inicio y final de los perfiles sísmicos a adquirir. Nótese que estos perfiles pueden variar dentro de la zona de estudio si de aquí hasta la fecha de inicio de la campaña nuestro conocimiento de las principales estructuras geológicas sufre algún tipo de cambio.

Los OBS y OBMTs se desplegarán equiespaciados a lo largo de las líneas P1-P3 (OBS) y P1-P2 (OBMTs). La separación media aproximada entre ellos será de 10 km (OBS) y 20 km (OBMT).

Perfil	Coordenadas inicio (lon W, lat N)		Coordenadas final (lon W, lat N)	
<b>P3 (AB)</b>	-9,162791	40,995608	-14,062426	40,663524
<b>BC</b>	-14,062426	40,663524	-13,958021	40,116793
<b>CD</b>	-13,958021	40,116793	-9,352758	40,355014
<b>DE</b>	-9,352758	40,355014	-9,666575	39,292044
<b>EF</b>	-9,666575	39,292044	-14,172339	39,131261
<b>FG</b>	-14,172339	39,131261	-13,951534	38,407948
<b>GH</b>	-13,951534	38,407948	-9,638929	38,552977
<b>HI</b>	-9,638929	38,552977	-9,562619	37,758528
<b>IJ</b>	-9,562619	37,758528	-13,817918	37,351058
<b>P2 (JK)</b>	-13,817918	37,351058	-8,670339	36,626929
<b>KL</b>	-8,670339	36,626929	-8,734875	35,950961
<b>LM</b>	-8,734875	35,950961	-11,502429	35,817671
<b>MN</b>	-11,502429	35,817671	-8,913234	33,119920
<b>NO</b>	-8,913234	33,119920	-8,090255	33,582393
<b>P3 (OP)</b>	-8,090255	33,582393	-10,655623	36,332515

**Tabla 3.-** Coordenadas de origen y final de los perfiles que se muestran en la figura 1. P1-P3 corresponden a las líneas de SGA, a lo largo de las cuales se desplegarán los OBS y OBMT, y AB hasta OP a las principales líneas de MCS.

## Requerimiento detallado de apoyo por parte de la tripulación para las maniobras de cubierta.

Durante el Leg 1 se requerirá apoyo para el despliegue de los OBS y OBMT, tanto de la UTM como los de Geomar. Los técnicos de la UTM ya tienen amplia experiencia en el despliegue de sus OBS. En el Leg 2 la maniobra principal será el largado del





streamer de 6 km, en el cual los técnicos de la UTM también tienen amplia experiencia.

En ambos legs se deberán desplegar y recoger la fuente sísmica, y controlar el sistema de adquisición sísmica funcione correctamente. Los técnicos UTM también tienen amplia experiencia en estas maniobras de largado, recuperación y control.

A continuación se incluye una descripción de los OBS/H y OBMT de Geomar, cuya maniobra de largado y recuperación es muy similar a la de los OBS de la UTM.

---

#### Equipo 1: OBS/H de GEOMAR

---

##### Descripción:

Los OBS/H de GEOMAR así como todo el material necesario para operarlos se almacenarán en un contenedor de 20 pies. Al igual que los OBS de la UTM-CSIC, estos instrumentos se utilizarán tanto para el registro de datos a lo largo de los 2 perfiles de SGA como para la monitorización sísmológica posterior. En total se utilizarán 18 de estos OBS en cada perfil de SGA y 10 de ellos se desplegarán posteriormente como parte de la red sísmológica para el registro de sismicidad local/regional. Los OBS/H de GEOMAR están constituidos por un marco en forma de trípode de aluminio donde se sujeta un lastre de hierro y una boya de espuma sintética que le proporciona la flotabilidad (Figura 1). El registro de datos se realiza mediante un hidrófono y un sismómetro de 3 componentes. Las dimensiones aproximadas son 1x1x3 m y el peso de ~300 kg. El datalogger y toda la electrónica y baterías de adquisición está dentro de un cilindro de aluminio/titanio estanco, mientras que la electrónica de liberación del lastre se sitúa en un segundo cilindro de aluminio/titanio. La liberación se realiza mediante sistema mecánico accionado por señal acústica desde cubierta. La velocidad de ascensión del instrumento es de ~1 m/s. Una vez en superficie se puede localizar mediante una bandera visible, un flash luminoso o un radiogoniómetro.



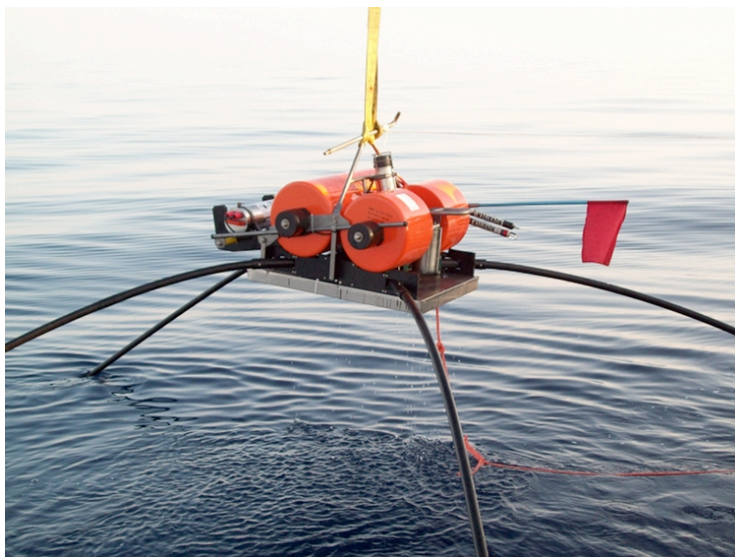
**Figura 2.-** OBS de GEOMAR incluyendo sus componentes principales y fotografía de la maniobra de despliegue con grúa lateral.

Equipamiento en cubierta				
Longitud 1 m.	Ancho 1 m.	Altura 3 m.	Peso 300 Kg.	

#### Equipo 2: OBMT de GEOMAR

##### Descripción:

Los OBMT miden los campos electromagnéticos naturales en el fondo del mar. Los OBMT de GEOMAR tienen un diseño parecido a los OBS de la misma institución (Figura 2). Un marco de aluminio donde se sujeta un lastre de cemento armado con kevlar, y diversas boyas de espuma para ayudar a la flotabilidad. El registro de los datos se realiza mediante un electrómetro conectado a 4 electrodos y un magnetómetro de flujo. Los electrodos se sitúan al final de 4 tubos de PVC de 5 m de longitud. Las dimensiones del OBMT sin los brazos son de 1x1x1 m y pesa unos 300 kg. El datalogger, la electrónica y las baterías de adquisición están situadas en una botella de titanio. El magnetómetro de flujo está situado en un segundo cilindro de titanio. El sistema de liberación del lastre se sitúa en un tercer cilindro de titanio. La liberación se realiza mediante sistema mecánico accionado por señal acústica desde cubierta. La velocidad de ascensión del instrumento es de ~1 m/s. Una vez en superficie se puede localizar mediante una bandera visible, un flash luminoso o un radiogoniómetro. El sistema se libera y recupera mediante una grúa, aunque en principio los brazos de PVC parezcan molestos, de hecho ayudan a estabilizar el instrumento en el momento que es elevado por la grúa.



**Figura 3.-** OBMT de GEOMAR en el momento del despliegue.

Equipamiento en cubierta				
Longitud 5 m*	Ancho 5 m*	Altura 1 m.	Peso 300 Kg.	

\* Longitud de los cuatro “brazos” donde se sitúan los electrodos (Figura 2).

### **Instrumentación del buque o sistemas portátiles que se emplearán**

#### Leg 1:

- Sistema informático con acceso a internet 24 horas
- Sistema informático procesado sísmica, Promax
- Sippican MK12 + XBTs: Medidas de velocidad del sonido en el agua para control de batimetría, 1 al día
- Ecosonda multihaz Aguas Someras: Batimetría y reflectividad del fondo < 1000 m.
- Ecosonda multihaz Aguas Profundas: Batimetría y reflectividad del fondo > 1000 m.
- Sistemas de adquisición y de procesado: Adquisición y control de calidad datos sondas
- Ecosonda paramétrica: Control de los primeros metros de sedimento, identificación rupturas en superficie y previo a la realización de muestreo de sedimento.



- Ecosonda hidrográfica EA600
- Equipo informático con kingdom suite: para el mapeo y control de calidad de los datos adquiridos
- Compresores (2)
- 17 OBSs + equipamiento para su despliegue: para la adquisición de sísmica de refracción
- Grúa para recogida de OBS
- Magnetómetro: Control de estructuras en profundidad. Para determinar la naturaleza (oceánica/continental) de la corteza.
- Gravímetro: Control de estructuras en profundidad y propiedades físicas.
- DP, posicionamiento dinámico

Leg 2:

- Sistema informático con acceso a internet 24 horas
- Sistema informático procesado sísmica, Promax
- Sippican MK12 + XBTs: Medidas de velocidad del sonido en el agua para control de batimetría, 1 al día
- Ecosonda multihaz Aguas Someras: Batimetría y reflectividad del fondo < 1000 m.
- Ecosonda multihaz Aguas Profundas: Batimetría y reflectividad del fondo > 1000 m.
- Sistemas de adquisición y de procesado: Adquisición y control de calidad datos sondas
- Ecosonda paramétrica: Control de los primeros metros de sedimento, identificación rupturas en superficie y previo a la realización de muestreo de sedimento.
- Ecosonda hidrográfica EA600
- Equipo informático con kingdom suite: para el mapeo y control de calidad de los datos adquiridos
- Compresores (2)
- Streamer 6 km + equipo adquisición sísmica multicanal: adquisición MCS
- Fuentes sísmicas (cañones + estructura): fuente de energía
- Magnetómetro: Control de estructuras en profundidad. Para determinar la naturaleza (oceánica/continental) de la corteza.



- Gravímetro: Control de estructuras en profundidad y propiedades físicas
- Grua que soporte 300 kgs para la recogida de OBMTs
- Cable conductor coaxial para el CSEM (Electromagnetismo) para ser usado a 5 km de profundidad

### **Requerimiento de apoyo técnico para asegurar el desarrollo de la campaña**

El apoyo técnico necesario es el referido en el apartado anterior, es decir los técnicos encargados del manejo de los OBS y MCS (técnicos OBS y adquisición sísmica, mecánicos de cañones, etc).

Aparte de ello se necesitará un técnico informático, y un técnico acústico para supervisión de las sondas de batimetría multihaz, el perfilador de sedimentos, así como el gravímetro.

### **Personal científico o técnico que embarcará.**

El listado de personal embarcante incluye a técnicos de la UTM e investigadores del grupo participante. Dependiendo de la época del año en que se realice, el listado de personal embarcante puede variar sustancialmente.

A continuación se incluye una lista con el posible personal científico-técnico embarcante por parte del grupo solicitante y sus colaboradores internacionales:

1. Valentí Sallarès (ESP)
2. César R. Ranero (ESP)
3. Ingo Grevemeyer (Alemania)
4. Luis Matias (Portugal)
5. Rafael Bartolomé (ESP)
6. Alcinoe Calahorrano (ESP)
7. Marina Viñas (ESP)
8. Laura Gomez (ESP)
9. Sergio Costa (ESP)
10. Estela Jimenez (ESP)
11. Adrià Meléndez (ESP)
12. Manel Prada (ESP)
13. Sara Martínez (ESP)
14. Daniel Dagnino (ESP)
15. Claudia Gras (ESP)
16. Alejandra Lago (ESP)



MINISTERIO  
DE ECONOMIA Y  
COMPETITIVIDAD

SECRETARÍA DE ESTADO  
DE INVESTIGACIÓN DESARROLLO E  
INNOVACION

DIRECCIÓN GENERAL  
DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y  
TÉCNICA

SUBDIRECCIÓN GENERAL  
DE PROYECTOS DE  
INVESTIGACIÓN

### **Reactivos y materiales peligrosos que se plantea embarcar**

No se embarcarán

### **Alternativas en caso de mal tiempo que puedan afectar a los muestreos previstos**

Durante periodos de mal tiempo que impidan el despliegue de OBS/OBMT o streamer las tareas se focalizarán en la adquisición de datos con la sonda batimétrica o el perfilador de sedimentos en las áreas de la zona de estudio que todavía no presentan una cobertura completa.