



CONVENCION
DE LAS NACIONES UNIDAS
SOBRE EL DERECHO DEL MAR

Distr.
RESERVADA

LOS/PCN/BUR/INF/R.4
2 de diciembre de 1987
ESPAÑOL
ORIGINAL: FRANCES

COMISION PREPARATORIA DE LA AUTORIDAD
INTERNACIONAL DE LOS FONDOS MARINOS
Y DEL TRIBUNAL INTERNACIONAL DEL
DERECHO DEL MAR
Nueva York, 7 a 18 de diciembre de 1987

EXTRACTOS DE LA SOLICITUD PRESENTADA POR FRANCIA PARA
INSCRIPCION COMO PRIMER INVERSIONISTA CON ARREGLO A LA
RESOLUCION II DE LA TERCERA CONFERENCIA DE LAS NACIONES
UNIDAS SOBRE EL DERECHO DEL MAR, DISTRIBUIDOS A LA MESA
AMPLIADA CON EL CONSENTIMIENTO DEL SOLICITANTE

I. IDENTIDAD DEL SOLICITANTE

1. La Association Française d'Etudes et de Recherche des Nodules, en lo sucesivo denominada AFERNOD, se constituyó en noviembre de 1974 mediante la agrupación de empresas públicas y privadas con arreglo al derecho francés. Los asociados decidieron aportar a un fondo común los medios necesarios para alcanzar los objetivos de la AFERNOD, a saber:

a) Efectuar trabajos relacionados con los nódulos polimetálicos de los fondos marinos con objeto de obtener un título de exploración y explotación mineras;

b) Estudiar las soluciones que permitan su explotación.

2. En aplicación de los artículos 1871 a 1872-2 del Código Civil, la AFERNOD tiene el carácter de sociedad en participación sin personería jurídica. Pese a ello, los asociados, haciendo uso de la facultad de acordar libremente el funcionamiento y las condiciones de las sociedades en participación establecida por el artículo 1871-1, inciso 2, del Código Civil, han concertado, por convención, las cuestiones relativas a la organización y el funcionamiento de la AFERNOD. La Convención de 28 de noviembre de 1985, por la que se rige la AFERNOD, se ha concertado entre los cuatro miembros siguientes:

a) El Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER),
66 Avenue d'Iéna, 75116 París;

- b) El Commissariat à l'Energie Atomique (CEA),
33 rue de la Fédération, 75115 París;
- c) La sociedad IMETAL,
33 Avenue du Maine, 75115 París;
- d) La empresa Chantiers du Nord et de la Méditerranée (NORMED),
28 rue Dumont d'Urville, 75116 París/

3. La mencionada Convención, que expresa la voluntad e intenciones de los miembros de AFERNOD, sustituye a las de 1° de noviembre de 1974 y 22 de septiembre de 1978. Sus principales disposiciones son las siguientes:

a) La gestión de la AFERNOD se ha encomendado al Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (artículo 3-1 de la Convención de 28 de noviembre de 1985), en lo sucesivo denominado IFREMER, entidad pública de carácter industrial y comercial, que goza de personería jurídica con arreglo a las normas generales del derecho francés sobre la materia y al decreto No. 84-428, de 5 de junio de 1984, relativo a la creación, organización y funcionamiento del IFREMER;

b) El IFREMER, en su calidad de administrador de la AFERNOD, es la única entidad que responde ante terceros y dispone de los poderes necesarios para el logro de los objetivos de la asociación (artículo 4-1, inciso 1, de la Convención de 28 de noviembre de 1985);

c) Por consiguiente, corresponde al IFREMER, en su calidad de administrador de la AFERNOD, gestionar ante las autoridades nacionales e internacionales competentes las diligencias necesarias para obtener los títulos mineros que se exigen para la exploración y explotación de yacimientos de nódulos polimetálicos (artículo 11-1, inciso 1, de la Convención de 28 de noviembre de 1985).

4. De conformidad con lo dispuesto en el párrafo 2 de la resolución II del Acta Final de la Tercera Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar, el IFREMER ha puesto en conocimiento del Gobierno de la República Francesa su solicitud de inscripción como primer inversionista, para su transmisión a la Comisión Preparatoria de la Autoridad Internacional de los Fondos Marinos y del Tribunal internacional del Derecho del Mar.

II. METODO DE ESTIMACION DEL VALOR COMERCIAL DE LAS AREAS COMPRENDIDAS EN LA SOLICITUD DE FRANCIA

5. El apartado a) del párrafo 3 de la resolución II del Acta Final de la Tercera Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar dispone que la solicitud del primer inversionista debe indicar los elementos que permitan la división de las áreas objeto de la solicitud en dos partes de igual valor comercial estimado. La Declaración aprobada por la Comisión Preparatoria el 5 de septiembre de 1986 para la aplicación de la resolución II (LOS/PCN/L.41/Rev.1) confirma dicha disposición.

/...

6. La determinación del valor comercial es una operación compleja en la que se presupone que las condiciones en que pueden explotarse los nódulos polimetálicos son susceptibles de definición y que se ha logrado identificar un yacimiento explotable.

A. El concepto de yacimiento explotable

1. Condiciones técnicas y económicas de explotabilidad

7. En el estado actual de los conocimientos sobre los recursos minerales de los fondos marinos de alta mar es difícil hablar de reservas, en el sentido que se admite generalmente de toneladas de mineral susceptibles de explotarse con los medios económicos y tecnológicos actuales.

8. En efecto, los estudios económicos más optimistas ponen de manifiesto que, aun suponiendo que los sistemas de explotación propuestos resulten ser tan eficaces como se espera, para prever el inicio de una operación comercial habrá que esperar a que se produzca un saneamiento importante del mercado de los metales de que se trata (manganeso, níquel, cobre, cobalto).

9. Por lo demás, el monto de información de que actualmente se dispone como consecuencia de las prospecciones realizadas en el curso de los últimos años no permite evaluar el tonelaje de nódulos que puede recuperarse con las tecnologías de explotación actualmente previstas.

10. En efecto, dichas técnicas exigen centrarse únicamente en los yacimientos que presentan:

a) Una concentración media de nódulos (húmedos) en el fondo del orden de los 15 kilogramos por metro cuadrado;

b) Leyes metálicas correspondientes, por término medio, al 29% de manganeso, 1,35% de níquel, 1,25% de cobre y 0,25% de cobalto;

c) Pendientes de hasta el 10%;

d) Un mínimo de obstáculos fácilmente detectables y eludibles;

e) Una anchura superior a 1 kilómetro;

f) Suelos de resistencia suficiente y homogénea en toda la superficie.

2. Morfología del yacimiento potencial

11. La información detallada que hemos recogido sobre determinadas partes del área nos autoriza a estimar que existen yacimientos continuos de varias decenas de kilómetros cuadrados que responden a las características mencionadas.

/...

12. Esos yacimientos "explotables" están separados por zonas inaccesibles para los sistemas mineros de primera generación, ya sea por razones topográficas (laderas de colinas jalonadas de acantilados, depresiones con bordes abruptos), ya sea, debido a una densidad insuficiente de nódulos o a una ley insuficiente de metales útiles en dichos nódulos.

3. Distribución geográfica de los yacimientos explotables

13. Estamos convencidos de que en las áreas comprendidas en la solicitud de Francia dichos yacimientos pueden encontrarse prácticamente en cualquier parte, aunque no con la misma probabilidad de uno a otro lugar. En algunos, la topografía no planteará problemas, pero la delimitación de las superficies de concentración media suficientemente elevada será difícil. En otros habrá nódulos en abundancia, pero la acumulación de obstáculos dificultará la explotación y la hará más arriesgada.

14. Es probable que en última instancia se encuentren diferencias en la densidad de los yacimientos de una u otra zona. Ello no nos parece un obstáculo insuperable, siempre que el tonelaje total sea el mismo, evidentemente en una superficie más extensa. En efecto, cada yacimiento elemental permitirá asegurar que un sistema minero se mantenga en producción durante varios meses, mientras que el tiempo de desplazamiento del sistema se mide en horas.

15. La duplicación o incluso triplicación de dicho tiempo de desplazamiento no repercutirá sustancialmente en el rendimiento global. Cabe señalar, por lo demás, que habrá que prever desplazamientos periódicos mucho más importantes en la parte oriental debido al riesgo que presentan los ciclones.

4. Recursos para la explotación ulterior

16. Cabe señalar que la explotación por yacimientos, tal como la concebimos, permite realizar una explotación comercial con sistemas de primera generación sin excluir la posibilidad de volver a explotar las zonas más difíciles en una fase posterior con sistemas más eficaces, que sólo podrán desarrollarse a la luz de la experiencia adquirida y de la evolución de la técnica.

B. Valor comercial estimado sobre la base de los recursos "in situ"

17. Ante la imposibilidad de estimar en el momento actual incluso los tonelajes explotables con sistemas de primera generación, el valor comercial de las áreas de la solicitud se ha estimado basándose en el de los recursos "in situ", es decir, en el del tonelaje de nódulos presentes en el fondo y los tonelajes de metales útiles (manganeso, níquel, cobre, cobalto) contenidos en dichos nódulos.

/...

III. MEDIOS DE EXPLORACION UTILIZADOS

18. En 1975, Francia inició la exploración intensiva de las zonas de nódulos en el Pacífico septentrional; los medios de explotación, inicialmente de diseño sencillo pero bien adaptados a las necesidades del momento, han mejorado sustancialmente a medida que se ha puesto de manifiesto la necesidad de contar con un conocimiento cada vez más detallado. Fuera de los equipos especialmente concebidos para el reconocimiento de los yacimientos de nódulos, se ha recurrido a un cierto número de medios utilizados en general por el IFREMER para la exploración de los fondos oceánicos.

A. Sistemas de navegación

19. La localización del navío es un problema muy común en los trabajos de alta mar. Aparte de la localización astronómica, que hoy en día se utiliza muy rara vez, actualmente disponemos de un conjunto de sistemas de localización de precisión variable, desde varios kilómetros hasta una decena de metros.

20. Los sistemas disponibles en el Pacífico central utilizan satélites. El sistema más antiguo (Transit) se utiliza muy frecuentemente. Señala la posición del navío, por término medio una vez por hora, con una precisión del orden de 1 kilómetro. Entre esos puntos se recurre a la navegación por estima, cuya precisión depende de la exactitud con que se conozca la velocidad real del navío. Ese sistema ha sido actualmente superado por el GPS (Sistema mundial de fijación de posiciones), que permite una precisión muy superior, del orden de las decenas de metros.

21. Para los trabajos detallados en zonas relativamente restringidas se recurre a la navegación acústica de base larga. Este sistema, que requiere fondear un conjunto de balizas acústicas y calibrar el campo así obtenido, permite la localización, con una precisión a menudo superior a unos 10 m, no sólo del navío sino también de cualquier otro dispositivo equipado con una baliza acústica.

B. Equipos para trabajos en terreno

1. Muestreo

Muestras de nódulos

22. La cámara adosada al recogedor de muestras ofrece una imagen, ligeramente oblicua en relación con la vertical, de un sector de aproximadamente 1 m^2 ; la muestra, que se obtiene prácticamente al mismo tiempo que en la fotografía, abarca teóricamente una superficie de $0,18 \text{ m}^2$.

23. El rendimiento del sistema de muestreo, variable según la dimensión de los nódulos, no permite traducir directamente en términos de concentración (kilogramos húmedos por m^2) el peso de las muestras de nódulos; ese parámetro esencial se deduce mediante un estudio crítico comparativo de la muestra y la fotografía del fondo.

/...

24. Esta máquina de muestreo se ha utilizado intensivamente durante los primeros años de prospección y ha demostrado ser muy fiable (tasa de pérdida del orden del 1%). Cada punto de muestreo constituye una estación; el agrupamiento de varias estaciones (por lo general 5 ó 7) constituye una localidad. Desde 1975 se han estudiado unas 3.400 estaciones.

2. Sacatestigos

25. El comportamiento mecánico de los suelos es un factor esencial para el movimiento de los futuros sistemas de recolección. Por consiguiente, desde el primer momento se empezaron a utilizar distintos tipos de sacatestigos, tanto libres como operados por cable, que permitieran obtener sedimentos destinados a estudios geotécnicos.

El sacatestigos Benthos

26. Este sacatestigos "boomerang", autónomo, permite obtener un cilindro de sedimento de una altura máxima de un metro con un diámetro aproximado de 10 cm.

27. Lamentablemente, el dispositivo, fácil de utilizar, ha dado resultados muy irregulares, tanto en lo que toca a la fiabilidad de su funcionamiento (el sistema no se dispara en suelos endurecidos) como en lo que toca a la validez de las medidas geotécnicas ulteriores (alteración de la estructura del sedimento por modificaciones debidas al poco diámetro utilizado).

El sacatestigos AET

28. Este sacatestigos operado por cable, permite extraer sedimentos sin alterar (1 m de altura por aproximadamente 0,25 m²). El sedimento así obtenido se utiliza principalmente para estudiar a bordo y en laboratorio, la mecánica de los suelos. El sacatestigos, difícil de manipular en condiciones meteorológicas desfavorables, permite igualmente obtener muestras de nódulos y de esa forma medir directamente la concentración en kilogramos húmedos por m².

El sacatestigos Kullenberg

29. Este sacatestigos de pistón estacionario, de un diámetro útil de 10 cm por una penetración de varios metros (variable en función del tipo de sedimento que se encuentre) sólo se ha utilizado de forma sistemática en estudios detallados realizados en determinados yacimientos. El sacatestigos recoge tanto la parte superficial del sedimento como su parte más profunda. Las muestras así obtenidas no sólo sirven de base para los estudios del comportamiento de los suelos sino también para los trabajos científicos destinados a comprender mejor la historia geológica de estas zonas de nódulos (sedimentología, geoquímica, biología, fechado, etc.).

C. Equipos para trabajos en ruta

Las sondas acústicas

30. Es el instrumento más común para levantar cartas batimétricas: una señal sonora emitida por un navío, tras reflejarse en el fondo y una vez registrado el eco de regreso, permite determinar la profundidad media en la vertical del navío en función del tiempo de recorrido de la onda sonora, en base a una hipótesis establecida sobre la velocidad media de transmisión. Se han utilizado dos generaciones de sondas.

La sonda de haz abierto

31. Esta generación, la más antigua, presenta un gran inconveniente. La apertura del haz de emisión, cercana a los 40°, abarca a 5.000 m de profundidad una zona de aproximadamente 2 km de diámetro. La combinación de los ecos recibidos no permite una medición muy exacta, lo que tiende a atenuar accidentes menores, produciendo una apariencia de relieve achatada. Además, en las zonas de topografía compleja, los ecos laterales generan un gran número de figuras hiperbólicas que dificultan la interpretación de los datos y la reproducción batimétrica.

32. Además, el sistema sólo proporciona un perfil longitudinal en la vertical de la trayectoria del navío, y la complejidad de la topografía del fondo sólo puede llegar a conocerse mediante perfiles suficientemente contiguos, lo que obliga a pasar repetidamente sobre una misma zona. Por consiguiente, hay que descartar la posibilidad de producir una batimetría suficientemente objetiva basada en los datos obtenidos durante la preparación de la red de muestras, pues la distancia entre perfiles (30 a 100 km) es muy superior a la dimensión de los accidentes topográficos.

La sonda de haces múltiples

33. A partir de 1980, la utilización del navío oceanográfico Jean Charcot y de su sonda de haces múltiples "Seabeam" ha permitido avances considerables en el conocimiento de la morfología de los fondos con nódulos.

34. Este sistema, que utiliza una serie compleja de 16 haces estrechos (2° 2/3 cada uno) con compensación automática de balanceo y cabeceo, permite reproducir en un mapa de curvas de nivel la topografía del fondo a ambos lados del curso del navío en una banda de una anchura equivalente a dos terceras partes de la profundidad, tras incorporar y procesar los datos de navegación. Sin embargo, este sistema tiene también sus límites: la resolución en un fondo de 5.000 m no supera los 20 a 30 m, y los contornos observados en tiempo real incorporan numerosos efectos (movimientos de plataforma del navío, degradación de la calidad de la medición en los haces más alejados del eje del navío).

35. La sonda de haces múltiples permite una cobertura de extensas superficies en tiempos relativamente cortos (en 25 días se pueden confeccionar cartas de 30.000 km² a una profundidad de 5.000 m); ha puesto de manifiesto rasgos morfológicos y estructurales que hubieran pasado inadvertidos con las sondas

/...

convencionales (véase diagrama de bloques en la figura I*) y de esa forma ha permitido definir el marco para el trabajo detallado (reconocimiento por dispositivos fotográficos remolcados o autónomos, levantamiento de mapas por sonar lateral, etc.

La reflexión sísmica "rápida"

36. Puesto que los primeros intentos de sintetizar datos batimétricos obtenidos por la sonda de haz abierto pusieron de manifiesto una cierta asimetría del relieve, ha resultado necesario estudiar la estructura profunda, que, al parecer, condicionaba las formas del relieve submarino.

37. Los reconocimientos realizados en el curso de tres meses de campaña han permitido, con la ayuda de la reflexión sísmica que utiliza los ecos reflejados no sólo en el fondo del océano sino también en las capas sucesivas que componen el sustrato, precisar la anisotropía de las estructuras y estudiar sus efectos en la morfología del fondo.

38. Dicho fondo presenta la forma de colinas y valles alternados, formados por la sucesión de fracturas del substrato basáltico en dirección norte-sur, sobre una cubierta sedimentaria de un centenar de metros de espesor. Estas fracturas son una muestra de las que regularon la deposición de los basaltos en el nivel del antiguo plegamiento de expansión oceánica.

39. Esta anisotropía norte-sur de la topografía indujo a redistribuir la red de muestreo (46 km en dirección norte-sur y 31,5 km en dirección este-oeste) con objeto de completar la red utilizada anteriormente (92,5 km o 50 millas náuticas de lado).

D. Dispositivos de reconocimiento detallado

40. La delimitación de las grandes áreas de interés, basada en los resultados de la prospección realizada con los dispositivos libres y complementada por reconocimientos geofísicos generales y un conjunto de levantamientos de mapas batimétricos, dio lugar al reconocimiento detallado de diversas zonas. En efecto, convenía conocer lo mejor posible la extensión de los yacimientos de nódulos, su continuidad y su contenido, así como abordar el problema de la distribución de obstáculos para la recolección en función del contexto geológico.

41. Para lograrlo se han utilizado los sistemas RAIE y EPAULARD.

El sistema RAIE

42. Este chasis fotográfico es remolcado por el navío mediante un cable mecánico; la altitud en relación con el fondo (y, por consiguiente, la altura desde la que se toman las fotografías) es controlada por un lastre que se arrastra por el fondo. Además del sistema fotográfico, el dispositivo dispone de varios sensores (altímetro acústico, medidor de profundidad) que proporcionan un conjunto de datos cuyo análisis permite obtener perfiles topográficos detallados (véase la figura I).

* Todas las figuras aparecen en el anexo al presente documento.

43. Por lo demás, la frecuencia regulable de tomas fotográficas permite obtener una banda continua del fondo y evaluar la concentración de nódulos. Sin embargo, la utilización del sistema RAIE depende en gran medida de las condiciones meteorológicas generales que imperan en la zona; sólo puede remolcarse contra los vientos dominantes (alisios) sin afectar a la maniobra del navío.

El EPAULARD

44. Se trata de un sumergible autónomo que cumple las mismas funciones generales que el RAIE, si bien con la enorme ventaja de que puede guiarse su trayectoria por el fondo. Esa circunstancia hace de él un dispositivo de valor inapreciable para los trabajos detallados (extensión y evaluación de los yacimientos de nódulos, reconocimiento de obstáculos concretos). También está equipado con numerosos sensores, con una frecuencia programable de tomas fotográficas. En condiciones normales de utilización cada fotografía abarca aproximadamente 30 m².

45. Entre 1979 y 1986, los sistemas RAIE y EPAULARD han permitido realizar 1.700 km de bandas fotográficas, con un total de más de 150.000 fotografías del fondo divididas en 72 bandas en una amplia zona de 300.000 km². Cabe señalar, sin embargo, que este trabajo, en apariencia considerable, equivale a menos de 6 m de perfil por km².

46. Esta información ha permitido precisar los siguientes puntos:

a) Las pendientes escarpadas, bien identificadas por el Seabeam, se delimitan en detalle la mayoría de las veces en una serie de escalones separados por subverticales abruptos: muy a menudo, al pie de esos acantilados hay bloques desprendidos más o menos considerables, consecuencia de un derrubio debido a la erosión. Esos desniveles pueden alcanzar centenares de metros.

b) En la prolongación de esas estructuras principales, aunque también de forma totalmente independiente, se observa la existencia de obstáculos de orden de magnitud de 1 m en áreas que en un principio se suponía poseían una topografía regular.

c) Por último, se demuestra que los yacimientos de nódulos son de ley variable y pueden desaparecer bruscamente los límites.

47. Para llegar a conocer la distribución espacial de los obstáculos y abordar en consecuencia los estudios de modelos de desplazamiento de los sistemas de recolección no tardó en ponerse de manifiesto la necesidad de un nuevo instrumento: el SAR (sistema acústico remolcado).

El SAR

48. Este sistema, actualmente uno de los más eficaces que se utilizan en la esfera de la ingeniería civil, se compone de un sonar lateral de elevada resolución y una sonda de sedimentos. Es remolcado por el buque mediante un cable coaxial, a una velocidad media de dos nudos y una profundidad de entre 50 y 70 m. Proporciona simultáneamente, en tiempo real, una imagen acústica (2 m x 750 m de alcance en relación con la vertical del rumbo del buque) y una sección transversal del terreno (sonda de sedimentos) en la vertical del vector. Permite, gracias a la reunida de perfiles paralelos contiguos, levantar mapas de áreas enteras.

/...

49. El programa de computadora TRIAS (traitement des images acoustiques des sonars latéraux) permite mejorar posteriormente los datos obtenidos en tiempo real (correcciones geométricas, contraste, repetición a escalas diversas, etc.).

50. Los resultados, todavía inéditos, obtenidos en la campaña realizada con el Jean Charcot durante el primer semestre de 1986 demuestran la perfecta adecuación entre el dispositivo SAR y los objetivos establecidos. En efecto, los datos suministrados por el sonar lateral y la sonda de sedimentos (véase la figura III) permiten levantar un verdadero mapa de los obstáculos para la recolección (obstáculos principales o secundarios), comprender su distribución en función de la geología regional y local (véase la figura IV) y explicar parcialmente, en relación con las series sedimentarias afloradas, la variación lateral y vertical de las propiedades mecánicas de los sedimentos.

51. La figura III muestra el tipo de información obtenida, así como su correspondiente interpretación. Nos encontramos en una meseta flanqueada por dos valles; los límites de esa meseta (1 y 2) quedan claramente de relieve junto con los estratos sedimentarios: se trata de importantes obstáculos para la recolección. Se observará que la sonda de sedimentos de 3.5 kHz no ofrece una imagen muy exacta de los detalles en la escala de 1 m; ello se debe a que emite sus señales con un cono de 60°, por lo que registra un gran número de reverberaciones acústicas, lo que se traduce en una atenuación de las características topográficas.

52. Además esas características principales, vinculadas a la propia estructura del sustrato oceánico, se observan fenómenos más superficiales (3 y 4) derivados de posibles asentamientos de la columna sedimentaria (3) o de fenómenos de erosión en canales (4) consecuencia de la acción de las corrientes profundas. Este segundo tipo de obstáculos, de orden de magnitud de 1 m, se presenta con regularidad en las grandes unidades morfológicas (mesetas y valles). Es evidente que las zonas con nódulos son irregulares tanto a gran escala como a pequeña escala, observación que reviste importancia fundamental para los estudios de simulación realizados con vistas a la futura explotación.

53. Utilizando esa información, sintetizada en varias "zonas de ensayo" (durante la última campaña se han cubierto con el SAR aproximadamente 700 km), ha podido precisarse un cierto número de objetivos que han de ser objeto de investigación con ayuda de un sumergible tripulado. Entre dichos objetivos destacan:

a) La medición geotécnica encaminada a conocer sobre el terreno, y en diferentes configuraciones geológicas, la variación lateral y vertical de las características mecánicas de los suelos;

b) La inspección de obstáculos característicos y estudios de los límites;

c) El reconocimiento de ciertas estructuras geológicas que constituyen el entorno del yacimiento minero y que podrían influir en las condiciones de explotación.

/...

IV. CARACTERISTICAS DE LA SOLICITUD DE FRANCIA

A. Entorno geológico

54. El fondo oceánico del área comprendida en la solicitud está formado por una capa sedimentaria de algunos cientos de metros que yace sobre la corteza oceánica (véase la figura V).

1. El substrato basáltico

55. La corteza oceánica está formada por basalto cuya deposición ha tenido lugar desde el Campaniense inferior (era secundaria, período cretáceo superior), hace 75 millones de años para la parte occidental, hasta el oligoceno medio (era terciaria), hace 30 a 35 millones de años para la parte oriental.

56. Esta deposición ha tenido lugar a lo largo de un plegamiento que se extinguió hace cerca de 10 millones de años y cuyos restos se hallan actualmente a algunos cientos de kilómetros al occidente del plegamiento activo del Pacífico situado cerca del continente norteamericano y centroamericano.

57. Se sabe que esta deposición fue seguida de un importante fracturamiento vertical que ocurrió paralelamente al eje del plegamiento. Estas líneas de fractura han dejado otras tantas cicatrices que participan en la configuración del relieve submarino.

58. Los mecanismos del ensanchamiento oceánico implican la formación de otros ejes de fracturamiento perpendiculares al eje del plegamiento, a lo largo de los cuales tienen lugar reajustes de diferencias de velocidades de ensanchamiento por deslizamiento tangencial. Dos zonas de "fallas de transformación", la de Clarion al norte y la de Clipperton al sur, delimitan el área de interés. En las cercanías de dichas zonas aumenta considerablemente la amplitud de las perturbaciones del relieve, sobre todo en la proximidad de la zona de Clarion.

59. El volcanismo submarino también se manifiesta por emisiones de lava puntuales, que forman estructuras análogas a los conos volcánicos continentales, las que se elevan a veces a varios miles de metros sobre el nivel medio del fondo, con cráteres y corrientes de lava a lo largo del talud. Cuando esos volcanes se han formado en las cercanías del plegamiento activo, posteriormente se desplazan junto con la corteza oceánica que les sirve de base y pasan a ser accidentes característicos del paisaje, marcándolo aquí y allá con montes submarinos cuyo diámetro alcanza a veces una decena de kilómetros.

60. Es probable que algunos de esos volcanes submarinos hayan entrado nuevamente en actividad, o incluso que se hayan formado otros nuevos lejos del plegamiento, como resultado de anomalías geotérmicas aparecidas en el manto terrestre, a la manera de las cadenas de volcanes al interior de placas representadas al noroeste por las islas Hawai o al oeste por las islas Line. En efecto, se han fotografiado en el área diabasas esferoidales de aspecto muy reciente, que permiten suponer la presencia de corrientes de lava relativamente recientes.

/...

61. Por lo demás, algunos macizos montañosos con rumbo este-oeste sin duda son plegamientos de propagación, que marcan la permanencia de zonas calientes en el manto, mientras que la corteza sigue desplazándose, arrastrando los productos de emisión volcánica.

62. Como lo explican los modelos de enfriamiento y contracción de la corteza oceánica, ésta tiende a hundirse al hacerse más densa, lo que da lugar al profundizamiento progresivo que se observa de este a oeste. Sin embargo, en el límite occidental de la parte oriental del área objeto de la solicitud, en un ancho de 300 a 400 km a lo largo de un eje norte-sur, se observa la existencia de una depresión de 300 a 400 metros en promedio, claramente identificada a pesar de las numerosas ondulaciones del relieve. No hay una explicación satisfactoria para el origen de esta depresión; podría tratarse de restos de un plegamiento de expansión prematuramente abortado, un fenómeno más tardío vinculado a perturbaciones en el sistema convectivo del manto, etc.

2. La capa sedimentaria

63. La capa sedimentaria comenzó a formarse desde que se asentó la corteza, es decir, hace 30 a 75 millones de años, por acumulación de partículas sólidas procedentes de:

- a) Polvo atmosférico de origen continental (volcanismo eruptivo) o ultraterrestre, transportado por el viento a diferentes altitudes;
- b) Partículas de origen continental transportadas por las corrientes marinas a diferentes profundidades;
- c) Restos de seres vivos, principalmente algas y animales unicelulares, que vivieron a menos de 200 metros de la superficie (plancton y necton);
- d) Restos de animales que vivieron en el fondo marino (bentos);
- e) Partículas sólidas y precipitaciones químicas al interior de sedimentos, provenientes de la actividad hidrotérmica o del volcanismo submarinos.

64. La parte que corresponde a cada uno de esos mecanismos ha variado en el tiempo y el espacio, pero con mucho el factor más importante corresponde a la precipitación de los restos de seres vivos unicelulares de la zona planctónica al morir. Durante esta precipitación la materia orgánica desaparece casi por completo y sólo llega al fondo la parte mineral, que constituye el esqueleto o bien la concha de esos seres vivos.

65. En la mayor parte del área, las condiciones fisicoquímicas que imperan actualmente a más de 3.500 metros de profundidad y, en especial, la presión parcial del anhídrido carbónico disuelto, dan lugar a la disolución de los carbonatos que son el constituyente principal de la mayoría de esas partículas. Así pues, sólo se depositan en el fondo los restos de los organismos silíceos (radiolarios, diatomeas) y los hidróxidos metálicos insolubles que se hallaban al interior de los carbonatos o de la materia orgánica. La tasa de sedimentación se reduce a unos pocos milímetros por cada 1.000 años, mientras que aún alcanza a varios centímetros cerca del Ecuador.

/...

66. Este proceso de sedimentación lenta comenzó a establecerse muy progresivamente en la parte oriental hacia el fin del oligoceno (hace 25 millones de años), lo que dio por resultado capas alternantes calcáreas y silíceas en un espesor de 25 a 30 metros sobre los fangos carbonatados de la serie de las Marquesas (véase la figura IV).

67. A partir del mioceno medio (hace 10 millones de años), sólo se han depositado fangos arcillosos ricos en radiolarios, en un espesor de cerca de 25 m, en condiciones muy alteradas, como lo atestiguan las mezclas de microfósiles de diferentes edades (formación de Clipperton).

68. En la parte occidental esos fenómenos se presentaron cerca de 10 millones de años antes, debido a la mayor profundidad.

69. Los reajustes de la corteza durante su lenta deriva (unos pocos centímetros por año) hacia el oeste han producido el reordenamiento de antiguas fracturas, provocando la creación de acantilados escarpados y el afloramiento de formaciones carbonatadas.

70. Estas han estado sujetas al poder disolvente de las aguas abisales a partir del mioceno, lo que ha hecho más pronunciado el declive de las escarpas y ha causado la liberación de productos insolubles no consolidados, hundimientos locales y deslizamientos de tierras. Estos fenómenos, unidos a la presunta existencia de corrientes submarinas episódicas, son sin duda el motivo de las perturbaciones de la sedimentación mencionadas anteriormente.

3. Génesis de los nódulos

71. Los fenómenos bioquímicos y geoquímicos sin duda desempeñan un papel en la formación de los nódulos polimetálicos. Por una parte, la reducida tasa de sedimentación permite que crezcan sin impedimento las concreciones ferromangáníferas, antes de sustraerse a condiciones favorables a su desarrollo al quedar enterradas.

72. Por otra parte, los hidróxidos metálicos provenientes de la materia viva contienen cobre y níquel en cantidad relativamente grande, que podrán incorporarse a las concreciones mangáníferas.

73. La fuente más probable del manganeso, el principal constituyente de los nódulos, debe estribar en el aporte hidrotérmico submarino, y debe de provenir de la lixiviación de los basaltos. Este fenómeno se ha identificado claramente al nivel de los actuales plegamientos, donde el agua de mar, luego de penetrar profundamente en la corteza oceánica fracturada, asciende por convección a lo largo del eje del plegamiento, luego de calentarse en las cercanías de las zonas magmáticas en fusión.

74. Los fluidos hidrotérmicos emergen en el fondo del mar a temperaturas que sobrepasan los 350° C y están cargados de sales metálicas. El cobre, el zinc y el hierro se depositan casi de inmediato en forma de sulfuros masivos. El manganeso es arrastrado en las corrientes de ascenso térmicas y viene a formar un penacho

/...

geoquímico que se extiende horizontalmente a ambos lados del plegamiento a unos cuantos cientos de metros del fondo. La anomalía resultante alcanza una ley del orden de tres a cinco veces la ley media del agua de mar.

75. La edad de los nódulos del Pacífico central, aunque es tema de numerosas controversias, debe de ser del orden de 2 a 3 millones de años. Actualmente no se sabe cómo explicar la vinculación que podría existir entre la producción de manganeso en el eje de los plegamientos y la formación de los nódulos. Podría hallarse una conexión en la acumulación en estado difuso en el sedimento, seguida posteriormente de un arrastre en las aguas intersticiones durante la compactación.

76. La concreción quizás se vea favorecida por la acción de ciertos microorganismos. El níquel, el cobre y, en menor medida, el cobalto, se incorporan en parte a la red de hidróxidos ferromangáníferos y en parte en estado adsorbido. Se ha podido observar que los sedimentos asociados a los nódulos más ricos y más numerosos eran más pobres en manganeso, níquel y cobre en relación con los elementos más estables.

B. Morfología del fondo marino

1. Las características principales del relieve

77. El relieve consiste principalmente en colinas orientadas en dirección norte-sur, que alcanzan alturas de entre 200 y 300 metros sobre las depresiones. Las cimas de estas colinas están espaciadas entre sí de 2 a 8 km y pueden extenderse por varias decenas de kilómetros.

78. Estas colinas con frecuencia son asimétricas, siendo la ladera oriental a menudo más abrupta que la occidental (véanse las figuras IV y V). La pendiente media no es muy pronunciada, pero la presencia de acantilados le da un perfil en escalera que la observación mediante ecosonda desde la superficie tiende a atenuar. Las partes bajas de fondo plano corresponden a menudo a zonas de espesamiento del horizonte transparente superior (fangos arcillosos de radiolarios).

79. Ocasionalmente se encuentran estructuras circunscritas de unos pocos kilómetros de diámetro que alcanzan altitudes superiores a 500 m sobre el fondo. Estos son los volcanes submarinos mencionados anteriormente.

80. La sinuosidad de los contornos observados en la carta Sea-Beam revela la complejidad del relieve en detalle, causada por los numerosos factores geodinámicos mencionados anteriormente. Ello nos ha llevado al empleo de métodos de observación más precisos y ha permitido poner en evidencia obstáculos topográficos insospechados hasta entonces.

2. Los obstáculos topográficos

81. Los acantilados escarpados pueden alcanzar varias decenas de metros, con partes en voladizo, y extenderse en forma de escalón por varios kilómetros (véanse las figuras II y III). Son numerosos los situados en la ladera más

/...

escarpada de las colinas. Suelen estar acompañados de bloques desprendidos a sus pies, y cabe esperar que se hallen corriente abajo zonas inestables provenientes de deslizamientos en masa que han podido provocar los desprendimientos de bloques. Evidentemente constituyen obstáculos importantes al avance de las máquinas recolectoras.

82. Se han descubierto otros acantilados, sólo de algunos metros de amplitud, gracias al sonar de barrido lateral en las zonas de pendiente suave. Su orientación rectilínea transversa al talud supone un origen tectónico. En la mayoría de los casos podrían ser rodeadas por la máquina colectora en la medida en que pueda dirigirse su trayectoria.

83. Las fosas de hundimiento aparecen principalmente en el dorso de las colinas (véase la figura IV). Proceden de fenómenos de disolución de los horizontes calcáreos debido a la corrosividad de las aguas del fondo o de las aguas circulantes al interior de los sedimentos, algunas de las cuales pueden ser de origen hidrotérmico. Alcanzan varios cientos de metros de diámetro y profundidades de más de 30 m, con bordes abruptos y fondo plano. Puesto que constituyen la trampa ideal para un colector, deberían identificarse antes de poner en explotación el yacimiento en cuestión, a fin de establecer una estrategia para esquivarlas.

84. Se han observado canales sinuosos de fondo plano, de costados relativamente abruptos, en los fondos marinos de la serie transparente gruesa. Posiblemente correspondan a la presencia de corrientes de turbiedad erosivas.

85. Finalmente, cabe citar la observación ocasional de rocas volcánicas cuyos vínculos con la topografía descrita no siempre son evidentes.

C. Resistencia de suelos

86. Como cabe esperar de las descripciones dadas anteriormente, los suelos que constituyen el estrato superior de la cubierta sedimentaria son fangos no consolidados de muy baja resistencia mecánica (algunos kilo pascuales).

87. Sin embargo, las medidas realizadas hasta el momento en testigos de sedimentos llevados a la superficie registran una considerable variabilidad, que puede alcanzar un factor hasta de cuatro.

88. Algunas de esas diferencias son explicables por el afloramiento de sedimentos consolidados más antiguos, en particular los del horizonte con capas alternadas calcáreo-silíceas.

89. Para otras no se halla explicación satisfactoria, y se sospecha la existencia de desplazamientos de sedimentos en masa (deslizamiento, turbiedad, etc.). Habrá que aplicar métodos de reconocimiento de mayor eficacia para comprender su carácter y su distribución espacial.

90. La cohesión del suelo aumenta rápidamente bajo los primeros centímetros, sin que a pesar de ello sobrepase unos pocos kilopascuales, pero sobre todo disminuye considerablemente en cuanto se agita el sedimento, y no parece que se pueda contar con una rápida consolidación ulterior.

/...

91. Esta extrema sensibilidad del suelo obligará a concebir las máquinas que se han de apoyar en el fondo, sobre la base de los resultados más pesimistas.

D. Distribución de los nódulos

92. Aunque los nódulos se observan en más de un 70% de las fotografías del fondo, su distribución es muy variable, tanto en cantidad como en calidad.

1. Problemas de evaluación

93. Como ocurre con la mayoría de los yacimientos de sustancias minerales, la evaluación de esos parámetros depende a la vez de los medios de observación utilizados y los medios previstos para su explotación.

94. Desde luego es inútil contar los nódulos uno por uno y, en consecuencia, el cuadro de observación debe superar considerablemente el tamaño de los nódulos. Por otra parte, sería conveniente obtener una visión sinóptica del valor de las playas cuya extensión sea del mismo orden de magnitud que las que constituirían franjas de barrido de explotación, franjas de algunas decenas de metros de ancho y de varios kilómetros de largo.

95. Ello puede exigir un trabajo considerable, y la movilización de medios desproporcionados con los gastos que sería razonable admitir en la etapa de exploración del yacimiento.

96. Por lo demás, se suele decir que un yacimiento no llega a conocerse verdaderamente sino cuando se ha agotado. Aun así, es necesario que los medios que se utilicen sean apropiados, tanto para controlar la explotación como para asegurar el agotamiento total.

97. Así pues, en la exploración habrá que efectuar transacciones. Además, se operará en etapas, tratando de utilizar los medios de mayor rendimiento, que por lo general también son los más costosos, solamente en las zonas más prometedoras.

98. Los yacimientos de nódulos polimetálicos no escapan a esta regla. Los recogedores de muestras y las fotografías puntuales utilizados en las primeras etapas adolecen de una escasa extensión del cuadro de observación (inferior al metro cuadrado). Sin embargo, han permitido localizar las zonas que merecen interés, gracias a la información estadística que han suministrado.

99. Por otra parte, eran insuficientes para estudiar la variabilidad a mediana escala, al tiempo que atraían la atención sobre ésta (varianza elevada). La utilización de medios más adecuados, la fotografía continua mediante los dispositivos RAIE o EPAULARD, sólo ha podido efectuarse en una parte muy reducida del área. Tanto en un caso como en el otro convenía por lo demás tomar el máximo de precauciones para obtener una medida fidedigna del peso de los nódulos.

2. Determinación de la concentración

100. La medida de la abundancia o concentración de los nódulos en el fondo ha sido objeto de atención muy esmerada. Combinando dos métodos, toma de muestras y fotografía del fondo, se ha tratado de reducir a un mínimo los errores de que adolece cada uno.

101. En efecto, los recogedores de muestras que se utilizan corrientemente en prospección tienen el inconveniente de que su funcionamiento es difícil de controlar. Según la forma en que el aparato toca el fondo, o bien se tomen muestras sólo de una parte de la superficie nominal, o bien es imposible recoger los nódulos más grandes o, finalmente se pierden los nódulos más pequeños. En todos los casos, la medida será inferior a la realidad. Además, por razones evidentes de facilidad de manejo, hay limitaciones en el tamaño de los recogedores de muestras y la superficie de muestreo se limita solamente a unos pocos decímetros cuadrados (0,18 m²).

102. La fotografía tiene la ventaja de permitir la observación en una superficie mayor, e incluso obtener tiras continuas de observación, cuando se utilizan dispositivos del tipo RAIE o EPAULARD. Por otra parte, sólo permite medir la superficie aparente ocupada por los nódulos, llamada población si se expresa como porcentaje de la superficie total. Puesto que los nódulos son de formas variables, en su mayoría asimilables a elipsoides de revolución achatados, por lo general yacen sobre el fondo paralelamente al plano de achatamiento.

103. La reconstitución del peso de los nódulos por unidad de superficie exige el conocimiento de esta morfología, a fin de poder transformar la superficie aparente en volumen, así como el de su peso específico.

104. En lo que respecta a este último, las numerosas medidas efectuadas han demostrado que, salvo una variación del 2%, el peso específico de los nódulos húmedos era de 2 g/cm³, con un porcentaje de humedad en relación con el peso seco de 40% (razón del peso seco al peso húmedo de 0,7).

105. Sólo puede tenerse en cuenta la morfología mediante la observación simultánea de los nódulos recogidos. Por ello se ha concebido una "máquina de doble efecto", que puede tomar una fotografía en el momento de la recogida de la muestra.

106. Conviene asegurarse cada vez de que el muestreo es conforme a lo que se observa en la fotografía asociada y que no se introduce ninguna distorsión, debido, por ejemplo, a la eliminación de los nódulos más grandes o más pequeños.

107. Para lograrlo, en cada estación se procede sistemáticamente al análisis visual de la granulometría aparente en las fotografías, utilizando ábacos apropiados, al tiempo que se evalúa la superficie que ocupan los nódulos. La granulometría se evalúa mediante el porcentaje estimado de la superficie ocupada por cada clase de tamaños. Igualmente se estima la redondez aparente media de cada clase de nódulos, es decir, la razón del diámetro mayor al diámetro menor aparente. Paralelamente se realiza un análisis granulométrico de la muestra, acompañado de medidas de la redondez y el achatamiento de los nódulos, definiéndose este último como la razón del diámetro menor al diámetro medio. Una comparación de

/...

estos resultados permite poner en evidencia posibles "descuidos" del muestreo, que se corrigen con referencia a los muestreos vecinos si ello es posible. Ello permite en último término una corrección del valor medio de los achatamientos medidos a partir de los recogedores de muestras y de la redondez observada en las fotografías.

108. La comparación entre las fotografías y las muestras da por resultado el cálculo de la "concentración corregida", con auxilio de la fórmula siguiente:

$$C_c = \frac{4}{300} S d y \sqrt{x}$$

Donde C_c es la concentración corregida en kg/m^2 (nódulos húmedos),

S es el porcentaje de superficie (población) ocupada por los nódulos en la fotografía,

d es el diámetro aparente medio en milímetros, observado en la fotografía,

y es el achatamiento medio medido a partir de las muestras ($0 < y < 1$),

x es la redondez media observada en la fotografía ($0 < x < 1$),

$\frac{4}{300}$ un coeficiente que tiene en cuenta las dimensiones y el peso específico

109. Se observará que, incluso con esas precauciones, el posible error de medida aún es muy elevado, del orden del 30% en valor relativo. Sin embargo, se evitan las desviaciones aun más considerables que se observan al referirse únicamente al peso de los nódulos recogidos por muestreo, que fácilmente alcanza un orden de 3, para la misma población observada en las fotografías.

110. Cuando hubo que estimar la concentración a partir de tiras fotográficas continuas de los dispositivos RAIE y EPAULARD, ya no se disponía de los muestreos asociados. Entretanto, los estudios efectuados en las "facies fotográficas" habían permitido clasificarlas por grupos morfogeográficos con criterios de separación bastante buenos. Por consiguiente, a cada facies corresponde un conjunto de datos sobre la redondez y el achatamiento medios que se incorporan al cálculo.

3. Composición de los nódulos

111. Igualmente se observa una considerable variabilidad en la composición de los nódulos. Ella se ve reflejada en parte por la morfología externa, lo que ha permitido una caracterización geoquímica de las facies fotográficas.

/...

112. Así pues, se ha podido distinguir:

- a) La facies A:
 - i) Compuesta en su mayor parte de pequeños nódulos aglutinados (polinódulos) o coalescentes que dan lugar a formas complejas de dimensiones medias de 20 a 30 mm, de superficie lisa. Igualmente se encuentran restos antiguos de nódulos del mismo tipo que los anteriores;
 - ii) Nódulos que prácticamente no están hundidos en el sedimento, acompañados de restos de rocas de origen volcánico y asociados frecuentemente a afloramientos rocosos o encostramientos;
 - iii) Relativamente pobre en manganeso (19 a 26%) y rica en hierro (6 a 10%), pobre en níquel (0,8 a 1,2%) y en cobre (0,5 a 0,9%), y relativamente rica en cobalto (0,25 a 0,35%). La presencia de un núcleo y de impurezas de origen volcánico-sedimentario se manifiesta en una alta proporción de sílice (12 a 23%). Los hidróxidos ferromangáníferos se hallan imperfectamente cristalizados, con estructura confusa o laminar;
- b) La facies B':
 - i) Se encuentran también algunos polinódulos y restos antiguos, pero la mayor parte de los nódulos son ovoides, de diámetro medio de 25 a 35 mm, redondez de 0,75 y achatamiento de 0,55; la superficie es lisa. También están asociados a piedra pómez y restos de rocas encostradas;
 - ii) Nódulos no enterrados en el fango, de distribución homogénea a escala de un metro cuadrado;
 - iii) Las leyes de manganeso (25 a 29%), níquel (1,2 a 1,4%) y cobre (0,9 a 1,2%) son mayores que las de la facies A, a expensas del hierro (6 a 8%) y de la sílice (12 a 17%). Las leyes de cobalto son un poco menores (0,25 a 0,3%). Los hidróxidos también son imperfectamente cristalizados, con estructuras laminares o confusas;
- c) La facies B:
 - i) Si bien se encuentran asimismo restos antiguos, no se observan polinódulos. La mayoría de los nódulos son ovoides, de diámetro medio de 30 a 70 mm, bastante variable de un nódulo a otro, de redondez de 0,7 y achatamiento de 0,55. Los más grandes suelen presentar un rodete ecuatorial. La superficie casi siempre muestra protuberancias, siendo lisa en la cara superior y rugosa en la cara inferior;
 - ii) Los nódulos parecen yacer sobre el sedimento;
 - iii) La ley de manganeso es más elevada (29 a 31%), asociada a leyes favorables de níquel (1,3 a 1,4%) y cobre (1,15 a 1,3%). El cobalto tiene una ley casi constante de 0,25%. La sílice varía poco, entre 12 y 14%, al igual que el hierro (5,5 a 6,5%). Los hidróxidos tienen un poder reflector muy elevado, siendo bien cristalizados con estructura festoneada (todorokita).

/...

- d) La facies C:
- i) Los nódulos son mucho más grandes, de diámetro medio de 50 a 100 mm, achatamiento de 0,75 y redondez de 0,55, con un borde ecuatorial muy destacado en todos los nódulos más grandes. Los más pequeños tienen una superficie granulosa, mientras que los más grandes muestran protuberancias y superficie rugosa;
 - ii) Están hundidos en el sedimento hasta el borde ecuatorial y a menudo están recubiertos de una ligera capa de sedimento, que en parte puede ocultarlos. Su distribución en el fondo es más heterogénea;
 - iii) Las leyes de manganeso y níquel son análogas a las de la facies B. Se observa una ley de cobre ligeramente inferior (1,05 a 1,25%), así como de cobalto (0,23%). Los hidróxidos, bien cristalizados, presentan las mismas características que en la facies B.

4. Playas de nódulos y yacimientos mineros

113. Sin embargo, esta gran diversidad se combina con una cierta homogeneidad para playas de varios cientos de metros de ancho, o incluso de varios kilómetros cuadrados. En el límite de ciertas playas pueden estar asociadas varias facies, lo que puede o no presagiar la transición a otra facies. La aparición de ciertas facies señala la proximidad de zonas perturbadas; por ejemplo, la proximidad de acantilados suele coincidir con la presencia de nódulos de facies B'.

114. La imagen que cabe concebir de la distribución de los nódulos en el fondo es la de playas continuas de algunas hectáreas a algunos kilómetros cuadrados de superficie, en que los nódulos tienen la misma facies y, por ende, las mismas características físicoquímicas. Esas playas presentan algunos claros, sin nódulos, que no sobrepasan unos pocos cientos de metros cuadrados. En los límites se pasa a zonas carentes de nódulos o a una playa de facies diferente. En vastas regiones, algunas facies están ausentes o se reducen a efectos limítrofes. Así ocurre con las facies A y B' en el área objeto de la solicitud.

115. Esta continuidad en la cobertura de nódulos se ve interrumpida por los obstáculos topográficos, acantilados y fosas de hundimiento, presentándose en particular a menudo transición a las facies A y B' y encostramientos en su proximidad. La topografía en sus rasgos principales orienta la extensión de las playas en dirección norte-sur, determinada por la ausencia frecuente de nódulos en las zonas bajas ricas en sedimentos de la capa transparente.

116. Sin embargo, en el interior de las playas la concentración de los nódulos puede variar sobremanera, a tal punto que si se tienen en cuenta las características que garantizan la posibilidad de explotación con los sistemas mineros de primera generación, cabe temer que se limiten considerablemente las playas explotables.

/...

117. Sin embargo, parece posible definir yacimientos mineros de algunas decenas de kilómetros cuadrados, con rumbo norte-sur, compuestos de asociaciones de playas elementales.

118. Actualmente es imposible determinar la distribución de esos yacimientos en el área en su conjunto y, por ende, estimar el porcentaje de superficie explotable.

119. Este será el objetivo de la etapa de exploración para la cual se ha presentado la presente solicitud.

/...

Anexo

Figura I

Diagrama de bloque de una zona de nódulos (30 x 30 km). Exageración vertical: 6;
cambio de tonalidades grises cada 100 metros

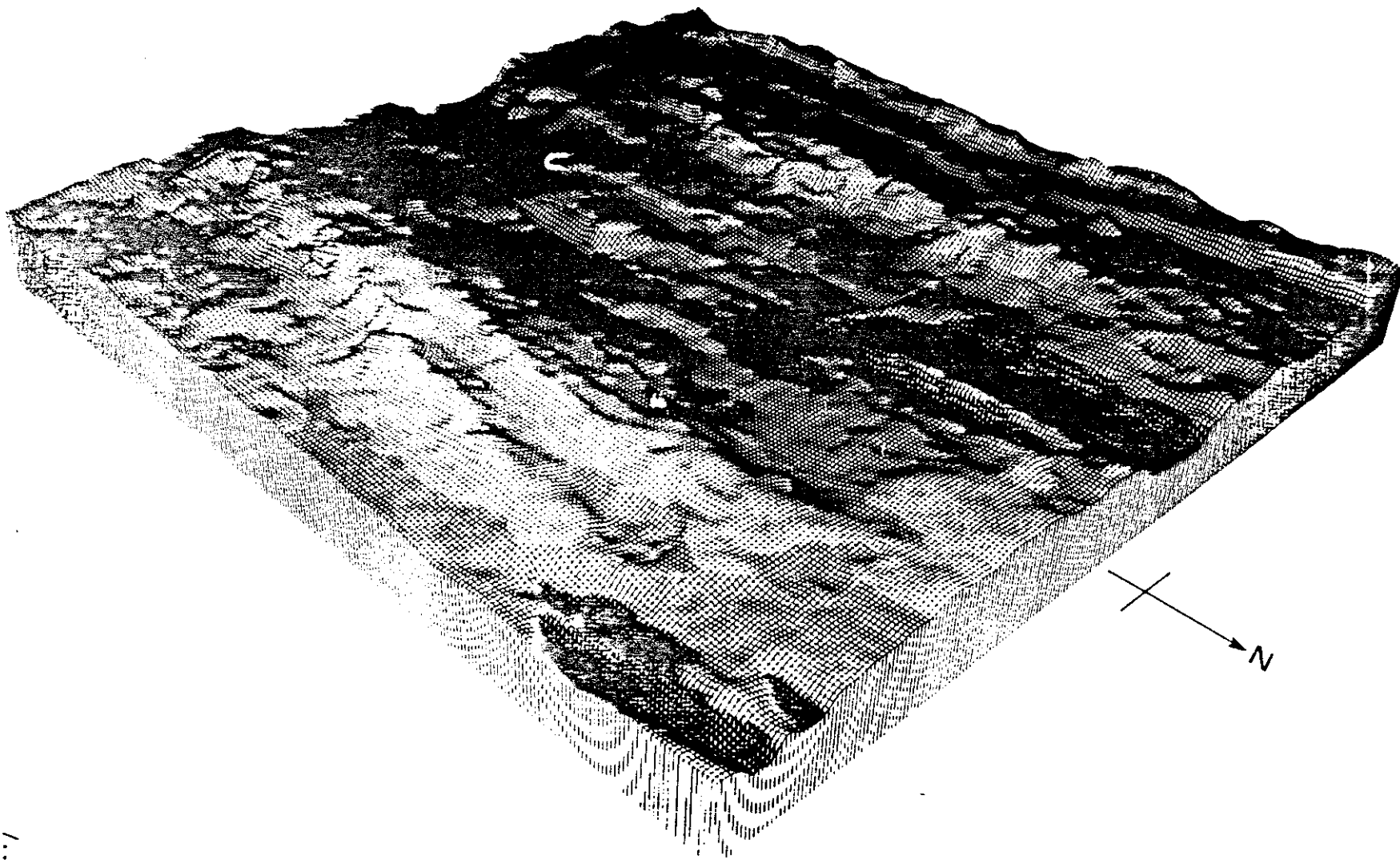


Figura II

Ejemplo de procesamiento de la información topográfica y sobre nódulos proporcionada por una película fotográfica

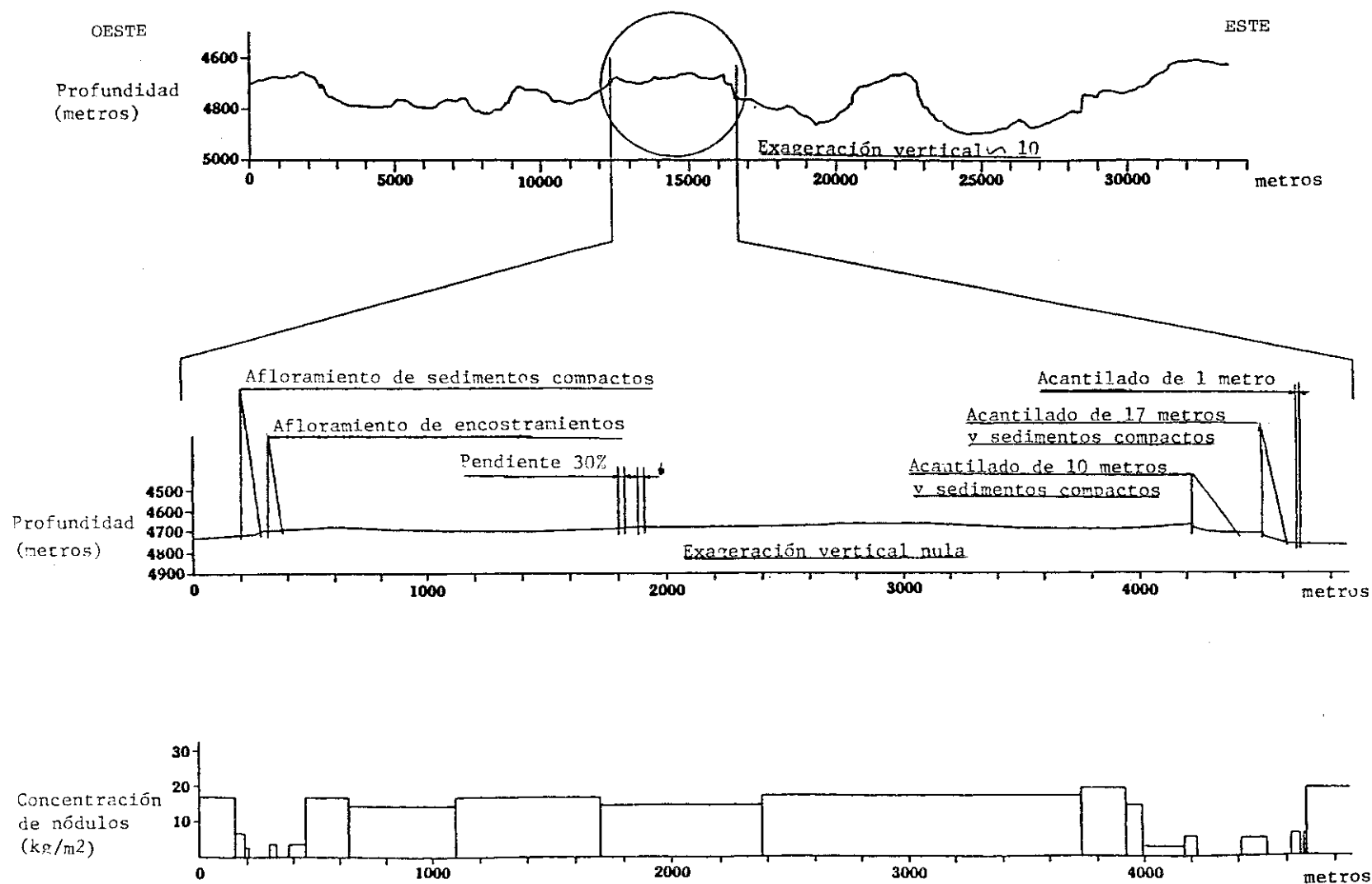


Figura III

Ejemplo de datos obtenidos mediante el SAR (sistema acústico remolcado) sobre un sector de meseta y valle en una zona de nódulos (véase la localización en el mapa 7). Figura superior: corte a 3,5 kHz (exageración vertical en un factor de 2); figura inferior: vista en planta en el sonar lateral. 1 y 2: acantilados sedimentarios de origen estructural; 3 y 4: accidentes localizados en la capa sedimentaria

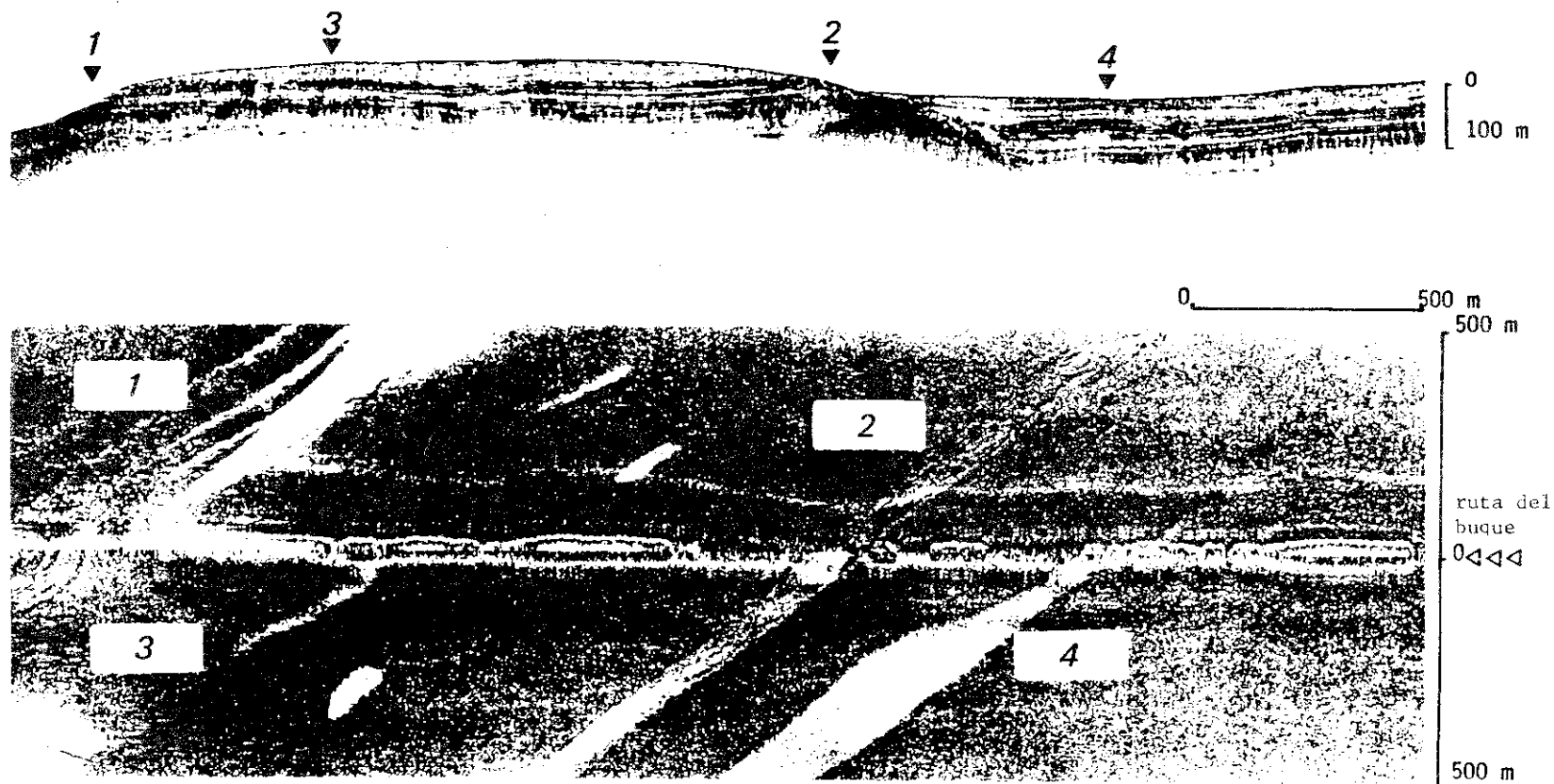
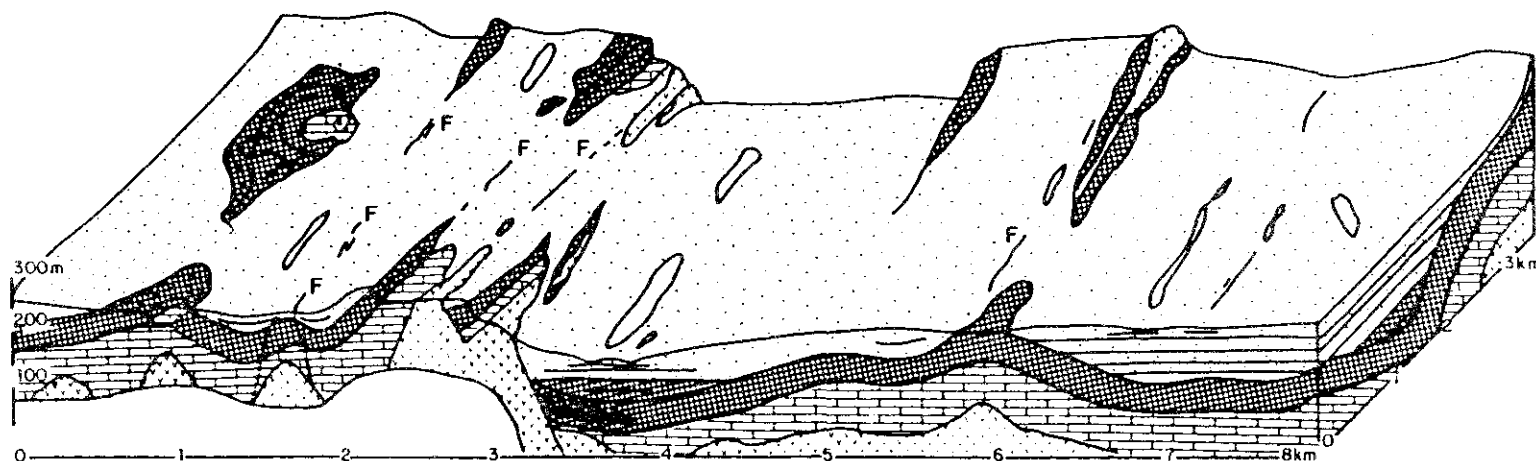


Figura IV

Diagrama sintético de bloques de un fondo con nódulos



Unidad acústica 1: la serie acústicamente transparente (unidad de barro arcillosos de la formación de Clipperton). Algunas reflexiones internas, variaciones en el espesor.



Zócalo basáltico.



Unidad acústica 2: la serie alternada (unidad cíclica de la formación de Clipperton).



Fallas.



Forma de grandes escarpas (masas deslizadas en la serie alternada).



Manchas de color gris claro y probables zanjas asociadas.



Unidad acústica 3: la serie profunda acústicamente transparente (formación de las Marquesas).

Figura V

Ejemplo de corte sísmico rápido. Se distinguen claramente una serie de colinas abisales separadas por valles, así como la capa sedimentaria y el sustrato oceánico

