

**TECNOLOGIA**

# **SAGA,** el mayor su





# marino civil

El Saga representa un poderoso avance en el campo de los submarinos y podrá actuar, a partir de 1989, como una auténtica fábrica móvil destinada a la exploración de los fondos oceánicos. Sofisticados equipos electrónicos y un motor revolucionario le permitirán sumergirse a una profundidad dos veces mayor que la de los submarinos militares convencionales.

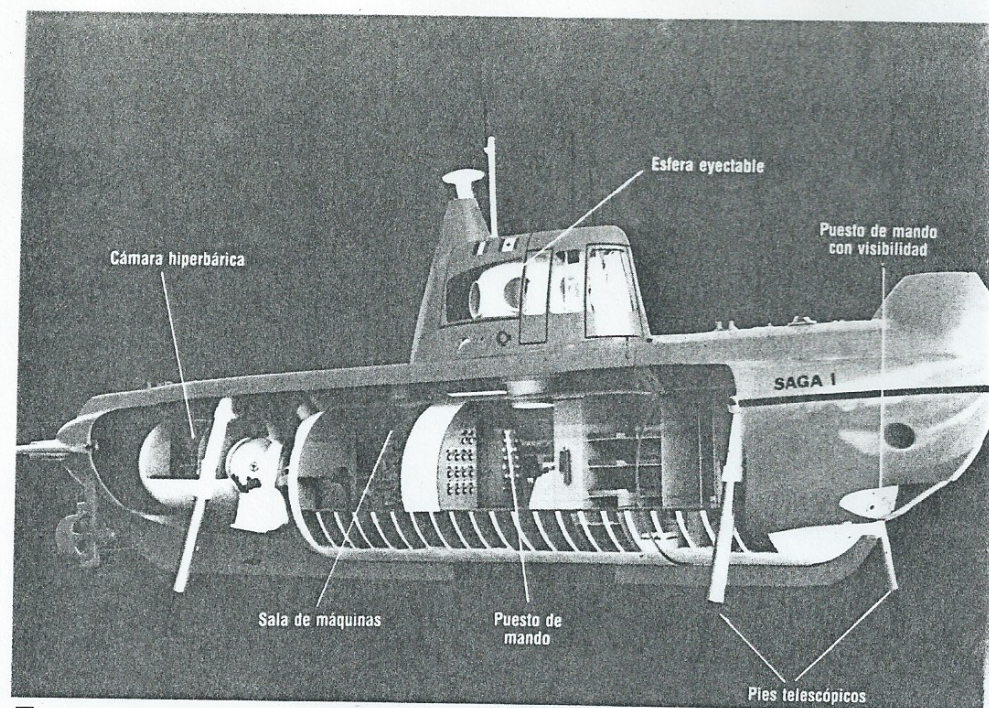


## TECNOLOGIA

**C**INCO años de estudios y trabajos en el proyecto *Argyro-nete* de Cousteau han permitido a la Compañía Marítima de Peritaje (COMEX) y al Instituto Francés de Investigación para la Explotación del Mar (IFRIME) construir el mayor (28 metros de largo, 7,40 de ancho y 8,40 de alto) y el más perfeccionado de todos los submarinos civiles.

El Saga 1 fue botado a la mar el 16 de octubre de 1987. Su primera salida e inmersión resultaron un éxito completo. El pasado 28 de febrero, durante una hora y media, el casco amarillo dorado del Saga evolucionó a una profundidad de 55 metros, llevando en su interior a trece personas, el número máximo que puede transportar a bordo. La experimentación hoy continúa y en el futuro se efectuarán inmersiones de prueba a profundidades de 520 y 600 metros. Si nada dificulta las actuales previsiones, el Saga será operativo en 1989.

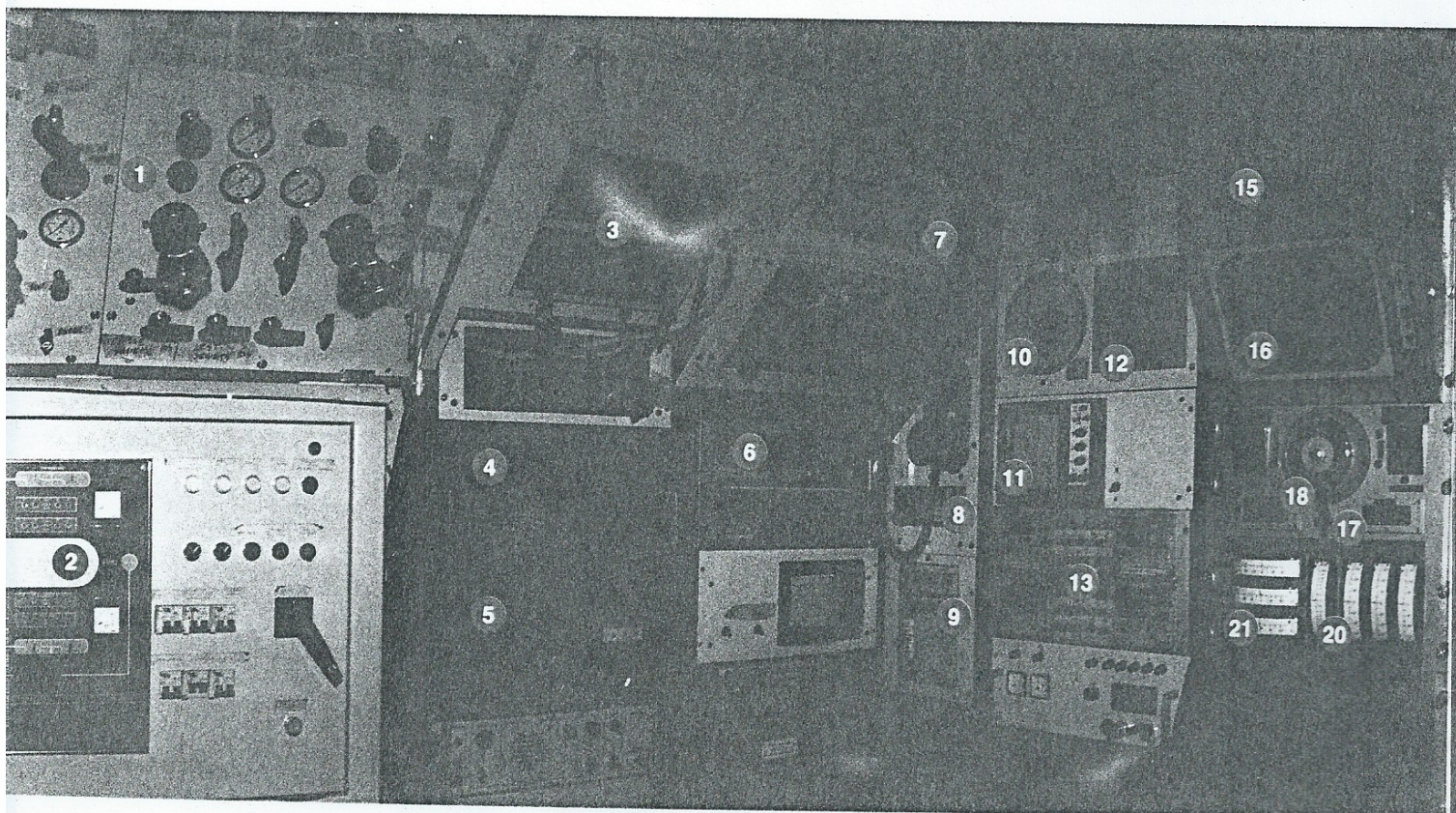
Este submarino, de gran autonomía, tiene una vocación estrictamente industrial y ha sido concebido para llevar a los gaseoductos y a las cabezas de los pozos petrolíferos sub-



**Esquema de la estructura del submarino Saga y sus distintas dependencias. Los pies telescópicos le permiten posarse sobre el fondo marino.**

marinos a los especialistas capaces de repararlos. Puede transportarlos solo, sin buque de superficie, hasta una distancia de 250 kilómetros desde su puerto de salida, a terrenos situados hasta 450 metros de profundidad y albergarlos allí durante una semana. Pero también puede poner en funcionamiento robots capaces de operar a una profundidad de 600 metros.

En principio, estaba previsto dotar ulteriormente al Saga con dos pequeños motores nucleares suministrados por una firma canadiense. Pero esta compañía ha decidido recientemente retirarse del proyecto, por lo que el submarino sólo será equipado con motores Stirling *anaeróbicos*, que funcionan sin aporte de aire. Todos los vehículos que se dedican a la exploración del fondo marino van impul-





sados por motores eléctricos que funcionan con baterías. Por ello, su autonomía no puede superar las cuarenta y ocho horas.

El Saga 1 es, sin embargo, otra cosa. Concebido para depositar a buceadores y robots en el fondo del mar, cuenta con numerosos adelantos técnicos que no tiene ningún otro submarino, incluso militar, como la cámara hiperbárica que acoge a seis buceadores en saturación. Mientras que para cualquier sumergible es muy difícil posarse en los fondos marinos, El Saga 1, gracias a sus cuatro *pies telescópicos*, puede posarse incluso sobre fondos que presenten un ligero declive. De este modo, se comporta como una auténtica base submarina móvil, estable, resistente a las corrientes del fondo y, por supuesto, independiente de las condiciones meteorológicas de la superficie.

### Instrumental sofisticado

Aunque hoy existen barcos provistos de cámara hiperbárica y de campanas de inmersión que permiten el trabajo de los buceadores hasta 350 metros, las intemperies los hacen frecuentemente inoperantes, sobre todo en el Mar del Norte, donde las plataformas petrolíferas requieren frecuentes intervenciones submarinas.

**El Saga, gracias a sus  
pies telescópicos, puede  
posarse sobre el fondo  
marino con gran  
estabilidad.**

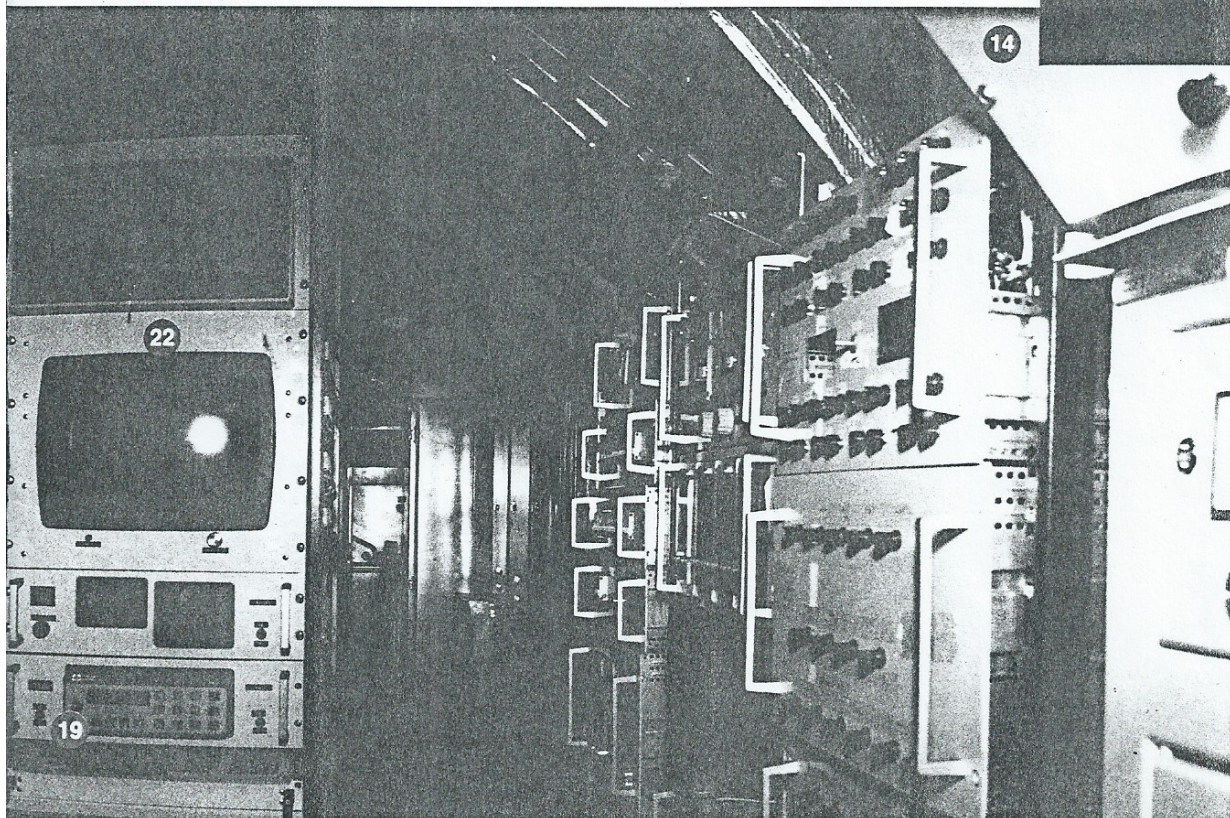
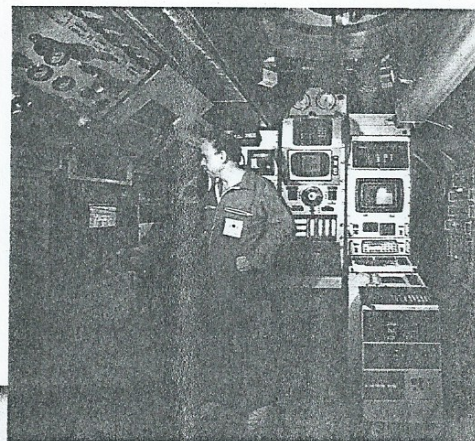
En su interior, en el puesto de mando, todo es controlado por un sofisticado instrumental (ver foto página 72). Un panel (1) agrupa todos los mandos manuales del sistema hidráulico. El tablero sinóptico (2) señala permanentemente el peso del submarino, ya que a medida que se va consumiendo el fuel y el oxígeno, el aparato se va haciendo más ligero y hay que compensar esta pérdida. Esto se hace rellenando unos lastres especiales en forma de depósitos de agua de mar bajo presión repartidos por todo el casco.

Justo al lado de este tablero se encuentran los mandos (3), que le per-

miten depositar en el fondo del mar balizas acústicas utilizadas como referencias de posición.

Provisto de pantallas de vídeo (4), un magnestoscopio para grabar imágenes (5) y siete cámaras de vídeo dispuestas en torno al casco, se obtiene una información continua, muy útil para distintas maniobras del submarino.

Su radio BLU (6) posibilita, en superficie, las comunicaciones a larga distancia. Interfonos, altavoces y distintos combinados telefónicos (7) sirven para diversas comunicaciones del submarino. El Tunx (8), un radioteléfono de ondas acústicas, es el único medio de comunicación con la superficie durante la inmersión. Las ondas herzianas no pueden atravesar el agua del mar más allá de una



**El puesto de mando, tal como se ve desde la sala de máquinas, y una misma vista de este puesto tomada con un aparato panorámico (ver el significado de los números en el texto).**



## TECNOLOGIA

decena de metros de profundidad. La radio VHF (9) sólo se utiliza en superficie.

En lo alto del siguiente bastidor, el tablero agrupa una parte del reglaje de los datos del piloto automático, como la indicación del rumbo (10). Dos pantallas de vídeo (11) y (12) muestran respectivamente las imágenes del sonar lateral, para la cartografía del fondo, y las imágenes de las cámaras del submarino.

Un panel doble (13) permite un control permanente del motor diesel.

**El habitáculo del submarino tiene capacidad para albergar a trece personas durante un mes.**

En él aparecen la temperatura del agua de refrigeración, la presión del aceite y las revoluciones. Las pantallas de control de los motores Stirling se encuentran en el armario de la derecha (14). En caso de accidente, este panel, al alcance inmediato del piloto, reagrupa los mandos de emergencia.

### Piloto automático

Una de las novedades más sorprendentes de este submarino es su sistema de pilotado automático, nada frecuente en un sumergible, y controlable por un sólo hombre. Como en

## El motor Stirling

EN 1827, el reverendo Robert Stirling inventó una máquina térmica muy diferente, en su principio, a los motores a los que estamos acostumbrados. El proceso se aplicó primero a la metalurgia y luego a la producción de bajas temperaturas, antes de caer casi en el olvido con la llegada de los motores de pistón y las turbinas. Pero hace unos veinte años, el laboratorio de investigación Philips, en Holanda, le dio una extensión considerable con la construcción de varios prototipos.

Al contrario que los motores de gasolina o diesel, en los que el aporte de calor es cíclico en función de las alternancias del pistón, el motor Stirling se acerca más bien a la máquina de vapor, con una caldera funcionando en continuidad y un conjunto de pistones-bielas que transfor-

ma las dilataciones del gas en movimiento rotativo. La gran diferencia está en que se trata, en cierto modo, de una máquina de vapor reciclada.

Simplificando mucho, el motor Stirling puede definirse como un largo cilindro que encierra dos pistones opuestos con un regenerador entre ambos; de este modo se delimitan dos volúmenes entre dicho regenerador y cada pistón. El primero, llamado volumen de expansión, se mantiene a alta temperatura mediante la fuente de calor; el segundo, el volumen de compresión, se mantiene a baja temperatura mediante un dispositivo de enfriamiento.

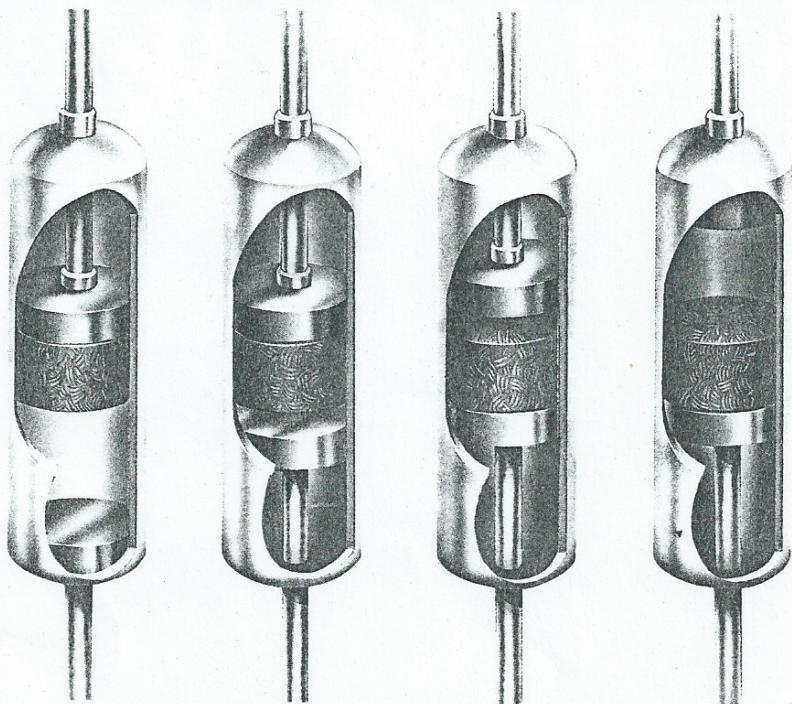
El ciclo completo consta de cuatro operaciones; para empezar, el aire, que sirve de fluido motor, ocupa todo el volumen de compresión y el pistón correspondiente entra en el punto muerto bajo; el otro pistón está también en el punto muerto, prác-

ticamente en contacto con el regenerador (1). El pistón de compresión comienza entonces a subir mientras el otro apenas se mueve; el aire se comprime a través del regenerador, lo que elevaría la temperatura si el sistema de enfriamiento no absorbiera el calor engendrado para mantener el volumen de compresión a temperatura constante (2). Luego, los dos pistones se desplazan juntos en el mismo sentido y el aire atraviesa el regenerador tomando calor, lo que aumenta su presión (3).

De ahí pasa a la cámara de expansión empujando al pistón correspondiente, pero al distenderse, su temperatura bajaría si la fuente de calor no le aportara las calorías necesarias para que esta temperatura permanezca constante (4). En su impulso, los dos pistones salen juntos en el mismo sentido, y el aire atraviesa de nuevo el regenerador dejando en él el calor, que se almacena así para el ciclo siguiente; pierde igualmente su presión, volviendo a las condiciones de salida, antes de reiniciar un ciclo completo.

Como en toda máquina térmica, el rendimiento está lejos de alcanzar el valor teórico. No obstante, con un motor muy bien hecho, y por tanto muy caro, puede superarse el rendimiento de un motor diesel. Por otro lado, ofrece sobre todo la gran ventaja de funcionar con una combustión continua: no hay problemas de dosificaciones intermitentes, y la fuente de calor es, de hecho, una caldera que puede regularse para su rendimiento óptimo con enorme precisión. Esta combustión tan controlada permite mantener al más bajo nivel las emisiones de compuestos nocivos como los hidrocarburos incinerados o los óxidos de nitrógeno y carbono.

En el caso del submarino Saga, el carburante destinado al motor Stirling es quemado por oxígeno y no por aire, lo que elimina toda posibilidad de óxidos de nitrógeno y asegura una calidad de combustión imposible de obtener de otro modo, de lo que resulta también una notable disminución del volumen de los gases de escape.





## TECNOLOGIA

todo móvil, es preciso conocer con precisión la velocidad para calcular el desplazamiento, y aunque esto no plantea ningún problema en un buque de superficie, en un submarino en inmersión no se dispone de ninguna referencia fija. En el Saga no hay central inercial, como en los submarinos militares. Lo que permite indicar en la pantalla (15) la velocidad y la distancia recorrida en un sonar de efecto Doppler corregido por dos girocompases. Su principio de funcionamiento es análogo al del cenómetro empleado por la policía, la onda acústica reflejada por el fondo recorta la onda emitida por el sonar, y el tiempo transcurrido entre la emi-

sión y el recorte de las dos ondas determina la velocidad del desplazamiento. Este sistema es operativo hasta 200 metros por encima del fondo con una precisión de  $\pm 10$  metros.

Otra innovación electrónica del piloto automático es que traduce la posición del Saga en una pantalla (16) bajo la forma de dibujos animados. El rumbo y la profundidad aparecen en estas pantallas numéricas (17) y el compás indica la dirección en un contador (18). En superficie, el Saga recurre a los sistemas de posicionamiento vía satélite y por radio balizas.

El Saga no tiene timón, pieza pesada que exigiría una poderosa mecánica para ser accionada. La dirección en plano horizontal viene asegu-

rada por un sistema poco corriente de toberas orientables. Dos pequeñas hélices transversales, situadas por delante y por detrás del submarino, y movidas por motores eléctricos, garantizan una mayor precisión en la orientación longitudinal.


Un papel primordial dentro del Saga lo cumple su ordenador central. A él van conectados más de 300 sensores y puede desencadenar 500 alarmas diferentes en el caso de que se produzca cualquier tipo de avería o accidente, como incendio, entrada de agua o fuga de una válvula. Por otra parte, realiza igualmente, en tiempo real, el cálculo del peso del submarino.

Por encima del puesto de mando se encuentra la esfera eyectable, que devolvería a la superficie a los tripulantes en caso de accidente. Los buceadores, al estar bajo presión en la caja hiperbárica, pueden ser rescatados por un buque provisto de campana de inmersión. En esta esfera, un tablero de mandos simplificado duplica el del puesto de mando para la navegación a cielo abierto en superficie.

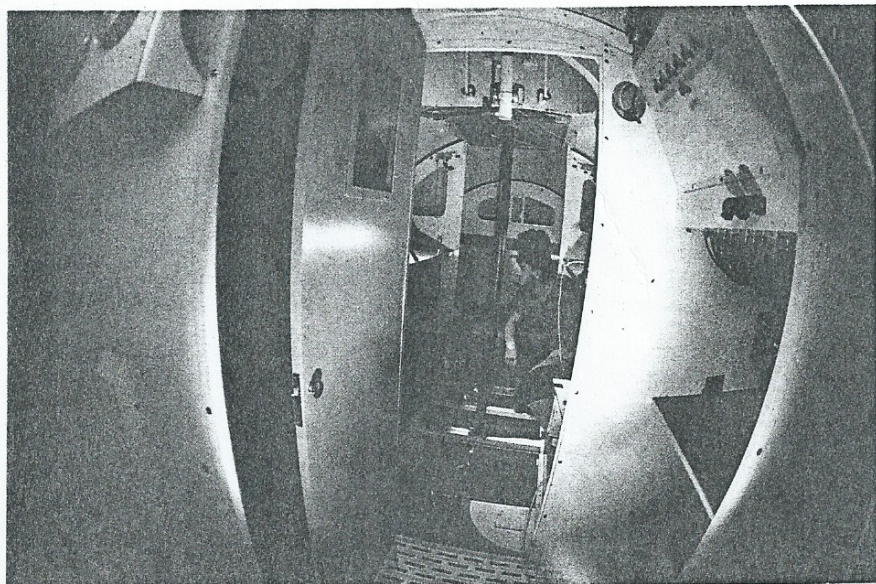
### Fábrica submarina móvil

Aunque el habitáculo para los pasajeros del Saga es pequeño, tiene todo lo necesario para permitir la vida de 13 personas durante un mes. Dispone de lavabo, salón y cocina. El fregadero cuenta con un sistema de lavavajillas por ultrasonidos y un aparato desalinizador del agua del mar produce hasta 700 litros de agua potable al día.

El Saga 1, concebido como una verdadera fábrica submarina móvil de gran autonomía, puede efectuar numerosas tareas con o sin ayuda de buceadores: salvamento en grandes profundidades, localización y recuperación de naufragios, enganche y vigilancia de *pipe-lines*, búsqueda de yacimientos, mantenimiento de plataformas petrolíferas, observaciones científicas y recogida de muestras.

La decisión de construir el Saga se acordó en 1982 y se contó para ello con un presupuesto de 150 millones de francos repartidos entre el IFRIME, la COMEX y el Fondo Especial de Hidrocarburos. Sus amplias posibilidades ya han despertado el interés de los militares. 

L. Douek



Arriba, aspecto de la cámara hiperbárica del submarino. Abajo, la parte del habitáculo destinada a servicio de cocina.

