

NAVE DE PROSPECCION MINERA PARA NUESTRO MAR PRESENCIAL

Carlos Quiñones López
Contraalmirante

INTRODUCCION

NUESTRA nación ha contribuido, con su empuje visionario y con la valiosa participación de algunos de sus destacados juristas en derecho internacional, a que la Convención del Derecho del Mar en Naciones Unidas reconociera internacionalmente el derecho de las naciones marítimas a explotar, en su propio beneficio, su mar hasta las 200 millas, abarcando su superficie, aguas, suelos y subsuelos. Al reconocerse esta Zona Económica Exclusiva pasamos a ser poseedores de un área económica equivalente a cuatro o más veces nuestra superficie terrestre continental.

Cabe considerar que la longitud total del litoral de los países de la Comisión Permanente del Pacífico Sur es de aproximadamente 4.700 millas, que se distribuye porcentualmente, de norte a sur, como sigue:

- Colombia: 9
- Ecuador: 10.3
- Perú: 26.9
- Chile: 53.8

Somos, por lo tanto, el país con la mayor extensión de Mar Patrimonial. Sin embargo, no poseemos aún un buque oceanográfico capaz de satisfacer las necesidades de la exploración y cuantificación de los recursos no vivos en tan extensa área.

Debemos considerar, además, que existe una continuidad espacial entre el territorio continental y antártico y la isla de Pascua y que cualquier recurso que se encuentre en su fondo marino puede ser explotado ventajosamente mediante la utilización de plantas de procesa-

miento de minerales instaladas en bases insulares y continentales de Chile. Esta continuidad y nuestra privilegiada ubicación geográfica crean el imperativo de realizar la investigación de los recursos minerales del fondo oceánico del Mar Presencial de Chile con una nave de investigación oceanográfica propia.

MORFOLOGIA DEL FONDO DEL MAR PRESENCIAL

Accidentes morfológicos

Los estudios realizados hasta ahora, especialmente en la placa Nazca, han permitido determinar la existencia de las siguientes características tectónicas principales:

—La Dorsal del Pacífico Oriental, que se extiende hacia el norte y hacia el sur, pasando por isla de Pascua.

—La Dorsal de Chile, que se extiende diagonalmente desde isla de Pascua hasta la península de Taitao.

—La Fosa de Chile, con profundidades de hasta 8 mil metros, se extiende frente a nuestras costas desde la latitud 18° sur hasta la latitud 43° sur, aproximadamente.

—La Cuenca de Chile, zona profunda, de mayor antigüedad y de más de 4 mil metros de profundidad, situada al frente de las costas de Chile, entre Arica y Juan Fernández.

—Una línea de montes submarinos que se inicia en la Dorsal del Pacífico Oriental a la altura de isla de Pascua, que se extiende hacia el este y continúa por Salas y Gómez hasta San Félix y San Ambrosio.

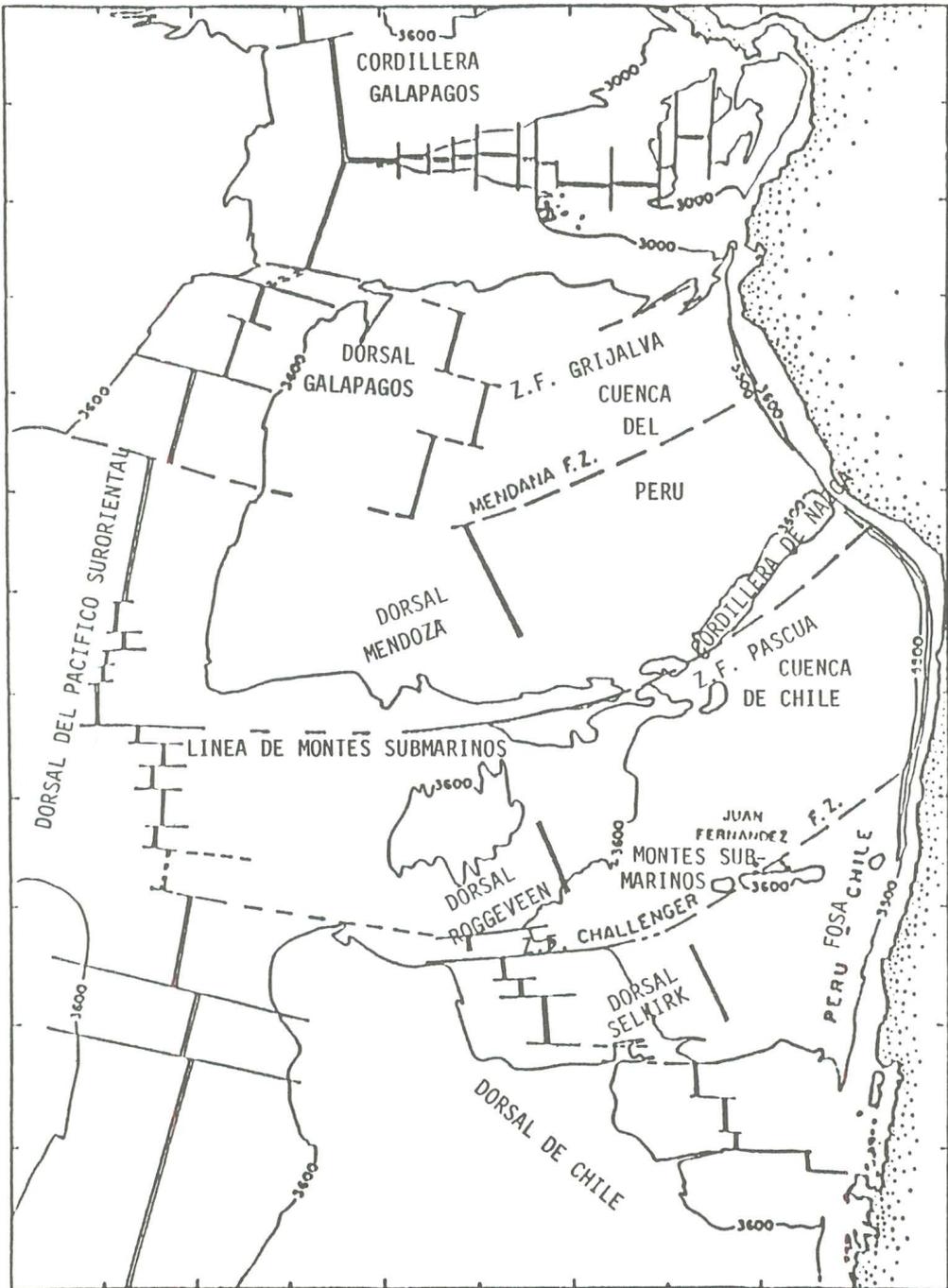


Figura 1. CARACTERISTICAS TECTONICAS PRINCIPALES DE LA PLACA DE NAZCA. LAS DORSALES MENDOZA, ROGGEVEEN SON SEGMENTOS DE LA DORSAL FOSIL PACIFICO-FARALLON (MAMMERICKX, 1980)

—Los montes submarinos en el área de las islas Juan Fernández.

Todas ellas están contenidas en un mismo océano o Mar Presencial que abarca desde el

paralelo 18° sur hasta la Antártica y desde la costa de Chile hasta el meridiano 115° oeste, con un área equivalente al 10% de la superficie del océano Pacífico (Figura 1).

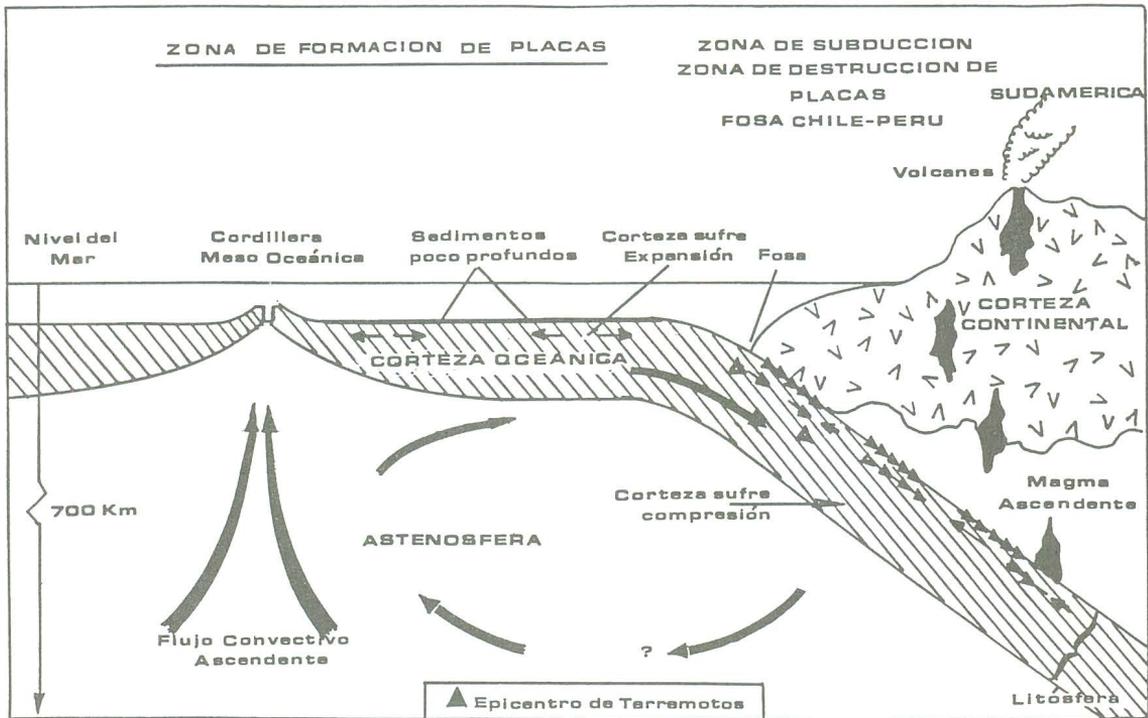


Figura 2. MOVIMIENTO DEL FONDO OCEANICO Y SUBDUCCION DE LA PLACA DE NAZCA

La Dorsal del Pacífico Oriental

Es una cadena de montañas submarinas en cuyo centro o eje está localizada la zona de divergencia de las placas del Pacífico y de Nazca. Desde este eje brota lava permanentemente, que forma nuevas rocas. Estas se desplazan junto con la corteza oceánica hacia el este a una velocidad promedio de 10 centímetros por año hasta encontrarse con el continente después de 35 millones de años. El eje de la dorsal se ubica a profundidades de 2.500 a 3.500 metros (Figura 2).

La Fosa de Chile

En la zona de encuentro o convergencia, la placa de Nazca está siendo empujada y obligada a meterse por debajo de la placa del Continente Americano. Las fuerzas generadas durante este proceso de subducción crean una fosa profunda que es también depositaria de los sedimentos provenientes del continente.

Se ha tratado de explicar científicamente los procesos de mineralización producidos en tierra, intuyendo que los minerales formados en la dorsal son transportados por la corteza y destilados durante su subducción y transferidos a la corteza continental.

SECTORES DE INVESTIGACION Y PROSPECCION DE MINERALES

Las dorsales oceánicas

Las investigaciones realizadas en la Dorsal del Pacífico Oriental, en las proximidades de la isla de Pascua, han permitido detectar sectores de formación de sulfuros polimetálicos. Al producirse la separación de placas brota la lava formando una nueva corteza que se enfría y agrieta a medida que se aleja lentamente desde el eje. En esas condiciones, grandes volúmenes de agua de mar filtran a través de las grietas y fracturas de la corteza oceánica y se calientan a medida que se profundizan. El agua caliente asciende reaccionando con los basaltos circundantes, produciendo su lixiviación y extrayendo una gran cantidad de metales sulfurados tales como hierro, manganeso, cobre y zinc. Asciende finalmente hasta el fondo marino y emerge como manantiales termales a 450°C de temperatura, formando chimeneas y provocando una lluvia de minerales a su alrededor. Estos antecedentes nos indican que tanto la Dorsal del Pacífico Oriental como la Dorsal de Chile son sectores prioritarios de investigación y de prospección de minerales; esta última se caracteriza por que se produce el encuentro de tres

placas y ha sido un centro de permanente interés científico.

La Fosa de Chile

Los desplazamientos de la placa de Nazca bajo el Continente Americano originan periódicamente movimientos sísmicos de regular y alta intensidad y generan *tsunamis* que pueden afectar nuestras costas y llegar hasta las más lejanas áreas del Pacífico.

Recientemente se ha podido constatar que en los valles y cañones submarinos se depositan sedimentos de metales pesados tales como oro, platino, rutenio, circonio, etc.

La fosa es, por lo tanto, otra zona de interés científico y económico.

La Cuenca de Chile

De los trabajos efectuados por expediciones extranjeras se puede predecir que la Cuenca de Chile cuenta con condiciones favorables para la existencias de depósitos de nódulos de manganeso polimetálicos de interés económico. Estos se han formado en zonas de lenta acumulación y de alta productividad. Normalmente los sedimentos arrastrados por la erosión de los continentes dejan sepultados los nódulos existentes. En el caso de Chile esto no sucede por cuanto los sedimentos quedan atrapados en la fosa antes que ocurra la sepultación de los nódulos.

Montes submarinos del Pacífico suroriental

Teóricamente se atribuye su formación a la existencia de puntos calientes en ciertas zonas de la placa de Nazca. A medida que la corteza se desliza por sobre estos puntos, las erupciones volcánicas originan un monte submarino o isla que aflora.

Esto explicaría la formación de cadenas de montes submarinos e islas desde Pascua hasta San Félix y San Ambrosio y de los montes submarinos e islas en Juan Fernández.

Investigaciones de muestras de cortezas sacadas en las laderas de montes submarinos, en otras áreas del Pacífico, han ubicado a profundidades de alrededor de los mil metros, cortezas ricas en cobalto, con mucho mayor contenido que en los nódulos de manganeso.

La región austral

En las regiones de latitudes altas como son las de Alaska en el hemisferio norte y las de nuestras islas australes al sur de Chiloé, procesos geológicos asociados con glaciares y mon-

tes de hielo han producido efectos erosivos y la separación de metales pesados y oro de las rocas. Debido a la variación de niveles del mar en diferentes períodos de glaciación, es factible encontrar placeres auríferos más allá de la línea de costa.

TRABAJO DE INVESTIGACION Y PROSPECCION

Con el objeto de dar una visión sucinta de las labores de investigación y prospección que son realizadas a bordo, a continuación se resume los trabajos principales con el objeto de que se puedan apreciar mejor los requerimientos de buques de prospección minera.

Batimetría

Los trabajos de prospección deben ser iniciados con el levantamiento de una carta del fondo marino capaz de mostrar con el máximo de detalle su morfología. Esto se realiza con el trazado de perfiles batimétricos simples o múltiples y su ubicación geográfica exacta, lo que se logra mediante la navegación por satélite. La carta con coordenadas geográficas precisas se obtiene mediante la integración simultánea de las ondas y los datos satelitales, trabajo que normalmente se efectúa en tierra y que puede realizarse, por ejemplo, a bordo del nuevo buque de investigación *Meteoro*.

Ubicación de sulfuros polimetálicos

En la búsqueda de sulfuros polimetálicos se hace descender un trineo fotográfico en las áreas que de acuerdo a la batimetría demuestra mejores posibilidades, el que es arrastrado desde la popa y se controla a una altura de alrededor de 15 a 20 metros sobre el fondo. El trineo lleva cámaras de tv, cámaras fotográficas y otros sensores, y desde una pantalla de tpc instalada en uno de los laboratorios a bordo se controla la altura del trineo y se evita que choque con alguna roca, pared o promontorio en el fondo. Cuando se observan chimeneas, grietas o zonas de interés se puede tomar fotografías a voluntad oprimiendo el botón de acción de la cámara, desde el laboratorio.

Simultáneamente se va midiendo la temperatura del agua con un sistema de monitoreo continuo y de alta resolución. Se pueden agregar al trineo varias botellas Niskin que pueden ser cerradas a voluntad en áreas de aguas turbias para su posterior análisis.

Así pueden ser detectadas zonas con indicios de actividad hidrotermal. La observación

es complementada en esas áreas con tomas de muestras de aguas a varios niveles, siguiendo un perfil vertical, para determinar su contenido de metano por medio de un espectómetro de masa.

Viene enseguida la fase de recolección de muestras de material rocoso mediante un proceso de dragado que consiste en remolcar una bolsa estructurada con cadenas con bordes de acero aserrados en su boca. Posteriormente se procede al análisis químico, a bordo y en tierra, de las muestras recolectadas.

Ubicación de nódulos de manganeso

Mediante el estudio de las cartas batimétricas y por observación directa con cámaras de tv son ubicados los lugares de acumulación de nódulos y se determina su abundancia por unidad de área. Con el lanzamiento de cogedores de nódulos de caída libre es posible recoger muestras de nódulos para hacer su análisis y determinar sus concentraciones de manganeso, cobre, níquel, cobalto, fierro y otros componentes. Parte de estos análisis son efectuados a bordo y los resultados definitivos evaluados en tierra.

Obtención de testigos de sedimentos metalíferos

Normalmente se puede obtener testigos de hasta 18 metros de longitud mediante diferentes tipos de sacatestigos operados desde a bordo hasta profundidades de agua de 8 mil metros. El análisis del fango sacado por estos testigos nos da luces sobre la historia geológica de la Tierra, la formación y existencia de minerales y otros antecedentes químicos y físicos. Algunos de ellos son guardados en espacios refrigerados para mantener y preservar sus condiciones originales y continuar su análisis en tierra. El manejo de los sacatestigos requiere el empleo de grúas de gran capacidad y de huinches capaces de operar con cables de acero de 10 mil metros de longitud y de 18 mm de diámetro.

Mediciones geofísicas

El estudio de las variaciones del campo gravitacional y del campo magnético terrestre constituyen una valiosa herramienta complementaria para ubicar yacimientos de minerales e hidrocarburos.

Los gravímetros son instalados en una posición lo más cercana posible al eje de giro del buque y los magnetómetros son llevados a remolque con un cable de mil metros de longitud.

Otros trabajos

Se ha resumido en forma general los trabajos principales que se espera realizar en un buque de prospección minera. La labor fundamental es la batimetría. En la extensa área del Mar Presencial de Chile su realización puede tomar fácilmente un decenio, que podría ser reducido intercambiando cartas de batimetría con Francia, Alemania y Estados Unidos.

Los instrumentos a instalar a bordo y a utilizar remolcados son numerosos y están siendo modernizados constantemente para optimizar la cantidad y precisión de los datos recolectados. Nuevos equipos son incorporados para satisfacer nuevos requerimientos.

Los sistemas de computación, integración de datos y automatización de las operaciones han sido incorporados definitivamente como valiosas e imprescindibles herramientas de investigación y se debe fundamentalmente a éstos el acelerado progreso científico en el conocimiento de los océanos.

REQUERIMIENTOS CIENTIFICOS DE UNA NAVE DE PROSPECCION MINERA

A continuación se enumera los requerimientos generales y comunes a todo buque de investigación oceanográfica:

Condiciones marlineras

El buque operaría en alta mar y debería ser capaz de efectuar batimetría en condiciones de mar fuerza 6 y trabajos de prospección en estación en condiciones fuerza 5.

Para un mejor comportamiento en navegación debe contar con aletas estabilizadoras. Para cumplir con los requerimientos de óptima maniobrabilidad en estación debe estar equipado con un timón Becker con aleta y una hélice transversal del tipo omnidireccional con aspiración desde el fondo y chorro de dirección controlada.

El casco debe ser con líneas hidrodinámicas de popa de forma asimétrica para mejorar el flujo de agua hacia el propulsor y reducir el consumo de combustible.

Se estima, en base a la experiencia, que una eslora entre perpendiculares de 80 metros, una manga de 14,50 metros y un calado máximo de 5 metros son adecuados para las condiciones de mar prevalecientes en las áreas de operación y desarrollar económicamente una velocidad de 14 nudos.

Condiciones de trabajo

Laboratorios, talleres y otros

Estos deben ser espaciosos y bien distribuidos, según se indica a continuación:

- En la cubierta de trabajo a estribor, adyacente al área de obtención de muestras geológicas, sería instalado el laboratorio geológico húmedo (60 metros cuadrados).

Siguiendo hacia proa por la misma banda irían los siguientes compartimientos:

- Sala de computación (30 metros cuadrados).
- Sala de dibujo e imprenta (30 metros cuadrados).
- Sala de conferencias (32 metros cuadrados).
- En la cubierta principal, a babor:
 - Taller mecánico (14 metros cuadrados).
 - Sala de medición y registros (25 metros cuadrados).
 - Sala de control de cañones de aire (10 metros cuadrados).
 - Laboratorio fotográfico (16 metros cuadrados).
 - En la cubierta principal, línea de crujía:
 - Laboratorio de gravimetría y magnetometría (30 metros cuadrados).
 - Sala de muestras de agua (3 metros cuadrados).
 - Pozo oceanográfico (2,4 metros cuadrados).
 - Ascensor para testigos y muestras (0,6 metros cuadrados).
 - En la segunda cubierta:
 - Laboratorio geoquímico húmedo (42 metros cuadrados).
 - Laboratorio geoquímico seco (38 metros cuadrados).
 - Laboratorio geofísico y sala del *hydrosweep* (35 metros cuadrados).
 - Laboratorio electrónico (18 metros cuadrados).
 - Taller de montaje (16 metros cuadrados).
 - Pañol de testigos y muestras (14 metros cuadrados).
 - Pañol de *streamer* (15 metros cuadrados).

En los laboratorios irían conexiones permanentes considerando la realidad presente y las necesidades futuras. Los sistemas de descarga de agua deben completar un solo colector de drenaje utilizable también para ácidos y residuos químicos. Todos descargarían a un estanque de desechos líquidos, sometido a vacío. El estanque debe estar presupuestado para 48 horas de operación "buque limpio", período en el

cual no se bombearía al exterior ningún líquido de laboratorio.

El poder eléctrico para los laboratorios debe contemplar las demandas presentes y futuras de energía, de voltaje y de frecuencia, con la estabilización correspondiente que requerirán los equipos e instrumentos actuales y futuros.

La cubierta de trabajo debe disponer de un espacio libre de 220 metros cuadrados para el manejo de equipos científicos, de muestras geológicas y la ubicación de contenedores.

Debe contar con calzos y sistemas para instalar provisoriamente huinches, equipos científicos, accesorios para maniobras, etc. Debe contemplar también espacio suficiente para instalar temporalmente tres contenedores.

Esta disposición permitirá un máximo de flexibilidad para adecuarse a diferentes tareas científicas y a la utilización de sistemas montados en contenedores. Estos pueden ser arrendados, con los equipos instalados en su interior, a instituciones científicas, en lugar de comprarlos. De esta manera se dispondría del espacio libre que dejan los equipos que son utilizados sólo para misiones especiales. Se tiene además la ventaja que los trabajos de alistamiento, ajuste, calibramiento y pruebas de los sistemas montados en contenedores serían realizados en tierra y podrían ser utilizados en un mínimo de tiempo y después de un corto período de montaje a bordo. Debe contarse con todos los accesorios y alimentaciones de poder eléctrico, agua, sistemas de comunicaciones, etc., para conectarse a los contenedores.

Grúas

Se deberá maniobrar con cargas pesadas en diferentes tareas, tales como obtención de testigos con muestras de sedimentos, dragado del fondo a grandes profundidades para obtener muestras de rocas superficiales, remolque de sensores remotos para efectuar mediciones y examinar el fondo con equipos fotográficos y de video y para bajar y subir equipos submarinos de control remoto. La mayoría de estos implementos son relativamente pesados, con varias toneladas de peso, lo que hace difícil su manejo. Además, es necesario maniobrar con tales dispositivos a una distancia lo suficientemente alejada del costado y de la popa para evitar golpearlos y dañarlos por los movimientos de cabeceo y de rolido, por las corrientes marinas y por el giro de la hélice.

Se sugiere contar con un pescante en forma de A instalado en el extremo de popa sobre una rampa de 6 metros de ancho. Su sistema hidráulico debe tener una capacidad de levante



BUQUE CIENTIFICO "METEORO"

de 20 toneladas. Se laborearía aquí un cable para operar equipos a grandes profundidades, con una longitud de 10 mil metros y 18 milímetros de diámetro. Varios elementos: Dragas, trineos fotográficos y complejos equipos sensores, tales como el Depp-Tow, Sea Mark III y Gloria, son colgados desde ese cable, se hacen descender y remolcan a diferentes profundidades de operación.

Se requiere de una grúa especial articulada y telescópica de gran alcance y de operación hidráulica con una capacidad de levante en la mar de 6 toneladas y en puerto de 15 toneladas. Con el brazo telescópico afuera tendría un alcance de 20 metros con una capacidad de 5 toneladas. Esta grúa serviría de apoyo a los trabajos científicos y sería de utilidad en las faenas de carga y descarga en puerto. Con dicho alcance pueden cubrir todo el área de trabajo de popa.

Se requiere de una grúa telescópica trans-

versal instalada inmediatamente a popa de la chimenea que opere a más de 5 metros de altura sobre la cubierta de trabajo, con un alcance fuera de la borda de hasta 3 metros y con una capacidad de levante de 20 toneladas. Por esta grúa laborearía un cable para alta profundidad de 10 mil metros y 18 milímetros de diámetro que sería utilizada para maniobrar con sacates de diferentes tipos y dimensiones de hasta 18 metros de largo.

Se requiere además de una grúa relativamente pequeña de 3 toneladas, instalada en la popa en la banda de estribor y delante de la caseta, que podría operar independientemente o en conjunto con la grúa telescópica de 20 toneladas.

Las fotografías insertas, que muestran el costado de popa estribor del *Meteoro* y del *Sonne*, permiten apreciar tal esquema de grúas que han demostrado ser altamente efectivas.

Huinches

Los huinches deben ser accionados hidráulicamente con fluido a presión intermedia y controlados localmente. Debe haber un sistema hidráulico central capaz de alimentar a todos los centros de consumo. La estación central permitiría reducir el número de salas hidráulicas y economizar energía. Cada huinche debe tener un sistema limitador de tensión para evitar sobrecargas en el cable y la posible pérdida de los equipos.

Principalmente, serían instalados los siguientes huinches, todos con sistemas registradores de tensión, velocidad y longitud de alambre.

—Uno para alta profundidad con dos tambores cada uno, 10 mil metros de cable y 18 milímetros de diámetro, con una velocidad máxima de 120 metros por minuto. Debe tener sistemas de amortiguamiento dinámico.

—Dos para alta profundidad, adicionales y de repuesto, con cable de 7 mil metros y de 12 a 18 milímetros de diámetro cada uno.

—Uno hidrográfico para 6 mil metros, con alambre y con cable conductor de 4 a 8 milímetros de diámetro.

Los huinches auxiliares serían precisados durante el desarrollo del proyecto.

Tiempo en la mar y distancia franqueable

El buque debe tener una autonomía de 45 días y una distancia franqueable de 8 mil millas. La capacidad de los pañoles de víveres, frigoríficos e insumos científicos y capacidad de petróleo deben ser determinados en base a estos parámetros. Normalmente y mientras no sea construido un puerto en isla de Pascua, su puerto de operación, de salida y de regreso sería Valparaíso.

Habitabilidad para científicos y técnicos

El buque debe tener una capacidad para 18 científicos y 6 técnicos, incluyendo un médico, aparte de las acomodaciones adicionales para oficiales y personal de 30 personas, todo apto para civiles que deben soportar largos períodos en la mar.

—El jefe de la expedición, un camarote independiente con una sala de estar con mesa para reuniones, una cama de 2 por 1,5 metros,



BUQUE CIENTIFICO "SONNE"

roperos, libreros, escritorios y baño con ducha (30 metros cuadrados).

—Nueve camarotes dobles para damas científicas con ducha y baño privado (14 metros cuadrados cada uno) con dos roperos, una mesa de trabajo, librero, sofá y dos sillas.

—Seis camarotes dobles para científicos y técnicos (con un baño y ducha común cada dos camarotes), dos roperos, una mesa de trabajo, librero, sofá y dos sillas.

—Una enfermería con dos camas, una de ella con soporte antibalance. El camarote del médico, adyacente a la enfermería, debe tener una sala de consultas, más los elementos comunes a los otros camarotes.

—Un gimnasio de 35 metros cuadrados con todos los equipos modernos para ejercicios físicos para los científicos y tripulación.

Operación económica

La planta propulsora debe ser diesel-eléctrica, de corriente alterna, con motores diesel de velocidad intermedia y diseñados para operar con combustibles pesados IFO-80, tanto en navegación como para estación.

Para satisfacer los poderes de propulsión y la demanda de energía para el servicio y equipos de a bordo, tanto en navegación como en estación, deben ser instalados cuatro equipos diesel-alternador de igual capacidad. Uno de los grupos permanecerá en *stand by*.

El mencionado arreglo reduciría los costos de operación porque permitiría mantener una carga óptima en cada grupo y utilizar combustible de menor costo.

Los motores deben tener un solo eje propulsor con una hélice de paso variable movida por dos motores eléctricos de corriente alterna, en línea.

Condiciones acústicas

Debe cumplirse con las siguientes normas de nivel de ruido en los diferentes departamentos del buque, en dB A, adecuados para la operación de instrumentos, en especial de los sonares y ecosondas:

- Acomodaciones, camarotes y oficinas: 60.
- Cocina, comedores, sala de estar: 65.
- Puente: 60.
- Sala de radio: 60.
- Espacios de maquinaria: 85.
- Sala de control de la maquinaria: 70.
- Laboratorios: 60.
- Talleres y pañoles: 85.

Los grupos diesel-alternador deben ir montados en soportes elásticos y cada uno es-

tar encerrado en una cápsula absorbidora de ruido. También deben tener una copla flexible tipo Vulkan. Para reducir la transmisión al casco de las vibraciones excitadas por la hélice, el eje de cola será soportado por un sistema Grim.

Todos estos requerimientos, más la hélice transversal omnidireccional, son para reducir el nivel de ruido y mejorar las condiciones de operación de los sistemas hidroacústicos.

Velocidad

Debe ser adecuada a su misión, controlable a muy bajas velocidades y con puestos de control para facilitar su operación en navegación y en estación.

La velocidad en las pruebas de recepción debe ser de 14 nudos a máxima carga. Mediante el sistema diesel-eléctrico y hélice de paso variable sería posible controlar una amplia gama de velocidades para operar tanto en estación como en navegación.

El buque podría ser operado y controlado desde consolas instaladas en el puente y en la sala de control de los huinches, teniendo en ambas todos los instrumentos y controles necesarios para operar la planta propulsora, la hélice transversal de proa y las aletas estabilizadoras.

Carga científica

Adecuada para equipos e insumos pertinentes, con grúas aptas para su manejo.

Se debe disponer de una capacidad de 630 metros cúbicos para colocar todos los equipos y accesorios científicos.

SISTEMAS CIENTIFICOS Y DE NAVEGACION

El autor estima que la tarea de prospectar los recursos minerales submarinos en la extensa área del Mar Presencial de Chile, equivalente al 10 por ciento de la superficie del océano Pacífico, no será posible realizarla en un período inferior a dos decenios. Ya hemos mencionado que sólo la batimetría demorará más de diez años. Por tal motivo, la nave debe estar equipada con los sistemas de mayor capacidad, más modernos y eficientes existentes, si queremos efectivamente alcanzar la meta de participar en la minería submarina para el siglo XXI. A continuación se expone los sistemas óptimos con que debería contar esta nave.

Sistema de navegación

Debe ser un sistema integrado para determinar y registrar la posición de la nave con la

más alta precisión. Sus sensores deben incluir navegación por satélites, radares, radiogoniómetros, girocompás, correderas *doppler*, registro de las revoluciones por minuto del propulsor, ángulo del timón, datos todos que deberán ser integrados en un procesador de navegación.

Este debe tener capacidad para registrar el *track* y seguir con piloto automático uno planificado, corregir las desviaciones y conducir la nave a uno nuevo, llevándola al nuevo punto de partida y desde allí a la nueva meta preestablecida. Esto permitirá seguir secuencialmente varios *track* paralelos para registrar continuamente la batimetría y hacer la categoría del fondo marino de una extensa área.

Sistema hidroacústico

Además del ecosonda de navegación, deben ser incorporados dos ecosondas científicas Krupp Atlas Electronic similares a los instalados en el nuevo *Meteoro*; éstos son los siguientes:

—El sistema de haces múltiples Hydrosweep que contiene un sistema de corrección automática de la deflexión de la onda y de la velocidad del sonido en el agua, sin requerir de ningún ajuste adicional para esas variables.

El computador de este sistema sería integrado con el sistema de navegación para hacer a bordo y no en tierra el trazado de las cartas batimétricas con coordenadas geográficas exactas.

—Un ecosonda Parasound de haz angosto combinado con baja frecuencia. Este sistema utiliza el efecto paramétrico de la baja frecuencia para penetrar las capas de sedimentos.

La estabilización de los transductores se realiza electrónicamente, lo que disminuye la necesidad de mayor espacio para su montaje, reduce el consumo de energía y acorta los períodos de mantenimiento.

Sistema de información

Habría un sistema central integral que permitiría a los usuarios registrar y/u observar en su lugar de trabajo cualquier dato del sistema integrado de navegación de la central de sondeaje, del reloj central y de los registros del computador del huinche, como asimismo las interfaces de los equipos que sean instalados provisoriamente para misiones específicas.

Se tendrían enchufes de datos instalados en cada laboratorio, evitando así la instalación de cables provisorios para conectar determinados sensores.

Con este sistema se reduce el número de

registradores y de pantallas en los laboratorios y se facilita el trabajo de los científicos, que podrán disponer en todo instante de todas las informaciones que requieran.

SUGERENCIAS PARA LA MATERIALIZACIÓN DEL PROYECTO

El presente trabajo pretende lograr solamente un esquema general de los requerimientos científicos y técnicos que, de acuerdo a la experiencia del autor, debería cumplir básicamente un buque para efectuar la prospección de los recursos minerales submarinos del Mar Presencial de Chile.

La materialización de un proyecto de esta complejidad y envergadura puede abarcar un período de cinco o más años ya que se debe completar el tiempo suficiente para obtener el financiamiento, precisar y coordinar los diferentes requerimientos, elaborar las especificaciones, llamar a licitación y efectuar la construcción de la nave.

Aun cuando la idea fundamental se ha concentrado en el área de geología marina con sus correspondientes áreas de subespecialización, no cabe duda alguna que es científicamente conveniente y necesario incluir actividades de investigación de oceanografía física y química, ya que éstas son complementarias a la prospección de minerales.

Se sugiere seguir, en líneas generales, el siguiente esquema de trabajo:

—Establecer un acuerdo de cooperación técnico-financiero con un país, previamente seleccionado, con amplia experiencia y liderazgo en la investigación de los océanos y que tenga interés en efectuar trabajos de investigación y de minería submarina en el Pacífico suroriental.

El acuerdo podría contemplar un préstamo para la construcción del buque y la donación del equipamiento científico, previo convenio de explotación minera conjunta en el futuro.

El país seleccionado designaría un banco para la concesión del crédito financiero y una institución para el suministro de equipamiento científico.

El Gobierno de Chile seleccionaría una firma consultora del país elegido, para desarrollar el proyecto, preparar las bases de licitación y construcción. Esta firma actuaría en estrecha colaboración con la institución proveedora de los equipos y con científicos chilenos. En la fase inicial serían evaluados los requerimientos científicos y técnicos y elaboradas las especificaciones completas con los detalles suficientes para llamar a licitación.

Una vez terminada la elaboración del

proyecto se llamaría a propuestas para la construcción del buque oceanográfico.

Durante la construcción y antes de que el buque entre en operación serían elaborados

planes de investigación conjunta entre científicos del país seleccionado y científicos chilenos y se alistaría el buque para el cumplimiento de su primera misión.

BIBLIOGRAFIA

- **Martínez Busch, Jorge:** "Ocupación efectiva de nuestro mar. La gran tarea de esta generación", *Revista de Marina* N° 3/1990.
- **Quiñones López, Carlos:** "Perspectivas de la minería submarina", *Revista de Marina* N° 4/1982.
"Los sulfuros polimetálicos en el Mar de Chile", *Revista de Marina* N° 5/1983.
"Prospección de sulfuros polimetálicos en el Mar de Chile". Simposio de Recursos Marinos del Pacífico, publicado por W.S. International Sea Grant y la Escuela de Ciencias del Mar, Universidad Católica de Valparaíso, Chile, 1983.
"Anteproyecto para la Evaluación del Potencial Minero del Fondo Oceánico en el Mar de Chile", Informe 242-83 presentado al Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico por un grupo de científicos coordinados por el autor, 1984.
- **John C. Daidoba and James J. Griffin:** *Developments of Oceanographic Ship*, SNAME, Transactions, vol. 94, 1986, pp. 121-158.
- *Nazca Plate: Crustal Formation and Andean Convergence*, The Geological Society of America Inc., Memoir 154, 1981.
- *Academic Research Vessel. 1985-1990*, National Research Council, National Academic Press, Washington, D.C., 1982.
- *R. V. Sagar Kanya*, Department of Ocean Development, Government of India, published by German Agency for Technical Cooperation (GTZ), 1983.
- "The new research vessel Meteor", German Maritime Industry Journal, special number "Meteor", march 1986.

