

14 enero 1986

ESPAÑOL

ORIGINAL: INGLES

COMISION PREPARATORIA DE LA AUTORIDAD
INTERNACIONAL DE LOS FONDOS MARINOS
Y DEL TRIBUNAL INTERNACIONAL DEL
DERECHO DEL MAR
Comisión Especial 2

LA EMPRESA

VIABILIDAD ECONOMICA DE LA EXTRACCION DE NODULOS POLIMETALICOS
DE LOS FONDOS MARINOS

Estudio presentado por la delegación de Australia

RESUMEN

En el presente estudio, preparado por el Sr. Peter D. Ingham, B.Sc., M.Sc., D.I.C., A.M., Aus.I.M.M., M.I.M.M., C.Eng., Ingeniero Superior de Minas de la Oficina Australiana de Recursos Minerales, Geología y Geofísica, se evalúa la rentabilidad de la explotación de los nódulos polimetálicos de los fondos marinos en el Océano Pacífico nororiental. Para ello se tomaron dos operadores hipotéticos, una compañía australiana que, en la hipótesis, paga un canon de producción a la Autoridad Internacional de los Fondos Marinos y la Empresa (órgano minero autónomo de la Autoridad), que no paga canon alguno.

La estimación de los gastos de capital y de explotación para una operación con una capacidad de 3 millones de toneladas métricas (tm) de nódulos (secos) al año durante un período de producción de 20 años y un período previo a la producción de 11 años se hizo sobre la base de datos publicados. El detalle de la operación es el siguiente: a) dos buques mineros, cada uno con un sistema minero hidráulico; b) tres buques para el transporte de los nódulos desde el sitio minero hasta un puerto situado en la costa oeste de los Estados Unidos de América; c) una planta del método Cuprion para la extracción de níquel, cobre y cobalto, y d) una planta adicional de tratamiento del ferromanganeso para concentrar los desechos ricos en manganeso que resultan del método Cuprion y producir ferromanganeso.

El costo estimado incluye también a) la exploración inicial y sistemática; b) la investigación y el desarrollo de la tecnología de extracción y explotación de minerales, y c) el transporte de los productos hacia los mercados.

Los precios del níquel, el cobre, el cobalto y el ferromanganeso han disminuido constantemente en términos reales en los diez últimos años (cuadro 3.6). Las perspectivas para esos cuatro metales hacia fines de este siglo indican que el pequeño crecimiento previsto de la demanda será absorbido con la capacidad ociosa actual de los productores terrestres. En cuanto a los precios, no se prevén cambios en términos reales, excepto para el níquel cuyo precio puede aumentar a largo plazo. Teniendo en cuenta la situación actual, se decidió utilizar para el cálculo de los ingresos el precio medio de los metales en el mes de marzo de 1985. Las estimaciones de los costos se han hecho en dólares de los Estados Unidos de marzo de 1985.

Para evaluar la rentabilidad de las operaciones mineras se ha calculado la tasa de rendimiento de la corriente actualizada de los ingresos de explotación. Se considera que, para que una empresa de tan alto riesgo sea viable, esa tasa debe ser de un 18% o superior a fin de atraer el capital de inversión que se necesita. El cálculo de esa tasa para la Empresa fue inferior al 1%, sobre la base de la estimación de puntos por concepto de costos, precio unitario y ley del mineral. El ingreso correspondiente a los cuatro metales es de 192 dólares por tonelada de nódulos extraída. Para alcanzar la tasa del 18%, el ingreso por tonelada debería aumentar a 366 dólares. Para ello sería necesario que el precio combinado de los metales se duplicara.

/...

Las estimaciones de puntos por concepto de los costos, el precio unitario y la ley no indican la incertidumbre. Por ello, para cada parámetro se calculó una gama dentro de la cual probablemente se encontrara el valor real. El cálculo de la tasa de rendimiento de la corriente actualizada de los ingresos de explotación se efectuó utilizando valores de muestra seleccionados al azar mediante el procedimiento de simulación Montecarlo. Se utilizó en el cálculo el programa computadorizado de simulación de la Oficina de Minería de los Estados Unidos (MINSIM).

La escala de resultados, que figura en el cuadro 1 del presente documento, da una indicación de los valores previstos para la tasa de rendimiento. Los resultados indican que ninguna predicción de esa tasa excede del 4%, lo que es muy inferior al objetivo del 18%. Del cuadro 1 se desprende que la compañía australiana, que paga impuestos y cánones de producción a la Autoridad, es menos rentable que la Empresa.

El otro procedimiento de extracción que puede emplearse no mejora la rentabilidad.

Dada la perspectiva actual de los precios de los metales, se llega a la conclusión de que la extracción comercial de nódulos polimetálicos de los fondos marinos no parece probable en un futuro previsible.

Cuadro 1

Extracción de minerales de los fondos marinos: resumen de las tasas de
rendimiento de la corriente actualizada de los ingresos de explotación
de dos operadores hipotéticos

Simulación	Tasa		
	Alta	Media	Baja
	(Porcentaje)		
La Empresa con todo el capital	+4	2	-1
La Empresa con todo el capital, amortizados los empréstitos de capital	0	-3	-7
La empresa con la mitad del capital, amortizados los empréstitos correspondientes a la mitad del capital	+4	1	-3
La compañía australiana (sin deducir impuestos)	+2	0	-4
La compañía australiana (una vez deducidos los impuestos)	+1	-1	-5
La Empresa (con todo el capital) utilizando el procedimiento pirometalúrgico	0	-3	-9
La compañía australiana (sin deducir impuestos) utilizando el procedimiento pirometalúrgico	-4	-14	-40
La Empresa (con todo el capital) utilizando el proce- dimiento de lixiviación por soluciones amoniacaes	+3	0	-3
La compañía australiana (antes del pago de los impuestos) utilizando el procedimiento de lixiviación por soluciones amoniacaes	-1	-5	-13

/...

INDICE

	<u>Página</u>
I. INTRODUCCION	9
II. ESTIMACION DE COSTOS	10
2.1 Costos de exploración	10
2.2 Costos de extracción de minerales	10
2.2.1 Costos de capital	11
2.2.2 Gastos anuales de funcionamiento	14
2.3 Gastos de transporte	17
2.3.1 Gastos de capital	18
2.3.2 Gastos anuales de funcionamiento	20
2.4 Tratamiento y otros gastos en tierra	21
2.4.1 Gastos de capital	25
2.4.1.1 Planta para el proceso Cuprion	25
2.4.1.2 Planta de ferromanganeso	27
2.4.1.3 Instalación terminal para la solución acuosa	27
2.4.1.4 Tubería para la solución acuosa	27
2.4.2 Gastos anuales de funcionamiento	28
2.4.2.1 Planta Cuprion, terminal y tubería	28
2.4.2.2 Planta de ferromanganeso	30
2.5 Investigación y desarrollo y gastos de capital relacionados con el medio ambiente	32
2.5.1 Costo de inversión por concepto de investigación y desarrollo	32
2.5.2 Costo de inversión relacionado con el medio ambiente	32
2.6 Capital de explotación	33
2.7 Costo del transporte al mercado	33
	/...

INDICE (continuación)

	<u>Página</u>
III. ESTIMACION DE INGRESOS	34
3.1 Ley del metal	34
3.2 Producto	34
3.3 Perspectivas para los metales	34
3.3.1 Cobalto	34
3.3.2 Cobre	35
3.3.3 Manganeso	38
3.3.4 Níquel	38
3.4 Precio de los metales	40
3.4.1 Cobalto	40
3.4.2 Cobre	40
3.4.3 Ferromanganeso.....	42
3.4.4 Níquel	42
IV. ANALISIS DE LOS INGRESOS DE EXPLOTACION	43
4.1 Análisis de la situación de base	44
4.2 Distribución del costo	44
4.3 Distriución del precio	44
4.3.1 Cobalto	47
4.3.2 Cobre	47
4.3.3 Ferromanganeso.....	47
4.3.4 Níquel	48
4.4 Simulación de la situación de base	48
4.5 Finanzas de la Empresa	49
4.6 La compañía australiana	51
4.7 Tributación	53

INDICE (continuación)

	<u>Página</u>
4.8 Otros procesos	54
4.8.1 El proceso pirometalúrgico	55
4.8.2 Proceso de lixiviación por soluciones amoniacaes ...	58
V. CONCLUSIONES	61
REFERENCIAS	62

ANEXOS

I. Indices de costo (Estados Unidos)	64
II. Metodología probabilística (para análisis de los ingresos de explotación)	66
III. Determinación de la distribución de las variables de insumos	67
IV. Amortización de préstamos a la empresa	69
SUPLEMENTO - RESULTADOS COMPUTADORIZADOS	(Publicado separadamente con la signatura LOS/PCN/SCN.2/WP.10/Add.1)

LISTA DE CUADROS

2.1 Tecnologías tradicionales de refinación	22
2.2 Otras opciones para el tratamiento	23
2.3 Obtención de metal en el proceso Cuprion/ferromanganeso	25
3.1 Contenido de metal de los nódulos polimetálicos para los efectos del presente estudio	34
3.2 Metal producido con 3 millones de toneladas métricas de nódulos (secos)	35
3.3 Producción mundial de cobalto	36
3.4 Producción mundial de cobre	37
3.5 Producción mundial de níquel	39
3.6 Promedios semestrales de los precios del cobalto, el cobre, el níquel y el ferromanganeso - corrientes y actualizados según el IPC de los Estados Unidos	41

INDICE (continuación)

	<u>Página</u>
LISTA DE CUADROS (<u>continuación</u>)	
4.1 Determinación del precio para la situación de base de la Empresa (con todo el capital) con una tasa de rendimiento dada	45
4.2 Distribución de las variables de insumos	46
4.3 Resultados de la simulación en el caso de la Empresa (con todo el capital) (situación de base)	48
4.4 Resultados de la simulación en el caso de la empresa con todo el capital y la amortización del préstamo (esto es, teniendo en cuenta la necesidad de comenzar la segunda operación con todo el capital)	50
4.5 Resultados de la simulación para el caso de la Empresa con la mitad del capital y la amortización de la mitad del préstamo	51
4.6 Resultados de la simulación en el caso de una compañía australiana que utilice el proceso Cuprion (sin deducir impuestos)	53
4.7 Resultados de la simulación en el caso de una compañía australiana que utilice el proceso Cuprion (una vez deducidos los impuestos) .	54
4.8 Factores de obtención del producto en el proceso pirometalúrgico .	55
4.9 Resultados de la simulación en el caso de la Empresa (capital completo) utilizando el proceso pirometalúrgico	56
4.10 Resultados de la simulación en el caso de una compañía australiana (sin deducir impuestos) utilizando el proceso pirometalúrgico	57
4.11 Factores de obtención del producto con el proceso de lixiviación por soluciones amoniacaes	58
4.12 Resultados de la simulación en el caso de la Empresa (con todo el capital) utilizando el proceso de lixiviación por soluciones amoniacaes	59
4.13 Resultados de la simulación en el caso de una compañía australiana (sin deducir impuestos) utilizando el proceso de lixiviación por soluciones amoniacaes	60

LISTA DE GRAFICOS

2.1 Proceso Cuprion	24
---------------------------	----

/...

I. INTRODUCCION

El descubrimiento de nódulos polimetálicos en los fondos marinos ha impulsado la realización de investigaciones a fin de elaborar métodos y procedimientos para extraer minerales y obtener níquel, cobre, cobalto y manganeso de los nódulos. Hasta la fecha, no se ha iniciado la extracción para la producción en gran escala, debido principalmente a las condiciones adversas que imperan en los mercados de esos metales.

La Oficina de Recursos Minerales, Geología y Geofísica realizó el presente estudio a fin de evaluar la rentabilidad de los nódulos metálicos de los fondos marinos y determinar qué probabilidades existían para la extracción de minerales del mar en el futuro cercano.

Después de examinar los informes publicados sobre extracción de minerales de los fondos marinos, se decidió partir de la base de una explotación minera hipotética con capacidad de 3 millones de toneladas secas de nódulos polimetálicos al año (los nódulos polimetálicos en su estado natural contienen un 30% aproximadamente de agua por peso) para la extracción de níquel, cobre, cobalto y manganeso en la forma de ferromanganeso. Se estima que la zona de los fondos marinos de mayor valor en lo que respecta a la ley de los metales y la concentración de nódulos es la situada al noreste del Océano Pacífico, aproximadamente a 126° de longitud oeste y 15° de latitud norte, entre las zonas de las fallas Clarion y Clipperton. La explotación minera tendría su base en la costa occidental de los Estados Unidos de América, donde estaría la instalación de tratamiento.

Se parte del supuesto de que la compañía minera hipotética a que se refiere el presente estudio sería de propiedad australiana. La compañía tendría que pagar un canon de producción a la Autoridad Internacional de los Fondos Marinos y también tendría que pagar los impuestos australianos. En el presente estudio no se considera ningún gravamen pagadero a los Estados Unidos de América.

Con arreglo a la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar, se prevé que la compañía minera australiana desarrollará sus actividades mineras al mismo tiempo que el organismo pertinente de la Autoridad, la Empresa. Por ello, se examina también en detalle la probable rentabilidad de la Empresa.

II. ESTIMACION DE COSTOS

El estudio se basó en estimaciones de costos publicadas. Como se señaló, todavía no se explotan nódulos, de modo que las estimaciones de costos están basadas en la hipótesis de que se desarrollarán sistemas de extracción y tratamiento adecuados. Los costos están denominados en dólares de los Estados Unidos de marzo de 1985, utilizando para ello los índices publicados de los Estados Unidos (anexo I).

2.1 Costos de exploración

Antes de decidir la construcción de buques mineros, buques de transporte e instalaciones de tratamiento, es necesario efectuar una evaluación minuciosa de los recursos. Con ese fin, deberá fletarse un buque para que geólogos marinos efectúen un estudio con miras a la evaluación detallada de las reservas. La exploración habrá de determinar: a) las diferencias en la concentración de nódulos por zona, b) las diferencias en la ley de los cuatro metales por zona y c) la topografía de la superficie donde se hará la extracción de minerales.

En el presente estudio se utiliza el programa de exploración de seis años de duración de Hillman y Gosling (1985), habiéndose actualizado su costo de 21 millones de dólares (dólares de los Estados Unidos de 1983) a 21,1 millones de dólares. Los índices utilizados para la actualización y su ponderación fueron mano de obra no calificada (25%) (en el anexo I equivale a la mano de obra de las explotaciones mineras), mano de obra calificada (20%) (en el anexo I equivale a la mano de obra de la construcción), combustible (30%) y transporte (25%). El cálculo para cada índice fue el siguiente:

Indice marzo de 1985

1/2 (índice medio 1982 + índice medio 1983)

porcentaje x

Se parte del supuesto de que la Empresa efectúa sus propias exploraciones. (Cabe señalar que la Empresa puede pedir a los primeros inversionistas inscritos que efectúen exploraciones en su nombre, según se establece en el apartado a) i) del párrafo 12 de la resolución II de la Tercera Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar.

2.2 Costos de extracción de minerales

El volumen de la operación fue fijado en 3 millones de toneladas secas de nódulos polimetálicos al año habida cuenta de que varios autores (Shaw, 1976; Nyhart, 1983; Flipse, 1982; Hillman, 1983 y Hillman y Gosling, 1985) han utilizado esa capacidad de operación para su evaluación económica de la minería de los fondos marinos. En el presente estudio no se consideran otros volúmenes de operación.

La extracción de minerales se efectúa mediante un recolector que avanza sobre los fondos marinos. El recolector está diseñado de modo que pueda descargar parte del sedimento fino recogido junto con los nódulos. El recolector está conectado al buque minero mediante un conducto por el que se bombean los nódulos hacia la superficie, en una solución acuosa. El buque tiene además una instalación de

/...

criado para remover todo resto de sedimento fino antes de almacenar los nódulos. El buque minero tiene una capacidad de almacenamiento igual a la que poseen los buques para el transporte de nódulos a puerto.

Se requerirán dos buques mineros. Cada uno trabajará 300 días al año (se prevé un margen de 40 días por razones de mantenimiento o de condiciones climáticas adversas), con un período de producción de 20 horas al día (Hillman, 1983), y un rendimiento del 94%. De esas cifras se desprende que la utilización general del sistema minero es del 78%; tal vez el porcentaje sea alto pero Andrews y otros (1983) y Hillman (1983) lo consideran factible. El recolector tiene las mismas características que el utilizado en el estudio efectuado por Hillman (1983). Se trata de un recolector de 10 m con un rendimiento de dragado del 90% (relación entre la cantidad de nódulos extraída por un mecanismo de recolección y la cantidad de nódulos que la draga encuentra a su paso; Pasho, 1979), y una velocidad de desplazamiento de un metro por segundo. Dada una concentración media de nódulos de 8,2 kg por m²*, la producción media será de 266 toneladas por hora. Los parámetros del yacimiento minero (esto es, la concentración y ley del metal) se detallan en la sección ingresos (3.1).

Los buques mineros tendrán capacidad para almacenar la producción de nueve días, esto es, 70.000 toneladas aproximadamente; se tratará de buques de la clase de 100.000 toneladas de peso muerto, a los que se habrán introducido modificaciones para los trabajos de extracción, según se detalla en las estimaciones de costos que figuran más adelante.

2.2.1 Costos de capital

Los costos se han calculado en relación con un buque minero y deberán duplicarse para los dos buques:

1. Buques mineros

a) Buque minero básico. Se calcula que el buque básico de la clase de 100.000 toneladas de peso muerto tendrá un costo de 24,5 millones de dólares en astilleros del Japón (Departamento del Transporte, información dada personalmente, 1985).

Los rubros b) y c) están tomados de la publicación hecha por Flipse (1982) y actualizados a dólares de los EE.UU. de marzo de 1985 mediante la aplicación de los índices mencionados en el texto.

* Hillman (1983) utiliza esa cifra, determinada calculando el promedio de todas las cifras obtenidas de las muestras. La capacidad de bombeo del elevador hidráulico limitará la tasa de flujo a 648 toneladas por hora, lo que equivale a una concentración de 18 kg por m². Esto significa que si la concentración es superior a esa cifra tal vez haya que reducirla a 18 kg por m² para calcular la concentración media ya que el sistema minero no tiene más capacidad que esa. Andrews y otros (1983) señalan que el recolector estará diseñado de modo que pueda funcionar en caso de que la concentración sea mayor, para lo cual tendrá capacidad de almacenamiento. Sin embargo, ello permitirá absorber el exceso sólo en trayectos cortos.

b) Modificaciones en el casco. El costo de 5,2 millones de dólares (dólares de los EE.UU. de 1980) fue actualizado según los índices de mano de obra calificada (50%) y acero (50%), lo que da la cifra de 6,6 millones de dólares. Se podrán hacer así diversas modificaciones, incluida una piscina de amarre para que el recolector y las tuberías puedan bajarse desde el centro del buque, donde se siente menos el efecto del oleaje.

c) Modificaciones en la maquinaria. El costo de 8,8 millones de dólares (dólares de los EE.UU. de 1980) fue actualizado según los índices de mano de obra calificada (60%), acero (20%) y equipo (20%). Ello da un costo de 11,5 millones de dólares.

d) Navegación y comunicaciones. El costo de 0,9 millones de dólares (dólares de los EE.UU. de 1980) fue actualizado a 1,1 millones de dólares a fin de incluir el equipo adicional (índice de equipamiento del 100%), necesario para que el buque pueda dirigir al recolector por la zona de extracción con toda exactitud.

e) Hotel y tiendas especiales. El costo de estos rubros, de 2 millones de dólares y 1,4 millones de dólares respectivamente (dólares de los EE.UU. de 1980), fue actualizado según los índices de mano de obra calificada (50%), equipo (25%) y acero (25%). Estos rubros tienen por objeto la atención del personal de extracción y la tripulación del buque, que deberá permanecer a bordo del buque minero durante un período continuo de 30 días antes de su relevo. El costo actualizado es de 2,6 millones de dólares y de 1,8 millones de dólares para el hotel y las tiendas, respectivamente.

	<u>Millones de dólares</u>
a) Buque minero básico	24,5
b) Modificaciones en el casco	6,6
c) Modificaciones en la maquinaria	11,5
d) Navegación y comunicaciones	1,1
e) Hotel	2,6
Tiendas especiales	<u>1,8</u>
Total	<u>48,1</u> x 2 = 96,2

2. Instalaciones para el manejo y el almacenamiento del equipo de extracción y manipulación de minerales

Las instalaciones de manejo y almacenamiento incluyen una grúa para subir y bajar los 4.000 ó 5.000 metros de tubería y el almacenamiento de todas las tuberías a bordo del barco. También es necesario un recolector de repuesto. El sistema para la manipulación de los minerales consiste de los siguientes elementos: a) el equipo para vaciar la solución acuosa con los nódulos desde la tubería vertical hasta una criba desde donde se devuelve el agua al mar y se ponen los nódulos en un transportador; b) el sistema transportador, para vaciar los nódulos al lugar de

almacenamiento; y c) el equipo para recoger y vaciar los nódulos, en forma de solución acuosa, a los buques de transporte. Los costos aquí señalados incluyen el equipo para vaciar el combustible del buque de transporte al buque minero. Hillman y Gosling (1985) estiman el costo de este equipo en 87,1 millones de dólares (dólares de los EE.UU. de 1983) para ambos buques. Esa cifra ha sido actualizada según los índices de mano de obra calificada (65%) y acero (35%), lo que da un costo de 93,5 millones de dólares.

3. Sistema de bombeo

El sistema de bombeo incluirá bombas sumergibles de varias etapas alimentadas mediante la electricidad procedente de un cable paralelo a las tuberías. El costo de este sistema de bombas fue estimado por Flipse (1982) y Andrews y otros (1983) en 11,8 millones de dólares EE.UU. de 1980 y 13,8 millones de dólares EE.UU. de 1982. Hillman (1983) estimó ese costo en 13 millones de dólares EE.UU. de 1981 y Hillman y Gosling (1985) lo estimaron en 14,85 millones de dólares EE.UU. de 1983. La tasa de aumento de esos costos se ajusta más al índice de precios al consumidor (IPC) que a otros índices, y por ello se utilizó el IPC para actualizar las estimaciones de Hillman y Gosling (1985) a una cifra de 16,15 millones de dólares para cada buque minero, esto es, un total de 32,3 millones de dólares para ambos buques.

4. Tuberías de dragado y mangueras de fondo

La tubería de dragado debe tener un largo de 12 a 13 metros aproximadamente, con un diámetro interno de unos 40 cm (Hillman, 1983). Las tuberías estarían pintadas por fuera con zinc inorgánico y revestidas por dentro de un material antiabrasivo (Flipse, 1982). Las tuberías tendrían soportes a los que se amarrarían los cables eléctricos. Habrá secciones especiales para montar las bombas. Cada buque tendría un juego de tuberías dragadoras y se mantendría un tercer juego en el puerto de base. Flipse (1982) señala la pérdida de las tuberías o un daño importante en ellas ocasionaría otros daños y obligaría a regresar al puerto de base para efectuar las reparaciones. Las estimaciones de Flipse (1982), de 13,4 millones de dólares (dólares de los EE.UU. de 1980) para cada juego de tuberías fueron actualizadas según los índices del acero (60%) y mano de obra calificada (40%), lo que da un costo de 16,7 millones de dólares. Según estimaciones de Flipse (1982), el costo de la manguera flexible con que termina el juego de tuberías y que está conectada al recolector, es de 1,4 millones de dólares (dólares de los EE.UU. de 1980). Esa cifra fue actualizada con arreglo a los índices de materiales industriales (80%) y mano de obra calificada (20%), lo que da una cifra de 1,7 millones de dólares. Para ambos buques, el costo total es de $(16,7 \times 3) + (1,7 \times 4)$, esto es, de 56,9 millones de dólares.

5. El recolector

Como se señaló, el recolector debe dejar de lado los pedruzcos grandes y recoger los nódulos y el sedimento. Sin embargo, el sedimento fino se saca antes de transportar los nódulos al buque minero a fin de reducir el total de materia bombeada. El recolector debe estar diseñado de modo tal que se pueda afirmar en los sedimentos, que tienen una tasa promedio de resistencia a la fuerza que va de 20 g/cm² en el sedimento de superficie hasta 100 g/cm² a 15 cm de profundidad (Hillman, 1983). El recolector debe mantenerse en condiciones óptimas ya que, según las estimaciones de Hillman (1983), para bajarlo al fondo del mar se necesitan de cuatro a cinco días.

/...

Las estimaciones del costo del recolector hechas por Flipse (1982), Andrews y otros (1983), Hillman (1983) y Hillman y Gosling (1985) son similares si se considera que en las estimaciones de Hillman, 7,5 millones de dólares, se incluye un recolector adicional para cada buque. El aumento del costo es aproximadamente de 0,5 millones de dólares al año desde las estimaciones de Flipse (1982) hasta las de Hillman y Gosling (1985). El costo estimado de dos recolectores para cada buque es, pues, de 8,5 millones de dólares.

6. Gastos iniciales

Estos gastos se basan en el supuesto de que será necesario introducir modificaciones en las estructuras de acero en las primeras etapas de la extracción de minerales. Las estimaciones de Hillman y Gosling (1985), de 23,2 millones de dólares (dólares de los EE.UU. de 1983) fueron actualizadas según los índices de mano de obra calificada (50%), acero (30%), mano de obra no calificada (10%) y equipo (10%), lo que da una cifra de 24,8 millones de dólares.

<u>Costo total del capital de explotación minera</u>	<u>Millones de dólares</u>
Dos buques mineros	96,2
Manipulación y almacenamiento/manipulación de minerales	93,5
Sistema de bombeo	32,3
Sistema de tres tuberías y cuatro mangueras	56,9
Recolectores (incluye recolectores adicionales)	<u>8,5</u>
	287,4
Gastos iniciales	<u>24,8</u>
Total	<u>312,2</u>

Se parte de la base de que los costos se distribuirán en partes iguales durante los seis años de construcción y que los gastos iniciales se agregarán en el sexto año. Ello da un total de 47,9 millones de dólares al año en los cinco primeros años, y de 72,7 millones de dólares en el sexto año.

2.2.2 Gastos anuales de funcionamiento

1. Gastos de tripulación

Se prevé que cada buque tendrá una tripulación de 40 personas y que cada equipo minero tendrá 32 personas. Como es necesario proceder al relevo de esos equipos, para cada buque se requieren dos tripulaciones y dos equipos mineros. Los gastos estimados por Hillman y Gosling (1985), de 21,3 millones de dólares, fueron actualizados según el índice de mano de obra no calificada en 22,8 millones de dólares.

/...

2. Subsistencia

Este rubro abarca la alimentación y otros suministros varios para las tripulaciones de ambos buques mineros. La cifra estimada por Hillman y Gosling (1985) de 2 millones de dólares fue actualizada utilizando el IPC en 2,2 millones de dólares.

3. Mantenimiento y reparaciones

Estos gastos se basan en un porcentaje del costo del capital.

a) Buque minero. La estimación es de un 2% del costo del capital (Flipse, 1982).

b) Juego de tuberías y recolector. Hillman (1983) utiliza las estimaciones de Shaw (1976), en cuanto prevé una vida útil de 6 a 12 meses para el recolector y el juego de tuberías, mientras que Flipse (1982) estima que es posible prever el doble de duración. Para las presentes estimaciones se ha tomado como base un juego de tuberías hipotético con una vida útil de 18 meses a fin de prever fondos suficientes para su reparación o reemplazo. De este modo, la factura anual por concepto de reparaciones será de un 66% del costo de capital de ambos juegos de tuberías y ambos recolectores con sus mangueras (cabe observar que el cálculo de 18 meses para la vida útil del juego de tuberías es impráctico debido a que, para reemplazarlo el buque minero deberá volver al puerto en distintas épocas del año).

c) Otro equipo minero y equipo de vaciado. Se estiman en un 5% del costo del capital (Flipse, 1982).

De este modo, el gasto anual de mantenimiento y reparaciones es el siguiente:

	<u>Millones de dólares</u>
a) 2% x 96,2 =	1,9
b) 66% x 41,05 =	27,3
c) 5% x 125,8 =	<u>6,4</u>
Total	<u>35,6</u>

4. Seguros

Este rubro se basa en las estimaciones de Hillman y Gosling (1985) de 6 millones de dólares (dólares de los EE.UU. de 1983) actualizadas utilizando el IPC, lo que arroja una cifra de 6,5 millones de dólares.

5. Combustible

Según las estimaciones de Flipse (1982) los dos buques mineros requerirán al año 46.600 toneladas largas (47.350 toneladas) de fueloil; Hillman (1983) estima esa cifra en 51.000 toneladas. En las presentes estimaciones se ha calculado la cifra de 50.000 toneladas, a un costo de 190 dólares por tonelada. Ello da un total de 9,5 millones de dólares.

6. Lubricación

Su costo se estima en 0,1 millones de dólares, lo que coincide con las estimaciones de Flipse (1982) y Hillman (1983) (la actualización no es necesaria tratándose de una cifra tan pequeña).

7. Exploración e investigación y desarrollo

La exploración continuada del sitio minero se considera gasto de explotación de la mina. Esta labor es necesaria para evaluar la zona minera en los años venideros y poder así formular los planes de extracción. Se utilizaría un buque fletado para la recolección de muestras de los fondos marinos y el levantamiento de mapas topográficos. Como el recolector es un elemento esencial del equipo de explotación minera, es fundamental que la investigación y el desarrollo prosigan respecto del recolector y de otras operaciones mineras. Las estimaciones de Hillman y Gosling (1985) de 6,4 millones de dólares fueron actualizadas según los índices de mano de obra no calificada (25%), mano de obra calificada (20%), combustible (30%) y transporte (25%), pero ello no aumenta demasiado el costo y por ello se ha utilizado la cifra de 6,4 millones de dólares.

8. Administración general

Para la compañía australiana, se ha estimado que este rubro equivaldrá a un 5,5% de los gastos de explotación, esto es, de 4,6 millones de dólares. Para la Empresa se estima en un 10% (esto es, 8,3 millones de dólares), teniendo en cuenta que la Empresa deberá prestar gran atención a la capacitación y, por ejemplo, establecer una sección de personal, mientras que la compañía australiana cuenta ya con una sección de personal y otros servicios que pueden ampliarse a un costo inferior al del establecimiento de una sección nueva.

9. Gastos relacionados con el medio ambiente

Será necesario vigilar las columnas de agua levantadas por el buque minero y el recolector. En el presente documento se parte de la base de que la vigilancia del medio ambiente (biológico, químico, geológico y físico) comenzará con la fase de producción. Sin embargo, tal vez sea necesario comenzarla antes de que comience la producción en el caso de que los operadores deban proporcionar una exposición de consecuencias ambientales antes de la autorización para comenzar las operaciones de extracción. En la actualidad no existen reglamentaciones en el marco de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar que establezcan las obligaciones jurídicas de los operadores. El equipo necesario debe adquirirse con cargo a la partida gastos de capital (véase, la secc. 2.5.2 sobre gastos de capital relacionados con el medio ambiente), pero aquí se está haciendo referencia a los gastos para recuperar cada año los instrumentos de vigilancia y colocar nuevos juegos en el lugar de que se trate. La vigilancia incluirá el fletamiento de un buque de investigación para recuperar los instrumentos de vigilancia y colocar nuevos, efectuar los análisis del caso y preparar los informes. Andrews y otros (1983) se refieren a esta materia en detalle y estiman que la vigilancia costará 1,5 millones de dólares al año (dólares de los EE.UU. de 1980). Esa cifra ha sido actualizada según el índice de mano de obra calificada en 1,7 millones de dólares.

/...

Costo total anual de la explotación de mineralesMillones de dólares

1. Gastos de tripulación	22,8
2. Subsistencia	2,2
3. Mantenimiento y reparaciones	35,6
4. Seguros	6,5
5. Combustible	9,5
6. Lubricación	0,1
7. Exploración e investigación y desarrollo a/	<u>6,4</u>
Total parcial	<u>83,1</u>
8. Administración general (compañía australiana)	4,6
9. Vigilancia del medio ambiente	<u>1,7</u>
Total	<u>89,4</u>
8. Administración general (la Empresa)	8,3
9. Gastos de vigilancia del medio ambiente	<u>1,7</u>
Total general	<u>93,1</u>

a/ El costo de esta partida será cero en el último año de producción.

Ello equivale a 29,8 dólares por tonelada de nódulos (secos) para la compañía australiana y 31,03 dólares por tonelada para la Empresa.

2.3 Gastos de transporte

El transporte de los nódulos desde los dos buques mineros hacia la costa oeste de los Estados Unidos se efectuará mediante tres buques de carga de minerales a granel, de la clase de 70.000 toneladas de peso muerto. Los detalles correspondientes a estos buques son análogos a los descritos por Hillman (1983):

Distancia del transporte	3.410 km
Velocidad:	
Con carga	27,0 km/hora
Sin carga	31,0 km/hora
Calendario del circuito:	
Con carga al puerto	5 días 6 horas
Sin carga desde el puerto	4 días 14 horas
Puerto	1 día 21 horas
Carga en el mar	<u>1 día 8 horas</u>
Total	<u>13 días 1 hora</u>

/...

Carga por viaje (90% de la capacidad)	64.000 toneladas (húmedas)
Producción a/	300 días/año
Viajes por buque y por año	23
Número total de buques	3
Número de miembros de la tripulación	28
Consumo de combustible y lubricante:	
En el mar	39 toneladas de fueloil por día
	3 toneladas de aceite diesel por día
En el puerto	la décima parte del consumo en el mar

a/ Se supone que los buques mineros tienen una capacidad real de producción de 300 días por año. Dado que cada buque minero tiene una capacidad de almacenamiento equivalente a unos nueve días de producción, se necesitaría transporte para menos de 300 días pero es posible que surjan problemas en cuanto a la coordinación entre los tres buques de transporte y los dos buques mineros. Para el presente estudio, se han tomado como base 23 viajes de ida y vuelta por buque, lo que da cierta flexibilidad. Cabe observar que el tiempo de carga del buque en el mar puede reducirse si se mejoran las técnicas y se aumenta el número de conductos de solución acuosa entre el buque minero y el buque transportador. Ello permitiría al buque permanecer más tiempo en puerto.

2.3.1 Gastos de capital

1. Tres buques de transporte de minerales a granel, de 70.000 toneladas de peso muerto

Se parte de la base de que los buques serán construidos en astilleros japoneses, donde un buque mineralero de la clase de 70.000 toneladas de peso muerto costaba 17,5 millones de dólares en septiembre de 1984 (fuente: Lloyd's Shipping Economist). La tendencia actual de los precios es a la baja (16 millones de dólares en diciembre de 1984, según la misma fuente). Las estimaciones para el presente estudio son de 17,5 millones de dólares por buque, esto es, 52,5 millones de dólares para los tres buques de transporte.

/...

2. Sistemas de manipulación de la solución acuosa

Cada buque de transporte deberá tener un equipo de bombas que le permita extraer la solución acuosa de los buques mineros. También se requerirán bombas para la extracción de agua a fin de desaguar las bodegas de los buques de transporte una vez cargada la solución acuosa. En cambio, el buque de transporte no tendrá que transformar nuevamente en solución acuosa la carga y descargar los módulos pues estas operaciones se efectuarán con el equipo que posee para ello el terminal del puerto. Andrews (1978) estima que el equipo de carga de la solución acuosa y de desagüe tendrá un costo para cada buque de 1,22 millones de dólares (dólares de los Estados Unidos de 1977). Ese costo ha sido actualizado según los mismos índices aplicados al equipo para la manipulación de los minerales a bordo del buque minero, a saber, mano de obra calificada (65%) y acero (35%). El costo que resulta para los tres buques es de 2,04 millones de dólares por tres, esto es, 6,1 millones de dólares.

3. Mejoramiento del buque de transporte

Los buques de transporte tendrán otras instalaciones especiales como cabinas adicionales para la tripulación de relevo de los buques mineros. El gasto estimado por Andrews (1978) de 5 millones de dólares permite introducir mejoramientos en los buques "diesel orientales" a fin de que se ajusten a los requisitos exigidos en los Estados Unidos. Sin embargo, esa estimación puede ser demasiado alta puesto que los buques normales de los astilleros japoneses cumplen seguramente con algunos de los requisitos exigidos. El costo estimado de 5 millones de dólares ha sido actualizado según los índices de mano de obra calificada (50%), acero (30%) y equipo (20%) y es de 8,43 millones de dólares por cada buque. La cifra total es de 25,3 millones de dólares.

4. Buque de aprovisionamiento

Las estimaciones abarcan también un buque de gran radio de acción y alta velocidad para el aprovisionamiento de los buques mineros. Hillman (1983) estima el costo de ese buque en 1,4 millones de dólares (dólares de los EE.UU. de 1981) y Hillman y Gosling (1985) lo estiman en 1,5 millones de dólares (dólares de los EE.UU. de 1983). Para los efectos del presente estudio, la estimación es de 1,6 millones de dólares.

<u>Costo total del capital de transporte</u>	<u>Millones de dólares</u>
1. Tres buques de 70.000 toneladas de peso muerto	52,5
2. Tres sistemas de manipulación de la solución acuosa	6,1
3. Mejoramiento del buque de transporte	25,3
4. Buque de aprovisionamiento	<u>1,6</u>
Total	<u>85,5</u>

Se supone que la construcción de los tres barcos demorará seis años y que el buque de aprovisionamiento será construido en los dos últimos años de ese sexenio.

/...

2.3.2 Gastos anuales de funcionamiento

1. Sueldos y beneficios

El costo estimado por Hillman y Gosling (1985) es de 4,7 millones de dólares (dólares de los EE.UU. de 1983) para una tripulación estadounidense de 32 personas. El costo de una tripulación australiana es similar. El costo de 4,7 millones de dólares fue actualizado según el índice de mano de obra no calificada a 5 millones de dólares.

En lo que respecta a las partidas 2 a 4 y 7 y 8 infra, se utilizaron en el presente estudio las estimaciones de Hillman y Gosling (1985) en dólares EE.UU. de 1983, actualizados según los diversos índices que se señalan.

2. Viveres

La estimación de 0,5 millones de dólares por concepto de alimentos y suministros fue actualizada conforme al IPC, pero como el aumento fue mínimo, se mantuvo la cifra de 0,5 millones de dólares.

3. Mantenimiento y reparaciones

La estimación por concepto de mantenimiento y reparaciones de buques, por un monto de 6,2 millones de dólares, fue actualizada según los índices de mano de obra calificada (50%), equipo y piezas y partes (30%) y acero (20%), lo que da un total de 6,6 millones de dólares.

4. Seguros

La estimación de 1,4 millones de dólares para el seguro de los tres buques de transporte y el buque de suministro fue actualizada aplicando el IPC (100%), lo que arroja la cifra de 1,5 millones de dólares.

5. Combustible y lubricantes

La tasa de consumo de combustible utilizado, según se señala antes, fue de 39 toneladas de fueloil y tres toneladas de aceite diesel por día en el mar y, en puerto, una décima parte del consumo en el mar. Para 23 viajes de 3 buques a un costo de 190 dólares por tonelada para el fueloil y de 300 dólares por tonelada para el aceite diesel, el costo asciende a 6,5 millones de dólares.

6. Derechos de puerto

Se utilizó el promedio de derechos de puerto de 20.000 dólares por visita, según información proporcionada por el Departamento de Transporte (1985). La estimación total para el año es 1,3 millones de dólares.

7. Helicóptero

El costo del arrendamiento y operación de un helicóptero se estimó en 0,7 millones de dólares que, actualizados, quedan en 0,8 millones de dólares.

/...

8. Buque de aprovisionamiento

Los gastos de funcionamiento de este buque con tripulación, combustible y suministros ascenderían a 1,8 millones de dólares. Esa suma ha sido actualizada según los índices de mano de obra no calificada (50%), equipo (30%) y combustible (15%) en 1,9 millones de dólares.

9. Administración general

Se utilizaron los mismos porcentajes de los gastos de funcionamiento que para los gastos generales de la extracción, o sea, 5,5% de los gastos de funcionamiento para la compañía australiana y 10% para la Empresa (1,3 millones de dólares y 2,4 millones de dólares, respectivamente).

<u>Gastos totales de funcionamiento</u> <u>(transporte)</u>	<u>Millones de dólares</u>
1. Sueldos y beneficios	5,0
2. Víveres	0,5
3. Mantenimiento y reparaciones	6,6
4. Seguro	1,5
5. Combustible y lubricantes	6,5
6. Derechos de puerto	1,3
7. Helicóptero	0,8
8. Buque de aprovisionamiento	<u>0,9</u>
Total parcial	24,1
9. Administración general (compañía australiana)	<u>1,3</u>
Total	25,4
9. Administración general (la Empresa)	<u>2,4</u>
Total general	<u>26,5</u>

Esto equivale a 8,47 dólares por tonelada de nódulos (secos) transportados por la compañía australiana y 8,83 dólares por tonelada transportada por la Empresa.

2.4 Tratamiento y otros gastos en tierra

La composición de los nódulos polimetálicos es tal que el contenido de cobre, níquel o cobalto no se puede liberar mediante el simple beneficio. Ello se debe a que los metales no se presentan como en los minerales metalíferos usuales, sino que están dispersos en los óxidos de manganeso y hierro que componen la mayor parte de los nódulos. La porosidad de los nódulos es alta, con una superficie de 200 m²/g (King y Pasho, 1979), lo que hace que el agua constituya aproximadamente el 30% del peso.

/...

En el presente estudio se utiliza el proceso Cuprion, desarrollado por la Kennecott Copper Corporation y descrito detalladamente por Hillman (1983). El proceso Cuprion y otros desarrollados hasta la fecha se encuentran en la lista que figura en el cuadro 2.1 y aquellos aún no plenamente desarrollados figuran en el cuadro 2.2.

En el proceso hidrometalúrgico Cuprion se utiliza una solución de amoníaco que contiene iones de cobre para extraer cobre, níquel y cobalto de los óxidos de manganeso y hierro. El cobre y el níquel se extraen de la solución mediante el intercambio de iones y la extracción electrolítica para producir cátodos de cobre y de níquel. El cobalto es extraído de la solución por precipitación con sulfuro de hidrógeno. Luego el cobalto es lavado, secado y vendido en polvo; el amoníaco es extraído de la solución y reciclado (gráfico 2.1). En el caso de los cuatro metales se parte de la base de la existencia de una planta adicional de obtención de manganeso que produce ferromanganeso. Los residuos carbonatados del proceso de lixiviación serían puestos con aditivos en células de flotación y, luego, pasados por un horno para obtener un mineral sintético de óxido de manganeso con un contenido de 55% a 60% de manganeso. Luego se pondría el mineral en un horno con fundentes y mineral de hierro para obtener un producto de ferromanganeso con un 78% de manganeso.

El proceso de extracción descrito para los cuatro metales se basa en Hillman (1983), ya que su estudio se refiere a la planta adicional de ferromanganeso y al método Cuprion (cuadro 2.3).

Cuadro 2.1

Tecnologías tradicionales de refinación*

Proceso	Estado de desarrollo
Proceso de lixiviación por solución amoniacal	Módulo equivalente
Proceso Cuprion	Planta piloto
Proceso pirometalúrgico	Módulo equivalente
Proceso de lixiviación por ácido clorhídrico	Planta piloto
Proceso de lixiviación por ácido sulfúrico	Planta piloto

* Se definen como procesos tradicionales a aquellos que ya han sido objeto de ensayo, han sido utilizados en plantas piloto o se basan en procesos actualmente en funcionamiento. Por ejemplo, el proceso de lixiviación por solución amoniacal se basa en el proceso Nicaro, desarrollado para minerales lateríticos. En consecuencia, tiene un módulo industrial equivalente.

Fuente: Arthur D. Little, Inc.

/...

Cuadro 2.2

Otras opciones para el tratamiento

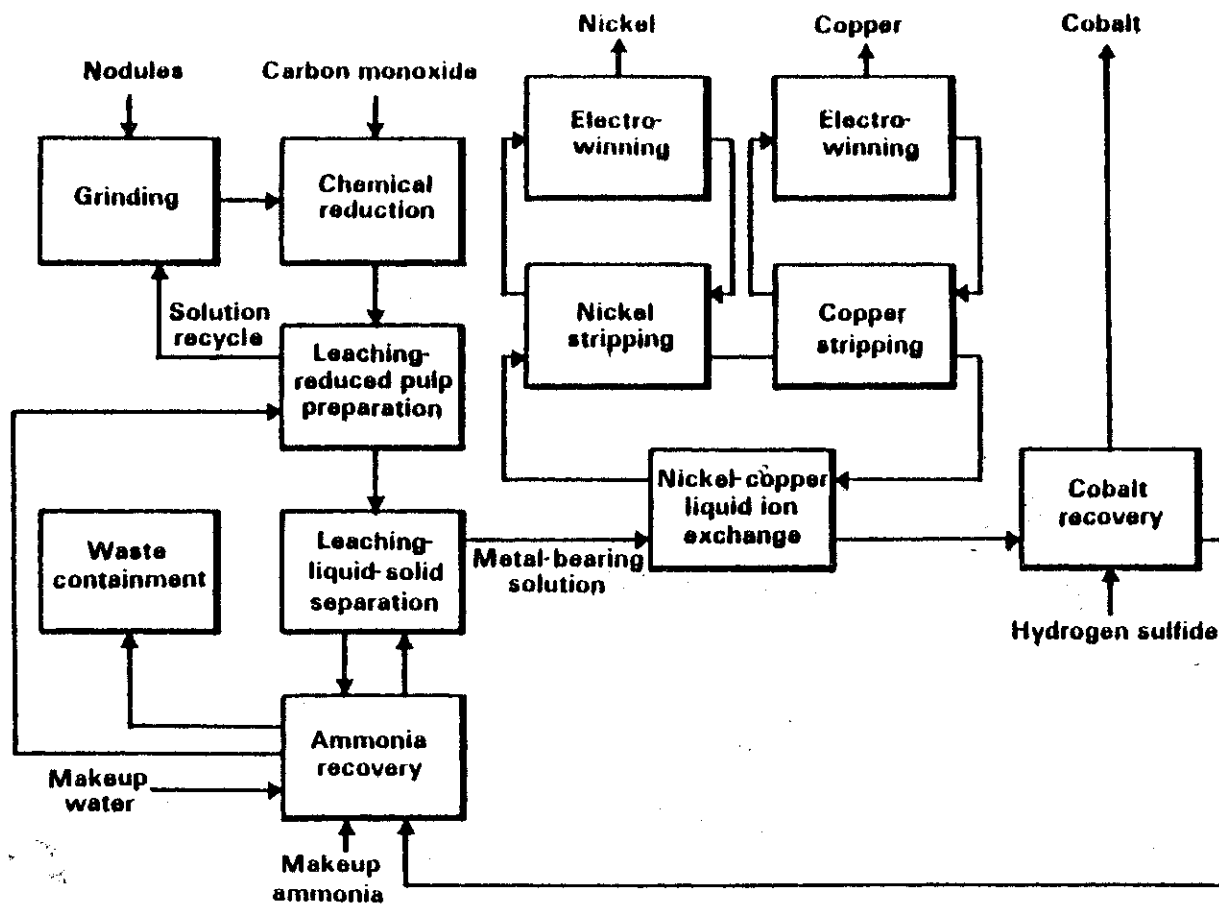
Tipo de proceso	Fuente <u>a/</u>	Titular(es) de la patente	Estado de desarrollo <u>b/</u>	Concepto del proceso <u>c/</u>
Proceso de SO ₂ (ácido sulfuroso)	Publicaciones (10)	Oficina de Minas/Universidad de Hawai	Laboratorio	Desarrollado en diagrama de circulación
Acido nitroso/nítrico	Publicaciones (2)	Chemetals, Inc.	Laboratorio	Desarrollado en diagrama de circulación
Acido oxálico	Publicaciones (2)	Universidad de Hawai Universidad de Arizona	Laboratorio	Inferido
Flotación coloidal absorbente	Publicaciones (2)	Universidad de Hawai Universidad de Arizona	Laboratorio	Inferido
Tecnología de plasma	Publicaciones (1)	Sin titular	Teórico	Inferido

Fuente: Arthur D. Little, Inc.

a/ La cifra entre paréntesis indica la cantidad de referencias posteriores a 1977.

b/ Laboratorio = pruebas de laboratorio o ensayos.

c/ El concepto general de proceso y el diagrama de circulación se pueden desarrollar a partir de datos publicados o inferirse de procesos y tecnologías similares.



(After U.S. Bureau of Mines, IC 8924, Haynes & others, 1983)

GRAFICO 2.1 PROCESO CUPRION

Cuadro 2.3

Obtención de metal en el proceso Cuprion/ferromanganeso

Metal	Obtención (%)
Cobalto	65
Cobre	92
Manganeso	44
Níquel	92

2.4.1 Gastos de capital

El costo estimado de la planta Cuprion, de la planta de ferromanganeso "adicional" y de la terminal y la tubería para la solución acuosa se basa en la estimación efectuada por Hillman y Gosling (1985) y está actualizado de dólares EE.UU. de 1983 a dólares de marzo de 1985 según los distintos índices que se mencionan. Las únicas diferencias con la estimación de gastos de Hillman y Gosling (1985) son: a) los gastos relacionados con el capital para las estimaciones de gastos de funcionamiento (o sea, mantenimiento, materiales y seguros), que se basan en un porcentaje de los gastos totales de capital según Flipse (1982), y b) los gastos generales para la Empresa, que ascienden al 10%, tal como en las otras secciones. No se han previsto gastos adicionales de capital relacionados con la infraestructura y el sitio urbano. Se presume que estos ya existen en el lugar de la planta de tratamiento.

2.4.1.1 Planta para el proceso Cuprion

1. Planta y equipo

El costo estimado para la construcción de la planta más la compra de equipo es de 370,3 millones de dólares. Esa cifra está actualizada según los índices para mano de obra calificada (40%), materiales de construcción (40%) y acero (20%) en la suma de 394,5 millones de dólares.

2. Agua, electricidad, etc. y servicios

El costo estimado de 159,1 millones de dólares para la construcción de los servicios de agua, electricidad, etc. y otros servicios públicos ha sido actualizado según los índices para el equipo comprado (70%), mano de obra calificada (17%) y materiales de construcción (13%) en 167 millones de dólares. Esa cifra incluye la construcción de una unidad de generación de energía por combustión de carbón para la planta Cuprion, utilizando los gases de escape en el proceso (monóxido de carbono, dióxido de carbono).

/...

3. Eliminación de residuos (represas, etc.)

El costo estimado de 30,3 millones de dólares de la construcción de represas para eliminación de residuos ha sido actualizado según los índices para mano de obra calificada (58%), combustible (25%), neumáticos (15%) y materiales de construcción (2%) en la cifra de 30,5 millones de dólares (los factores de actualización proceden del Capital and Operating Cost Estimating System Handbook (Mathews, 1977), relativo a la construcción de represas pequeñas y terraplenes).

4. Eliminación de residuos (tuberías, etc.)

El costo estimado de 20,9 millones de dólares de la construcción de tuberías, bombas, etc., para la eliminación de residuos y para la adquisición de terrenos para la zona de desechos ha sido actualizado a 22,3 millones de dólares. Se partió del supuesto de que la adquisición de terrenos correspondía al 10% del costo de inversión y, para la actualización, se utilizó el IPC. El resto fue actualizado según los índices de equipo comprado (56%), acero (28%) y mano de obra calificada (16%).

5. Ramal ferroviario y camino de acceso

El costo estimado de 5,7 millones de dólares para la construcción del ramal ferroviario y del camino de acceso, cada uno de ellos de 8 km de longitud, fue actualizado según los índices del acero (29%), materiales de construcción (20%), mano de obra calificada (20%), madera (20%), combustible (6%) y neumáticos (5%) en la suma de 5,9 millones de dólares.

6. Adquisición de terrenos

El costo estimado de 2,6 millones de dólares de la adquisición de terrenos para la planta fue actualizado según el IPC en 3,2 millones de dólares.

<u>Costo de inversión total de la planta Cuprion</u>	<u>Millones de dólares</u>
1. Planta y equipo	394,5
2. Agua, electricidad, etc. y servicios públicos	167,0
3. Eliminación de residuos (represas, etc.)	30,5
4. Eliminación de residuos (tuberías, etc.)	22,3
5. Ramal ferroviario y camino de acceso	5,9
6. Adquisición de terrenos	3,2
Total	<u>623,4</u>

/...

2.4.1.2 Planta de ferromanganeso

1. Planta y equipo

El costo estimado de 129,6 millones de dólares para la planta de ferromanganeso, incluidas las células de flotación, el horno y, el horno eléctrico, fue actualizado según los mismos índices utilizados para la planta y el equipo correspondientes al proceso Cuprion en la suma de 138,1 millones de dólares.

2. Agua, electricidad, etc., y servicios públicos

Se parte del supuesto de que la energía que utilizará esta planta será comprada a una planta generadora de energía cercana. En el costo estimado de 31,1 millones de dólares se incluye el abastecimiento de agua, la red de energía y otras conexiones de servicios públicos. El cálculo fue actualizado según los mismos índices utilizados por el mismo concepto en la planta Cuprion en la suma de 32,6 millones de dólares.

<u>Costo de inversión total de la planta de ferromanganeso</u>	<u>Millones de dólares</u>
1. Planta y equipo	138,1
2. Agua, electricidad, etc. y servicios públicos	<u>32,6</u>
Total	<u>170,7</u>

2.4.1.3. Instalación terminal para la solución acuosa

Se necesitará una instalación para volver a convertir en solución acuosa y descargar los nódulos en el puerto terminal, junto con un almacenamiento adecuado antes del bombeo a la planta de tratamiento. Si bien los buques de transporte también cargarán suministros, se supone que la carga de combustible se efectuará desde una gabarra y que en el puerto terminal no se necesitarán instalaciones para el almacenamiento de combustible. El costo estimado de 40,8 millones de dólares fue actualizado según los índices correspondientes a mano de obra calificada (40%), materiales de construcción (30%) y equipo (20%) y el IPC (10%) en la suma de 44,2 millones de dólares.

2.4.1.4 Tubería para la solución acuosa

En esta partida se incluye la compra de tierras entre la instalación terminal en la costa y la planta de tratamiento, que estaría a unos 40 km de distancia, y para la tubería y las estaciones de bombeo. El costo estimado de 20,7 millones de dólares fue actualizado según los índices para el acero (40%), mano de obra calificada (30%), equipo (20%), materiales de construcción (5%) y el IPC (5%) en la suma de 22,1 millones de dólares.

/...

Costo de inversión total para todas las instalaciones en tierra

Millones de dólares

2.4.1.1	Proceso Cuprion	623,4
2.4.1.2	Planta de ferromanganeso	170,7
2.4.1.3	Instalación terminal para la solución acuosa	44,2
2.4.1.4	Tubería para la solución acuosa	<u>22,1</u>
	Total	<u>860,4</u>

2.4.2 Gastos anuales de funcionamiento

2.4.2.1 Planta Cuprion, terminal y tubería

1. Sueldos y prestaciones

El costo estimado de 18,6 millones de dólares para los sueldos y prestaciones de los operarios de la planta Cuprion fue actualizado según el índice de mano de obra no calificada (100%) en la suma de 19,9 millones de dólares.

2. Materiales y suministros

El costo estimado de 4,0 millones de dólares para los materiales y suministros necesarios en el proceso, como productos químicos y reactivos, fue actualizado según los índices de materiales industriales (100%) en la suma de 4,1 millones de dólares.

3. Agua, electricidad, etc. y combustible

El costo estimado de 40,5 millones de dólares para agua, electricidad, etc. y combustibles, como carbón, petróleo y agua, no se ha actualizado porque su costo no ha aumentado de manera apreciable en los dos últimos años.

4. Gastos relacionados con el capital

El costo estimado de mantenimiento de la planta Cuprion, la instalación terminal y la tubería para la solución acuosa se considera el 4% del capital fijo total y, el de los suministros, el 1% del capital fijo total. El seguro se considera en los dos casos el 1% del capital fijo total. El costo de capital de la planta, la instalación terminal y la tubería es de 689,7 millones de dólares y, en consecuencia, los gastos relacionados con el capital ascienden a 41,4 millones de dólares (6% de 689,7 millones de dólares).

5. Eliminación de residuos

El costo estimado de 7,8 millones de dólares fue actualizado según los índices correspondientes a mano de obra no calificada (40%), materiales de construcción (20%), equipo (15%), acero (15%), neumáticos (5%) y combustible (5%) en la suma de 8,1 millones de dólares.

6. Tubería para la eliminación de residuos

El costo estimado de 2,7 millones de dólares por concepto de mantenimiento, funcionamiento y reparaciones de la tubería que iría desde la planta de tratamiento hasta el sitio de eliminación de residuos fue actualizado según los índices correspondientes a mano de obra calificada (60%) y equipo (40%) en la suma de 2,9 millones de dólares.

7. Tubería para la solución acuosa

El costo estimado de 6,5 millones de dólares por concepto de mantenimiento, funcionamiento y reparaciones de la tubería de 40 kilómetros de longitud desde la instalación terminal portuaria hasta la planta de tratamiento fue actualizado según los mismos índices de la partida 6 en la suma de 6,9 millones de dólares.

8. Descarga y almacenamiento

El costo estimado de 3,1 millones de dólares por concepto de descarga y almacenamiento de los nódulos en la instalación terminal portuaria, inclusive mantenimiento y reparaciones, fue actualizado según los mismos índices de la partida 6 en la suma de 3,3 millones de dólares.

9. Ramal ferroviario

El costo estimado de 0,2 millones de dólares por concepto de mantenimiento y funcionamiento del ramal ferroviario no ha sido actualizado.

10. Administración general

Los gastos generales de administración se basan en un porcentaje de los gastos de funcionamiento. En el caso de la compañía australiana, se considera que el porcentaje es el 5% y, en el de la Empresa, el 10% (los mismos porcentajes que para los gastos generales de transporte y extracción).

11. Investigación y desarrollo

Habría que mejorar constantemente el proceso para que la operación siga siendo económicamente viable. El costo se estima en 2 millones de dólares. Esa labor se puede efectuar internamente o por contrata.

/...

Costo total de funcionamiento de la planta Cuprion,
la instalación terminal y la tubería por añoMillones de dólares

1. Sueldos y beneficios	19,9
2. Materiales y suministros	4,1
3. Agua, electricidad, etc. y combustible	40,5
4. Gastos relacionados con el capital	41,4
5. Eliminación de residuos	8,1
6. Tubería para la eliminación de residuos	2,9
7. Tubería para la solución acuosa	6,9
8. Descarga y almacenamiento	3,3
9. Ramal ferroviario	<u>0,2</u>
Total parcial	127,3
10. Administración general (compañía australiana)	6,4
11. Investigación y desarrollo	<u>2,0</u>
Total	135,7
10. Administración general (la Empresa)	12,7
11. Investigación y desarrollo	<u>2,0</u>
Total general	<u>142,0</u>

Esto equivale a 45,2 dólares por tonelada de nódulos (secos) tratados para la
compañía australiana y 47,3 dólares por tonelada de nódulos (secos) tratados para
la Empresa.

2.4.2.2 Planta de ferromanganeso1. Sueldos y beneficios

La estimación de gastos de 32 millones de dólares, actualizada según los
índices de mano de obra no calificada (100%), asciende a la suma de 34,2 millones
de dólares.

/...

2. Materiales y suministros

El costo estimado de 43,6 millones de dólares, actualizado según los índices para minerales industriales (100%), asciende a 44,8 millones de dólares.

3. Agua, electricidad, etc. y combustible

El costo estimado del carbón, energía y agua asciende a 118,6 millones de dólares. La cifra no ha sido actualizada debido a que esos productos básicos han sufrido cambios muy pequeños. La energía se compra a la red eléctrica local.

4. Gastos relacionados con el capital

El costo estimado de 10,2 millones de dólares se basa en el 6% de los gastos de capital, al igual que para otras plantas y equipos en tierra.

5. Administración general

El costo estimado es análogo al de las secciones anteriores, o sea el 5% del total de los gastos de funcionamiento para la compañía australiana y el 10% de los gastos totales de funcionamiento para la Empresa.

Costo total anual de funcionamiento de la
planta de ferromanganeso

Millones de dólares

1. Sueldos y beneficios	34,2
2. Materiales y suministros	44,8
3. Agua, electricidad, etc. y combustible	118,6
4. Gastos relacionados con el capital	<u>10,2</u>
Total parcial	207,8
5. Administración general (compañía australiana)	<u>10,4</u>
Total	218,2
5. Administración general (la Empresa)	<u>20,8</u>
Total general	<u>228,6</u>

Esto equivale a 72,7 dólares por tonelada de nódulos (secos) tratados para la compañía australiana y 76,2 dólares por tonelada de nódulos (secos) tratados para la Empresa.

/...

2.5 Investigación y desarrollo y gastos de capital relacionados con el medio ambiente

2.5.1 Costo de inversión por concepto de investigación y desarrollo

La investigación y desarrollo correspondientes a las operaciones de extracción y tratamiento deben preceder a las grandes inversiones en obras de construcción. Para las operaciones de extracción hay que desarrollar un sistema colector y de bombeo de bajo mantenimiento y altamente eficiente y para el tratamiento de los nódulos hay que proceder a la investigación y el desarrollo de un proceso que vaya de la etapa de prueba de banco a la de planta piloto. Esos gastos se capitalizarán y son distintos de la investigación y desarrollo ordinarios, que se imputan a los gastos de funcionamiento porque comienzan después del inicio de las operaciones.

1. Costo de inversión por concepto de investigación y desarrollo correspondientes a la extracción,

Hillman y Gosling (1985) han estimado que esos gastos ascienden a 75,3 millones de dólares (en dólares EE.UU. de 1983) en un programa de siete años. Para este estudio la cifra ha sido actualizada según los índices correspondientes a mano de obra no calificada (30%), mano de obra calificada (30%), equipo (20%) y acero (20%) en la suma de 80,2 millones de dólares.

2. Costo de inversión por concepto de investigación y desarrollo correspondientes al tratamiento

Se ha utilizado la estimación efectuada por Hillman y Gosling (1985) de 82,5 millones de dólares, actualizada según los índices correspondientes a mano de obra calificada (30%), acero (25%), mano de obra no calificada (20%), productos básicos industriales (15%) y materiales de construcción (10%), en la suma de 87,6 millones de dólares. El programa tiene siete años de duración.

En consecuencia, el costo total por concepto de investigación y desarrollo asciende a 167,8 millones de dólares a lo largo de siete años. Se parte de la base de que la mitad de esa suma se gastará en los primeros cinco años (16,78 millones de dólares por año) y la otra mitad en los dos últimos años (41,95 millones de dólares por año).

2.5.2 Costo de inversión relacionado con el medio ambiente

Flipse (1984) ha estimado que el costo del equipo necesario para observar y estudiar la zona minera asciende a 3 millones de dólares. Esa cifra, actualizada utilizando el índice de equipos y partes, da un costo de 3,2 millones de dólares (en dólares EE.UU. de marzo de 1985). Esos gastos de equipo se efectúan antes del primer año de producción y se imputan al capital. Los gastos de los estudios ambientales, que utilizan esos instrumentos, están incluidos en los gastos de explotación de la mina (sección 2.2.2).

/...

2.6 Capital de explotación

Se parte de la base de que el capital de explotación necesario para comenzar la producción ascenderá al 125% de los gastos anuales de explotación de la mina, al 125% de los gastos de transporte anuales y al 50% de los gastos de tratamiento anuales. Los porcentajes correspondientes a minería y transporte se basan en Hillman (1983) y la cifra correspondiente al tratamiento procede de Hillman y Gosling (1985). En consecuencia, el capital total de explotación necesario para la compañía australiana asciende a 320,5 millones de dólares y, para la Empresa, 334,6 millones de dólares. En el análisis de liquidez, el capital de explotación se recupera en el último año al ser menores los gastos de funcionamiento.

2.7 Costo del transporte al mercado

Para los efectos de estudio se parte de la hipótesis de que en la costa occidental de los Estados Unidos existirá un mercado suficiente para el cobre que absorberá la producción sin mayores gastos de transporte. Se supone que habrá que transportar los otros tres productos básicos a depósitos ubicados en la costa oriental de los Estados Unidos. El costo se calcula utilizando el Capital and Operating Cost Estimating System Handbook (Mathews, 1977). Los cálculos corresponden únicamente al transporte del mineral, pero se ha supuesto que el costo de transporte de los productos finales será de la misma magnitud. Se utilizó el costo medio de todos los minerales y los costos fueron actualizados según el índice de transporte.

$$\text{Costo/t/km} = 2,307 \times \text{factor}$$

$$\text{Factor} = 5,361 (\text{distancia en km})^{-0,3646}$$

Se supone una distancia de 3.000 km entre el sitio de la costa occidental y el depósito en el mercado.

$$\text{Factor} = 5,361 \times 3000^{-0,3646} = 0,289$$

$$\text{Costo/t} = 2,307 \times 0,289 \times 3000 = 20,01 \text{ dólares}$$

Esa suma está actualizada a dólares de marzo de 1985.

$$\text{Costo/t} = 20,01 \text{ dólares} \times 2,318 = 46,39 \text{ dólares} = 46 \text{ dólares}$$

Esta estimación abarca únicamente el costo del transporte del producto al mercado. Una compañía minera típica tiene otros gastos por concepto de comercialización y ventas que no se han incluido en este estudio.

/...

III. ESTIMACION DE INGRESOS

3.1 Ley del metal

La ley de los cuatro metales que se habrían de producir es la indicada en el estudio realizado en 1983 por Hillman (cuadro 3.1). La ley, que corresponde a la zona situada aproximadamente a los 126° de longitud oeste y 15° de latitud norte, se determina mediante un promedio de todas las muestras obtenidas. No está claro aún si las diferencias de ley de los metales contenidos en los nódulos no guardan relación con la concentración de los nódulos o tienen una relación inversa. Para los efectos del presente estudio, se supone que la ley varía sin tal relación.

3.2 Producto

Habida cuenta de las leyes y los factores en la producción de metales antes indicados (véase el cuadro 2.3), en el cuadro 3.2 figura el volumen extraído de los 3 millones de toneladas de nódulos (secos) al año.

3.3 Perspectivas para los metales

3.3.1 Cobalto

La producción de cobalto en el mundo en 1984 se calcula en 29.100 toneladas (cuadro 3.3). Por lo tanto, el producto de la extracción de 3 millones de toneladas métricas de nódulos secos, 5.070 toneladas, equivaldría al 17% de la producción mundial. El consumo de cobalto en 1984 en los Estados Unidos, donde está situada la instalación de tratamiento de nódulos, se calcula en 8.410 toneladas; así, la producción de cobalto derivado de los nódulos equivaldría al 50% de la demanda en ese país. El efecto de ese volumen sobre los mercados mundial y de los Estados Unidos debería ser considerable.

El pronóstico de la demanda mundial para el año 2000 (excluidos los Estados Unidos) indica un volumen de 22.700 a 32.700 toneladas, en comparación con 14.300 toneladas en 1983 (Kirk, 1985). El pronóstico de la demanda en los Estados Unidos es de 10.900 a 20.000 toneladas en el año 2000, en comparación con 7.100 toneladas en 1983. Estas tasas de aumento de la demanda equivalen a un promedio de 3,5% para todo el mundo y 3,9% para los Estados Unidos en los 15 próximos años.

Cuadro 3.1

Contenido de metal de los nódulos polimetálicos para los efectos del presente estudio

Metal	Ley (%)
Cobalto (Co)	0,26
Cobre (Cu)	1,03
Manganeso (Mn)	26,80
Níquel (Ni)	1,33

/...

Cuadro 3.2

Metal producido con 3 millones de toneladas métricas de
nódulos (secos)

Producto	Toneladas
Cobalto	5 070
Cobre	28 704
Ferromanganeso (78%Mn)	453 538
Níquel	36 720

No parece probable que el precio del cobalto haya de aumentar más en términos reales, en vista de que puede ser reemplazado por otros metales para la manufactura de aleaciones (si bien el rendimiento no es el mismo).

En el curso del último año el precio se ha mantenido estático y, según se prevé, se mantendrá estable a largo plazo. De haber un aumento de la demanda, éste podría absorberse con la capacidad actual sin mayor variación en el precio.

3.3.2 Cobre

La producción mundial de cobre en 1984 se calcula en 8.274.000 toneladas (cuadro 3.4). Una operación de un volumen de 3 millones de toneladas métricas de nódulos secos por año rendiría 28.700 toneladas de cobre, el 0,35% de la producción mundial, proporción insignificante si se compra con el volumen de los demás metales en relación con la producción mundial.

En promedio, el aumento de la demanda mundial de cobre (excluidos los Estados Unidos) sería de 2,7% al año, 13,6 millones de toneladas métricas en el año 2000, y, en los Estados Unidos, sería de 1,9% al año, 2,5 millones de toneladas métricas en el mismo año (Jolly, 1985). Según el Banco Mundial (1984), el aumento de la demanda en el mundo sería más bajo, un 1,4% para el período comprendido entre 1979/1981 y 1995. Es poco probable que el aumento afecte al precio.

En vista de los bajos precios imperantes en los últimos tiempos, muchas minas de propiedad privada han cerrado, particularmente en los Estados Unidos, o han reducido sus gastos de operación al tiempo de aumentar la producción de minerales de ley más alta de manera de reducir los costos para contrarrestar el precio más bajo.

Como señala McCutcheon (1985), como resultado del cierre de minas se ha detenido el aumento de la producción de cobre. Según el mismo autor, ello hará que el precio aumente hasta quedar entre 1.936 y 2.024 dólares por tonelada (88 a 92 centavos por libra) en dólares de los Estados Unidos de 1985 hasta 1990. En todo caso, no se prevé que ese precio haya de mantenerse habida cuenta de que, según se dice, se mantendrá la tendencia actual a la sustitución.

/...

Cuadro 3.3
Producción mundial de cobalto
(Toneladas métricas)

	1981	1982 <u>b/</u>	1983 <u>b/</u>	1984 <u>b/</u>
Australia	2 900	3 500	2 200	2 000
Botswana <u>b/</u>	250	250	270	n.d. <u>a/</u>
Canadá	2 280	1 500	1 450	2 000
Cuba <u>b/</u>	1 720	1 500	1 400	2 200
Filipinas <u>b/</u>	1 000	500	450	200
Finlandia <u>b/</u>	1 030	1 000	1 000	1 200
Marruecos	790	700	-	-
Nueva Caledonia <u>b/</u>	140	500	270	300
Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas <u>b/</u>	2 250	2 350	2 200	2 700
Zaire	15 500	11 300	9 100	14 000
Zambia	3 420	3 250	3 200	4 000
Zimbabwe	100	60	90	n.d. <u>a/</u>
Otros países con economía de mercado	-	-	-	500
Total	<u>31 380</u>	<u>26 460</u>	<u>21 630</u>	<u>29 100</u>

Fuente: Oficina de Minas de los Estados Unidos y otros.

a/ Incluidos en "Otros países con economía de mercado" (no hay datos separados).

b/ Estimación.

/...

Cuadro 3.4
Producción mundial de cobre
(Miles de toneladas métricas)

	1981	1982	1983	1984 <u>b/</u>
Australia	231	245	261	236
Canadá	691	613	653	707
Chile	1 081	1 242	1 257	1 250
Estados Unidos de América	1 538	1 140	1 038	1 050
Filipinas	302	293	271	250
Papua Nueva Guinea	165	170	183	164
Perú	328	356	322	370
Polonia	295	376	402	380
Sudáfrica y Namibia	255	256	264	262
Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas <u>b/</u>	1 140	1 150	1 180	1 000
Yugoslavia	111	119	130	138
Zaire	505	503	502	525
Zambia	587	530 <u>a/</u>	515 <u>a/</u>	540
Otros <u>b/</u>	<u>1 053</u>	<u>1 152</u>	<u>1 239</u>	<u>1 402</u>
Total	<u>8 306</u>	<u>8 187</u>	<u>8 189</u>	<u>8 274</u>

Fuente: World Metal Statistics, Oficina de Minas de los Estados Unidos y otros.

a/ Excluye la producción del proyecto de desechos de plomo de Nchanga.

b/ Estimación.

/...

3.3.3 Manganeso

La producción mundial de mineral de manganeso en 1984 se estima en 23 millones de toneladas métricas, que equivalen a unos 8 millones de toneladas métricas de manganeso (normalmente el mineral tiene entre un 35 y un 54% de manganeso). En 1984 los Estados Unidos importaron unas 373.000 toneladas de mineral de manganeso y 455.000 toneladas de ferromanganeso (el ferromanganeso tiene un contenido de 74 a 95% de manganeso). El producto de 3 millones de toneladas métricas en nódulos secos es de 454.000 toneladas al año de ferromanganeso (con un 78% de manganeso) (cuadro 3.2).

El 95% de la producción de mineral de manganeso se destina a la producción de acero. Se prevé que la demanda de manganeso aumentará, a la par de la producción de acero, a razón de un 1,4% anual, para llegar a 10 millones de toneladas métricas en el año 2000 (Jones, 1985). Se supone que el aumento de la producción de ferromanganeso provendrá de países con bajo costo de energía y con yacimientos de mineral de manganeso, como Sudáfrica y el Brasil.

Es poco probable que el precio del ferromanganeso aumente en términos reales en el futuro inmediato. Hace poco tiempo los productores de ferromanganeso trataron de aumentar sus precios pero tropezaron con gran resistencia de los compradores y el resultado fueron menores utilidades (Brown y Murphy, 1985).

El costo del transporte del mineral de manganeso desde el sitio minero hasta puerto equivale a un 50% del costo total de producción (costo f.o.b.). Al costo total hay que sumar el del transporte marítimo. En los últimos años, el flete marítimo ha constituido una tercera parte del costo del mineral importado en los puertos de la costa oriental de los Estados Unidos. Ello significa que el costo de producción de manganeso depende sobremanera del flete, cuyo costo ha sido bajo en los últimos años por las características del comercio mundial.

No se prevé que el precio del manganeso ni el ferromanganeso haya de aumentar en términos reales habida cuenta del escaso aumento del consumo y de que las reservas exceden en casi cinco veces a la demanda mundial prevista para el período 1980-2000, excluidos los nódulos del mar (Jones, 1985).

3.3.4 Níquel

La producción mundial de níquel en 1983 ascendió a 637.100 toneladas (cuadro 3.5). El producto de 3 millones de toneladas métricas de nódulos (secos) sería 36.700 toneladas, aproximadamente un 6% de la producción mundial en este momento. Según los pronósticos, la demanda mundial aumentará a razón de un 3,1% al año en el mundo, excluidos los Estados Unidos, para llegar a 910.000 toneladas en el año 2000 y a razón del 2,5% anual en los Estados Unidos, para llegar a 245.000 toneladas en el mismo año (Sibley, 1985). El Banco Mundial (1984) pronostica un aumento menor para la demanda mundial, que sería del 1,1% para el período comprendido entre 1979/1981 y 1995.

El consumo en los Estados Unidos en 1983 fue de 185.800 toneladas, de las cuales se importaron 138.500.

/...

Cuadro 3.5
Producción mundial de níquel
(Miles de toneladas métricas)

	1980	1981	1982	1983
Albania <u>b/</u>	8,5	8,8	8,5	9,0
Australia	74,3	74,4	88,6	76,6
Botswana	15,4	18,3	17,8	18,0
Brasil	2,5	2,5	5,3	10,7
Canadá	188,5	166,8	92,7	128,1
Colombia	-	-	5,0	15,8
Cuba	38,2	40,3	37,6	39,6
China, excluida la provincia de Taiwán <u>b/</u>	11,0	11,0	12,0	12,0
Estados Unidos de América	13,3	11,0	2,9	-
Filipinas	38,3	29,2	19,7	17,5
Finlandia	6,4	6,9	6,3	5,3
Grecia	14,6	11,8	5,5	8,4
Indonesia	40,6	49,4	48,5	33,3
Nueva Caledonia	86,6	78,2	60,1	42,3
República Dominicana	15,5	17,9	6,0	15,3
Sudáfrica	25,7	25,0	20,5	20,5
Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas <u>b/</u>	143,0	150,0	170,0	170,0
Zimbabwe	14,3	15,1	13,4	8,3
Yugoslavia	0,5	2,0	3,5	3,6
Otros <u>a/</u>	<u>12,1</u>	<u>5,0</u>	<u>5,3</u>	<u>2,8</u>
Total	<u>749,3</u>	<u>723,6</u>	<u>629,2</u>	<u>637,1</u>

Fuente: World Metal Statistics y otras.

a/ Inclusive Birmania, Guatemala, Marruecos, Noruega, Polonia y la República Democrática Alemana; no ha habido producción en Guatemala desde 1980.

b/ Estimación.

/...

El níquel puede ser utilizado en lugar de otros metales en ciertas aplicaciones. Actualmente así se hace en el caso de las aleaciones, debido al bajo precio vigente. Según Telewiak (1985) el precio del níquel aumentará en términos reales a largo plazo al reducirse la capacidad excesiva. En dólares EE.UU. constantes de 1984, el precio para el productor podría llegar a tres dólares la libra en 1990 y mantenerse en ese nivel durante todo el decenio.

3.4 Precio de los metales

Tal como están las cosas, es poco probable que se registre aumento alguno del precio real de los productos de metal como consecuencia de la extracción de nódulos de los fondos profundos, con la excepción del níquel que podría aumentar a largo plazo. En el cuadro 3.6, en que figuran los precios de los cuatro metales en los diez últimos años, se observa una clara tendencia a la baja al comparar los precios en el segundo semestre de 1984 sobre la base del valor en dólares. Si bien no se considera probable que se haya de mantener esta tendencia a la baja, tampoco lo es un aumento considerable de los precios en términos reales en los próximos 20 a 30 años ya que el progreso tecnológico en la exploración, la extracción y el tratamiento de metales en todo el mundo reduce los costos de producción.

Davies (1983) ha insistido en que el consumo de metales no se mantuvo a la par de la producción industrial en los siete años anteriores en 1981, como había ocurrido en los 24 años precedentes. Como resultado, la demanda aumentará con mucha más lentitud cuando las tasas de crecimiento sean elevadas.

Por más tiempo que se dedique a determinar cuál será el precio más probable en el futuro, el hecho concreto es que nadie lo sabe. Por lo tanto, se utilizó el precio medio para cada producto en marzo de 1985.

3.4.1 Cobalto

El producto final del cobalto obtenido sobre la base del proceso Cuprion puede tener mayor o menor complejidad según las necesidades del mercado (King y Pasho 1979). Se prevé que se producirá polvo de cobalto, si bien los cálculos del costo de producción no prevén específicamente la calidad de ese polvo. Para los efectos del presente estudio se supone que se trata de polvo grueso por lo que se utiliza el precio de granalla. Este precio es igual que el de los cátodos en lotes de 250 kilos. El precio cotizado en Metals Week es el precio f.o.b. en Chicago y Nueva York (se basa en los precios de Afrimet-Indussa). El precio medio en marzo de 1985 era de 11,70 dólares por libra, esto es, 25.740 dólares por tonelada.

3.4.2 Cobre

En el proceso Cuprion, el cobre se produce en la forma de cátodos. El precio utilizado a los efectos del presente estudio es el de productor de refinería en los Estados Unidos cotizado por Metals Week. Se trata de una cotización f.o.b. de ese precio menos 1,4 centavos por libra por concepto de costo de transporte. El precio de entrega/de productor en los Estados Unidos cotizado por Metals Week es un promedio ponderado que se basa en la producción estimada de cobre refinado en los Estados Unidos y en los precios de venta corrientes de cátodos de productores en los Estados Unidos. El precio medio de refinería de productor en los Estados Unidos en marzo de 1985 era de 64,047 centavos la libra, esto es, 1.410 dólares por tonelada.

/...

Cuadro 3.6

Promedios semestrales de los precios del cobalto, el cobre, el níquel y el ferromanganeso - corrientes y actualizados según el IPC de los Estados Unidos

Semestre	Año	Precios corrientes (promedios semestrales)				IPC	Precios actualizados (promedios semestrales)			
		Co	Cu	Ni	FeMn		Co	Cu	Ni	FeMn
1	1975	3,97	64,17	2,01	441,7	64,1	7,88	127,40	4,00	877,2
2	1975	4,00	62,97	2,14	413,9	66,6	7,65	120,40	4,09	791,1
1	1976	4,17	64,45	2,20	383,0	68,1	7,80	120,50	4,11	716,0
2	1976	4,67	71,20	2,27	371,7	70,0	8,49	129,50	4,13	676,0
1	1977	5,22	70,01	2,40	340,9	72,5	9,17	122,93	4,21	598,6
2	1977	6,00+	61,60	2,14	313,3	74,7	10,23	104,98	3,65	533,9
1	1978	7,09	63,27	2,11	310,7	77,4	11,66	104,06	3,46	511,0
2	1978	16,14	66,86	2,08	357,0	81,0	25,34	105,08	3,27	561,1
1	1979	24,17	89,13	2,41	421,8	85,3	36,07	133,02	3,59	629,5
2	1979	25,00	95,18	3,03	458,8	90,9	35,01	133,30	4,24	642,5
1	1980	25,00	106,71	3,21	405,0	97,6	32,61	139,18	4,19	528,2
2	1980	25,00	98,12	3,45	421,6	102,5	31,05	121,86	4,28	523,6
1	1981	21,67	85,50	3,45	407,5	107,8	25,59	100,97	4,07	481,2
2	1981	20,00*	81,99	3,41	414,4	112,9	22,55	92,45	3,84	489,4
1	1982	12,50*	75,10	3,20	405,6	115,5	13,78	82,77	3,53	447,0
2	1982	12,50	70,70	3,20	387,8	118,8	13,39	75,76	3,43	415,5
1	1983	12,50	81,48	3,20	328,9	119,6	13,30	86,73	3,41	350,1
2	1983	12,50	74,24	3,20	328,3	122,3	13,01	77,28	3,33	341,7
1	1984	12,50	73,84	3,20	330,9	124,8	12,75	75,32	3,26	337,5
2	1984	12,34	62,55	3,20	333,0	172,3	12,34	62,55	3,20	333,0

Cobalto: Precio de gravalla cátodo (f.o.b. Nueva York y Chicago) (dólares por libra).

Cobre: Metals Week, precio productor EE.UU./en refinería (cotización f.o.b. en Metals Week precio productor EE.UU./en lugar de entrega menos 1,4 centavos, costo de transporte) (centavos por libra).

Níquel: Precio de cátodo al gran productor (f.o.b. punto de embarque, EE.UU.) (dólares por libra).

Ferromanganeso: 78% Mn, precio importado (f.o.b. depósito en Pittsburgh o Chicago) (dólares por tonelada larga).

+ Precio de lista suspendido entre el 28 de julio y el 29 de noviembre de 1977, se utilizó para ese período el precio al productor cotizado en Metals Week.

* Precio de lista suspendido entre el 3 de agosto de 1981 y el 1° de febrero de 1982.

3.4.3 Ferromanganeso

La planta de ferromanganeso produce metal con un contenido de manganeso del 78%. El precio empleado a los efectos del presente estudio es el del ferromanganeso "importado" con un contenido del 78% de manganeso. Está cotizado para una transacción en los Estados Unidos f.o.b. en depósito en Pittsburgh o Chicago (Metals Week). El precio "importado" corresponde a una aleación de 78% de manganeso y 7% de carbono. La cotización corresponde a una banda de precios y se utiliza el promedio. El precio medio en marzo de 1985 era de 330 dólares por tonelada larga, equivalente a unos 325 dólares por tonelada.

3.4.4 Níquel

En el proceso Cuprión el níquel se produce en la forma de cátodos, salvo una pequeña cantidad de polvo que es lavado, secado y aglomerado. En el presente estudio se utiliza el precio de cátodo/gran productor. Se trata de una cotización f.o.b. desde el punto de embarque en los Estados Unidos, esto es, en el lugar de producción. El precio del níquel corresponde a cátodos con un 99,97% de Ni. El precio medio en marzo de 1985 era de 3,245 dólares la libra, equivalente a 7.155 dólares por tonelada.

IV. ANALISIS DE LOS INGRESOS DE EXPLOTACION

Para evaluar la rentabilidad se calculó la tasa de rendimiento de la corriente actualizada de los ingresos de explotación. Para computar los resultados se utilizó el programa MINSIM de la Oficina de Minas de los Estados Unidos de América. El programa sirve para registrar como insumo estimaciones correspondientes a cada una de las variables a partir de las cuales se calcula la tasa de rendimiento o, de haber una tasa de rendimiento dada, se determina el precio necesario para el metal. El programa cobra particular utilidad en el modo de simulación. Es posible registrar todos los precios, costos, etc., con límites máximos y mínimos, lo que permite proceder a una estimación más realista de cada variable. El producto de la simulación reviste la forma de una distribución de las probables tasas de rendimiento de la corriente actualizada de ingresos de explotación con un cálculo del valor medio. La simulación emplea la técnica de Monte Carlo para seleccionar valores correspondientes a cada año sobre la base de la distribución por insumo del costo o la variable de precio. La distribución no se limita a una normal sino que es posible también calcular distribuciones sesgadas mediante una curva especializada de regresión del cuadrado mínimo (véase el anexo II; véase también Thompson, 1983 y Masson, 1983). Esta técnica de simulación presenta la desventaja de que parte del supuesto de que todas las variables son independientes, lo que no ocurre en todos los casos; así, por ejemplo, en realidad suele haber una relación entre la ley del cobre y la del níquel. En todo caso, por lo general la simulación es fidedigna y los resultados son más realistas que el cálculo de puntos.

El programa permite calcular una tasa de rendimiento discreta o una continua. La discreta parte del supuesto de que todas las transacciones de gastos e ingresos correspondientes a un año determinado tienen lugar al mismo tiempo mientras que la continua hace posible distribuir esos costos en el curso de cada año utilizando la siguiente fórmula (Thompson, 1983):

$$\text{Valor neto actualizado} = \sum_{n=1}^L c_n \cdot \frac{e^r - 1}{re^{rn}} = 0$$

En que C = corriente neta de los ingresos de explotación en cada año, una vez deducidos los impuestos;

L = años de duración de la operación;

n = número consecutivo del año objeto de actualización;

r = tipo compuesto de interés anual (expresado en decimales);

e = una constante (2,71828 ...).

Los resultados indican que la tasa de rendimiento era en todos los casos de cero o inferior. A fin de que la simulación pudiera indicar toda la gama de resultados por encima y por debajo de cero, se modificó el programa a fin de calcular tasas negativas de rendimiento. Una tasa de cero significa que los

/...

Cuadro 4.2

Distribución de las variables de insumos

		Tasa		Distribución
		Límite inferior (-%)	Límite superior (+%)	
1. <u>Capital</u>				
a)	Exploración	-10	+50	Sesgada (positiva)
b)	Investigación y desarrollo	-10	+60	Sesgada (positiva)
c)	Capital de explotación	-10	+100	Sesgada (positiva)
d)	Capital de transporte	-15	+15	Normal
e)	Terminal para la solución acuosa	-30	+50	Sesgada (positiva)
f)	Tubería para la solución acuosa	-40	+60	Sesgada (positiva)
g)	Instalación de tratamiento	-10	+60	Sesgada (positiva)
2. <u>Funcionamiento</u>				
a)	Buques mineros	-20	+60	Sesgada (positiva)
b)	Buques de transporte	-20	+30	Sesgada (positiva)
c)	Tratamiento	-10	+30	Sesgada (positiva)
d)	Transporte al mercado	-50	+50	Normal
3. <u>Ley</u>				
a)	Cobalto	-10	+10	Normal
b)	Cobre	-10	+10	Normal
c)	Manganeso	-10	+10	Normal
d)	Níquel	-10	+10	Normal
4. <u>Obtención de metal</u>				
a)	Cobalto	-8	+8	Normal
b)	Cobre	-2	+2	Normal
c)	Manganeso	-9	+9	Normal
d)	Níquel	-2	+2	Normal

Nota: La determinación de estas variables figura en el anexo III.

/...

4.3.1 <u>Cobalto</u>	<u>Probabilidad</u>	<u>Precio</u>	
		dólares por tonelada	(dólares por libra)
	0,05	14 200	(6,45)
	0,20	20 000	(9,08)
	0,40	25 740	(11,70)
	0,30	31 500	(14,33)
	0,05	37 300	(16,95)

Se prevé que el precio del cobalto se mantendrá estable en su nivel actual o con fluctuaciones de hasta un 25%. Hay pocas probabilidades de que fluctúe en un 50%. De haber alguna variación, se considera más probable el alza que la baja.

4.3.2 <u>Cobre</u>	<u>Probabilidad</u>	<u>Precio</u>	
		dólares por tonelada	(centavos por libra)
	0,10	1 270	(58)
	0,20	1 410	(64)
	0,16	1 550	(70)
	0,14	1 690	(77)
	0,12	1 830	(83)
	0,10	1 970	(90)
	0,08	2 110	(96)
	0,06	2 250	(102)
	0,04	2 390	(109)
	0,02	2 530	(115)

Se prevé que el precio del cobre ha de fluctuar entre 1.267 y 2.534 dólares por tonelada, con una clara tendencia al alza en comparación con el precio actual de 1.410 dólares por tonelada. En los cinco últimos años el precio ha aumentado hasta este nivel. Sin embargo, es posible que en la actualidad se estén formando nuevas tendencias en el precio del cobre. Dado que el precio actual es sumamente bajo, la banda de precios va de -14% a +90%.

4.3.3 <u>Ferroganganeso</u>	<u>Probabilidad</u>	<u>Precio</u>
		dólares por tonelada
	0,05	250
	0,30	320
	0,30	380
	0,20	450
	0,10	510
	0,05	570

El precio actual del ferromanganeso (78% de Mn) también es particularmente bajo. Por ello, se prevé que el precio más probable se encuentre entre el actual y el actual más un 20%. Se considera una gama que va de -20% a +80%.

/...

4.3.4 NíquelProbabilidadPrecio
dólares por
tonelada

0,10	5 710	(2,60)
0,15	6 425	(2,90)
0,20	7 140	(3,25)
0,25	7 850	(3,60)
0,20	8 570	(3,90)
0,10	9 280	(4,20)

Se prevé que la banda de precios para el níquel vaya de -20% a +30%. Hay muchas probabilidades de que el precio aumente habida cuenta de las perspectivas bastante positivas que se indican en la sección 3.3.4.

4.4 Simulación de la situación de base

Como se indica en el cuadro 4.3, a medida que los precios de los metales se ponderan hacia arriba, pasan a ser superiores a los costos, que están también ponderados de manera de dar una tasa de rendimiento media de 1,88%, esto es, 1,81% más que el cálculo de puntos de la situación de base. La gama de la tasa de rendimiento es de sólo un 6% y la tasa máxima está muy por debajo del límite del 18% necesario para que la operación sea viable.

Cuadro 4.3

Resultados de la simulación en el caso de la Empresa
(con todo el capital) (situación de base)

<u>Tasa de rendimiento (%)</u>	<u>Distribución de frecuencia (%)</u>
-1	2,7 ***
0	5,3 *****
1	26,0 *****
2	38,7 *****
3	25,3 *****
4	2,0 **

Tasa media de rendimiento: 1,88%.

/...

4.5 Finanzas de la Empresa

Con arreglo a las disposiciones financieras relativas a la Empresa que figuran en el artículo 11 del anexo IV de la Convención sobre el Derecho del Mar, los Estados Partes aportarán la mitad del capital en la forma de préstamos sin interés. La otra mitad se recaudará mediante préstamos comerciales garantizados por los Estados Partes. Se supone a los efectos del presente estudio que el préstamo comercial devengará un 10% de interés y será amortizado en el período de 20 años de plena producción.

Como se supone que el préstamo bancario será amortizado en cuotas iguales en el curso de los 20 años, el valor real de las amortizaciones será cada vez más bajo. La tasa de reajuste sería del 7,3%. Véanse en el anexo IV los detalles de la amortización del préstamo bancario.

Según la Convención sobre el Derecho del Mar, tras la primera operación minera la Empresa ha de autofinanciarse y no recibirá más capitales de Estados Miembros ni será beneficiaria de garantías de préstamos bancarios. Para que la Empresa tenga suficiente capital de reserva a fin de comenzar una segunda operación minera tendrá que lograr una tasa de rendimiento en la primera operación que le permita contar con todo el capital más los fondos necesarios para amortizar el préstamo.

En el cuadro 4.4 figura el resultado de la simulación de la tasa para esta situación, una tasa de rendimiento media de -2,56%, más de un 4% más baja que en situación de base. En ninguno de los resultados se lograron tasas positivas, lo que indica que en todos ellos los gastos eran superiores a los ingresos.

Si la Empresa ha de comenzar la segunda operación con la mitad del capital, la tasa de rendimiento se calcula sobre la base de la mitad del capital para la primera operación y la mitad de la amortización del préstamo. Como se indica en el cuadro 4.5, en este caso la tasa media de rendimiento es del 1% y la gama va del -3% al +4%.

Cuadro 4.4

Resultados de la simulación en el caso de la Empresa con todo el capital y la amortización del préstamo (esto es, teniendo en cuenta la necesidad de comenzar la segunda operación con todo el capital)

Tasa de rendimiento (%)	Distribución de frecuencia (%)
-7	0,7 *
-6	1,3 *
-5	6,0 *****
-4	14,0 *****
-3	26,0 *****
-2	29,3 *****
-1	20,0 *****
0	2,7 ***
Tasa media de rendimiento: -2,56%.	

/...

Cuadro 4.5

Resultados de la simulación para el caso de la Empresa con la mitad del capital y la amortización de la mitad del préstamo

Tasa de rendimiento (%)	Distribución de frecuencia (%)
-3	0,7 *
-2	1,3 *
-1	12,0 *****
0	23,3 *****
1	25,3 *****
2	23,3 *****
3	10,7 *****
4	3,3 ***
Tasa media de rendimiento: 1%.	

4.6 La compañía australiana

El cálculo de la tasa de rendimiento en el caso de la compañía australiana se basa en la financiación de todo el capital.

Con arreglo al artículo 13 del anexo III de la Convención sobre el Derecho del Mar, el contratista que extraiga minerales de los fondos oceánicos debe hacer ciertos pagos a la Autoridad Internacional de los Fondos Marinos. Los pagos pueden dividirse en tres categorías:

- a) Al solicitar la aprobación de un plan de trabajo en un área no reservada hay que pagar un derecho de 500.000 dólares EE.UU. por concepto de gastos de tramitación de la solicitud.
- b) Una vez aprobado en plan de trabajo, hay que pagar un canon anual fijo de 1 millón de dólares EE.UU. hasta que comience la producción.
- c) Gravamen por concepto de producción. Cuando comienza la producción, el contratista tiene que pagar uno de dos gravámenes; el primero se basa exclusivamente en un porcentaje del valor del metal tratado que se haya obtenido. El otro se basa, por una parte, en un porcentaje del valor del metal tratado obtenido y por la otra, en un porcentaje de los ingresos netos imputables del contratista; el porcentaje dependerá de la tasa de rendimiento de la inversión.

/...

A los efectos del cálculo de los pagos exigibles en el caso de la compañía australiana, se optó por el porcentaje del valor del metal tratado obtenido. La tasa anual para los 10 primeros años de producción es del 5% y, a partir del undécimo año, es el 12%. El gravamen de 1 millón de dólares por año, previo al comienzo de la producción, es pagadero cada año en dólares corrientes y fue deflactado en cada año hasta el primer año de producción a una tasa del 7,3% (tasa media anual del IPC de los Estados Unidos en los diez últimos años). Figura a continuación un resumen de los pagos basado en un período anterior a la producción de 11 años.

<u>Año</u>	<u>Pago</u>
	<u>Dólares</u>
1	500 000
2	1 000 000
3	932 000
4	868 600
5	809 500
6	754 400
7	703 100
8	655 200
9	611 000
10	569 000
11	530 000
12-21	5% del valor del metal
22-34	12% del valor del metal

El gravamen de producción, 5% y 12% del valor del metal, asciende a 29 millones y 69,7 millones de dólares al año, respectivamente, al precio vigente en marzo de 1985. Si el precio del metal subiera al nivel mencionado en la sección precedente, para lograr una tasa de rendimiento anual del 18% (cuadro 4.1), el gravamen de producción sería de 54,9 (5%) y 131,8 millones de dólares al año (12%).

/...

Se calcula que la compañía australiana, que tendría que hacer pagos a la Autoridad Internacional, obtendría una tasa media de rendimiento, sin deducir impuestos, del 0,02%. Esto es un 1,86% menos que la Empresa (situación de base). La tasa de rendimiento fluctúa entre el +2% y el -4%. La distribución figura en el cuadro 4.6.

Cuadro 4.6

Resultados de la simulación en el caso de una compañía australiana que utilice el proceso Cuprion (sin deducir impuestos)

Tasa de rendimiento (%)	Distribución de frecuencia (%)
-4	0,7 *
-3	2,0 **
-2	6,0 *****
-1	21,3 *****
0	34,7 *****
1	26,7 *****
2	8,7 *****
Tasa media de rendimiento: 0,02%.	

4.7 Tributación

Una compañía australiana tendría que pagar el impuesto sobre la renta exigible en Australia. La tasa del impuesto vigente en Australia sobre la renta de las sociedades es del 46% de los ingresos brutos menos los gastos de funcionamiento y la depreciación. De esa manera, la tasa de rendimiento bajaría del 0,02% al -1,19% y el límite máximo de la tasa bajaría del +2% a un 1%. Dado que la compañía no tendría utilidades, la diferencia con o sin impuestos es muy leve y sólo cobraría importancia si la operación arrojara utilidades.

Una empresa ya establecida en Australia podría aprovechar las pérdidas de esta operación para reducir sus obligaciones tributarias en general. Sin embargo, a los efectos del presente estudio, la viabilidad de esta operación para la compañía australiana se consideró en forma aislada de sus actividades ordinarias.

/...

Cuadro 4.7

Resultados de la simulación en el caso de una compañía australiana
que utilice el proceso Cuprion (una vez deducidos los impuestos)

Tasa de rendimiento (%)	Distribución de frecuencia (%)
-5	2,7 ***
-3	10,7 *****
-2	23,3 *****
-1	31,3 *****
0	29,3 *****
1	2,7 ***

Tasa media de rendimiento: -1,19%.

4.8 Otros procesos

Existen varios métodos para el tratamiento de nódulos (cuadro 2.1). La situación a que se refiere el presente estudio se basa en el proceso Cuprion descrito por Hillman (1983), si bien se consideraron también con fines de comparación el proceso de lixiviación por soluciones amoniacales y el proceso pirometalúrgico; el primero de ellos es similar al Cuprion pero hay grandes diferencias en cuanto al costo y a la cantidad de metal obtenido. El costo de estos dos procesos, indicado en Little (1984), fue actualizado a dólares de marzo de 1985. En Little (1984) no se desglosan el costo total de inversión ni los gastos totales de explotación, lo que puede hacer que los cálculos sean excesivos o insuficientes respecto de los distintos componentes.

/...

4.8.1 El proceso pirometalúrgico

Little (1984) calcula el costo de inversión en 1.112 millones de dólares (dólares EE.UU. del primer trimestre de 1984). Esta suma fue actualizada según los índices de mano de obra calificada (30%), acero (25%), materiales de construcción (25%) y equipo (20%), con lo que se llegó a un costo total de 1.134 millones de dólares. Se partió del supuesto de que el período de construcción de una instalación para el proceso Cuprion, seis años, sería aplicable también a una instalación para el proceso pirometalúrgico.

Little (1984) calcula el costo de explotación del proceso pirometalúrgico en 541 millones de dólares al año (dólares EE.UU. del primer trimestre de 1984). Esa cifra fue actualizada según los índices de combustible y energía (60%) material industrial (20%), y mano de obra no calificada (30%), con lo que se llegó a un costo anual de 548 millones de dólares. El costo de funcionamiento del puerto es de 10,2 millones de dólares, lo que da un total de 558,2 millones de dólares, lo que arroja a su vez un resultado de 186,1 dólares por tonelada de nódulos (secos) tratados por año. Las instalaciones de manipulación de los nódulos para el proceso Cuprion tal vez no sirvan para el proceso pirometalúrgico, por lo que el costo por este concepto puede ser más alto. En todo caso, para los efectos del presente estudio se parte del supuesto de que son iguales.

En el cuadro 4.8 figuran los factores relacionados con la obtención con el proceso pirometalúrgico de los cuatro productos de metal.

Como se indica en los cuadros 4.9 y 4.10, los efectos de la utilización de este proceso en cuanto a la rentabilidad tanto para la Empresa como para la compañía australiana son negativos; sin embargo, el proceso está ya probado y puede resultar más atractivo al operador que el Cuprion. En el caso de la Empresa, la tasa media de rendimiento baja del 1,88% en el proceso Cuprion al -2,90% en éste y, en el de la compañía australiana, de 0,02% a -13,67%. Ambas tasas están sesgadas en sentido negativo con mínimos muy bajos.

Cuadro 4.8

Factores de obtención del producto en el proceso pirometalúrgico

Metal	Factor de obtención (%)
Cobalto	70
Cobre	90
Manganeso (ferromanganeso)	85
Níquel	90

/...

Cuadro 4.9

Resultados de la simulación en el caso de la Empresa (capital completo)
utilizando el proceso pirometalúrgico

Tasa de rendimiento (%)	Distribución de frecuencia (%)
-9	0,7 *
-8	0,7 *
-7	3,3 ***
-6	4,0 ****
-5	8,7 *****
-4	10,7 *****
-3	24,7 *****
-2	26,7 *****
-1	16,7 *****
0	4,0 ****

Tasa media de rendimiento: -2,90%.

/...

Cuadro 4.10

Resultados de la simulación en el caso de una compañía australiana
(sin deducir impuestos) utilizando el proceso pirometalúrgico

Tasa de rendimiento (%)	Distribución de frecuencia (%)
-40	0,4
-34	0,4
-33	0,8 *
-32	0,8 *
-31	0,4
-30	0,4
-29	0,4
-28	0,4
-27	0,8 *
-26	2,0 **
-25	0,8 *
-24	0,8 *
-23	1,2 *
-22	1,6 **
-21	0,8 *
-20	2,0 **
-19	2,0 **
-18	3,2 ***
-17	3,6 ****
-16	3,2 ***
-15	5,6 *****
-14	6,0 *****
-13	10,0 *****
-12	8,8 *****
-11	9,6 *****
-10	9,2 *****
-9	9,6 *****
-8	8,0 *****
-7	4,0 ****
-6	2,8 ***
-4	0,4

Tasa media de rendimiento: -13,67%.

/...

4.8.2 Proceso de lixiviación por soluciones amoniacaes

Little (1984) calcula el costo de inversión de este proceso en 1.112 millones de dólares (dólares EE.UU. del primer trimestre de 1984). Se procedió a actualizar el costo según los mismos índices utilizados para el proceso pirometalúrgico, lo que arrojó un costo de capital de 1.134 millones de dólares EE.UU. de marzo de 1985. Se partió también del supuesto de un período de construcción de seis años.

Little (1984) calcula el costo anual de explotación en 483 millones de dólares por 3 millones de toneladas de nódulos secos. Esa cifra fue actualizada según los índices de mano de obra no calificada (30%), material industrial (30%), combustible (25%) y mano de obra calificada (15%), con lo que llegó a 491,7 millones de dólares. A esa cifra hay que sumar los gastos de funcionamiento del puerto, lo que da un costo total de 501,9 millones de dólares, 167,3 dólares por tonelada.

En el cuadro 4.11 figuran los factores de obtención de los cuatro metales con este proceso.

Al igual que en el caso del proceso pirometalúrgico, se observa en los cuadros 4.12 y 4.13 que la rentabilidad no mejoró. La tasa de rendimiento media en el caso de la Empresa baja de 1,88% a 0,43% y, en el de la compañía australiana, de 0,02% a 4,71%.

El proceso Cuprion no es muy distinto del de lixiviación y la rentabilidad es similar en el caso de la Empresa. Habida cuenta de la incertidumbre que existe en la actualidad en cuanto a los costos, la diferencia entre los dos puede ser calificada de insignificante. El más alto índice de obtención de manganeso con el proceso pirometalúrgico daría a éste cierta ventaja respecto de los demás procesos si el precio del ferromanganeso es favorable.

Cuadro 4.11

Factores de obtención del producto con el proceso de lixiviación
por soluciones amoniacaes

Metal	Factor de obtención (%)
Cobalto	65
Cobre	90
Manganeso (ferromanganeso)	85
Níquel	90

Cuadro 4.12

Resultados de la simulación en el caso de la Empresa (con todo el capital) utilizando el proceso de lixiviación por soluciones amoniacales

Tasa de rendimiento (%)	Distribución de frecuencia (%)
-3	0,7 *
-2	6,0 *****
-1	12,0 *****
0	26,0 *****
1	38,7 *****
2	16,2 *****
3	0,7 *
Tasa media de rendimiento: 0,43%.	

/...

Cuadro 4.13

Resultados de la simulación en el caso de una compañía australiana
(sin deducir impuestos) utilizando el proceso de lixiviación por
soluciones amoniacales

Tasa de rendimiento (%)	Distribución de frecuencia (%)
-13	0,7 *
-11	2,0 **
-10	2,0 **
-9	3,3 ***
-8	3,3 ***
-7	6,7 *****
-6	7,3 *****
-5	18,0 *****
-4	28,0 *****
-3	14,0 *****
-2	12,7 *****
-1	2,0 **
Tasa media de rendimiento: -4,71%.	

/...

V. CONCLUSIONES

1. Habida cuenta del nivel actual del precio de los metales, la extracción de nódulos polimetálicos de los fondos oceánicos profundos para obtener cobalto, cobre, níquel y manganeso no es una operación viable ni para una compañía australiana ni para la Empresa; para que lo fuera tendría que aumentar el precio de todos los metales al doble por lo menos del actual.
2. Incluso si el precio de los metales aumentara considerablemente para una operación de 3 millones de toneladas métricas al año, el volumen de producción de cobalto en particular, y también de ferromanganeso y níquel, surtiría un importante efecto sobre el mercado. Probablemente bajarían los precios de los metales y no resulta claro si sería posible vender toda la producción al precio de mercado.
3. La tecnología de la extracción de nódulos de los fondos oceánicos profundos no está aún demostrada. Por ello, cabe considerarla una empresa de alto riesgo y, por lo tanto, para atraer capital se necesitaría una elevada tasa de rendimiento de la corriente actualizada de los ingresos de explotación.
4. En el contexto del precio actual de los metales y de la relación entre los precios, el proceso Cuprion es más atractivo que el pirometalúrgico y el de lixiviación por soluciones amoniacales.

/...

REFERENCIAS

- ANDREWS, B.V., 1978 - Relative Costs of US and Foreign Nodule Transport Ships. National Oceanic and Atmospheric Administrative, US Department of Commerce. Contract No. 7-13775, abril de 1978.
- ANDREWS, B.V., FLIPSE, J.E y BROWN, F.C., 1983 - The Economic Viability of a Four-Metal Pioneer Deep Ocean Mining Venture. Texas A and M University. Sea Grant TAMU-SG-84-201, octubre de 1983.
- BANCO MUNDIAL, 1984 - The Outlook for Primary Commodities 1984 to 1995. World Bank staff commodity working paper, No. 11, preparado por Ronald C. Duncan.
- BROWN, R.E. y MURPHY, G.F., 1985 - Ferroalloys. En Mineral Facts and Problems, 1985 Edition. United States Bureau of Mines, 1985.
- DAVIES, W., 1983 - Problems of Forecasting Metal Prices. En Project Development Symposium, noviembre 1983. Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Sydney Branch.
- DEPARTMENT OF TRANSPORT, 1985 - Comunicación no oficial a la Sea Transport Policy Division, mayo de 1985.
- FLIPSE, J.E., 1982 - An Economic Analysis of a Pioneer Deep Ocean Mining Venture, Texas A and M University. Sea Grant TAMU-SG-82-201, agosto de 1982.
- HAYNES, B.W., LAW, S.L. y MAEDA, R., 1983 - Updated Process Flowsheets for Manganese Nodule Processing. Bureau of Mines Information Circular No. 8924.
- HILLMAN, C.T. 1983 - Manganese Nodule Resources of Three Areas in the North East Pacific Ocean: with proposed mining-beneficiation systems and costs. Bureau of Mines Information Circular No. 8933.
- HILLMANN, C.T. y GOSLING, B.B. 1985 - Mining Deep Ocean Manganese Nodules: Description and Economic Analysis of a Potential Venture. Bureau of Mines Information Circular No. 9015.
- JOLLY, J.L.W., 1985 - Copper. En Mineral Facts and Problems, 1985 Edition. United States Bureau of Mines.
- JONES, T.S., 1985 - Manganese. En Mineral Facts and Problems, 1985 Edition. United States Bureau of Mines.
- KING, D.E.C. y PASHO, D.W., 1979 - A Generalised Estimating Model for Kennecott Joint Venture, Manganese Nodule Processing Facility. Mineral Policy Sector, Internal Report, MR1 82/4. Department of Energy, Mines and Resources, Canadá.
- KIRK, W.S., 1985 - Cobalt. En Mineral Facts and Problems, 1985 Edition. United States Bureau of Mines.

/...

- LITTLE, Arthur D., Inc., 1984 - Technical and Cost Analyses of Manganese Nodule Processing Techniques and Their Significant Variations. National Oceanic and Atmospheric Administrative, US Department of Commerce. Contract No. NA83-SAC-00637, septiembre de 1984.
- McCUTCHEON, W.J., 1985 - Copper. En Canadian Minerals Yearbook, 1983-84, Review and Outlook. Energy, Mines and Resources, Canada.
- MASSON, K.M., 1983 - US Bureau of Mines Computer Program Helps Analyze Tax Law Effects on Mineral Projects. Mining Engineering, N.Y., marzo de 1983, 219-224.
- MATHEWS, A.A. INC., 1977 - Capital and Operating Cost Estimating System Handbook. Mining and Beneficiation of Metallic and Non-metallic Minerals Except Fossil Fuels in the United States and Canada. Prepared for US Bureau of Mines, Contract No. JOZ55026, diciembre de 1977.
- NYHART, J.D. y otros, 1983 - A pioneer Deep Ocean Mining Venture. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, Sea Grant Program, junio de 1983.
- PASHO, D., 1979 - Determining Deep Sea-Bed Mine-Site Area Requirements - A Discussion. En Manganese Nodules: Dimensions and Perspectives, D. Reidel Publishing Company
- SHAW, J.L., 1976 - The Economics of an Ocean Mining Project. Presentado a la Cuarta Conferencia Internacional sobre aprovechamiento de los océanos, Tokio, Japón, 1976, 14 págs.
- SIBLEY, S.F., 1985 - Nickel. En Mineral Facts and Problems, 1985 Edition. United States Bureau of Mines.
- TELEWIAK, R.G., 1985 - Nickel. En Canadian Minerals Yearbook, 1983-84, Review and Outlook. Energy Mines and Resources, Canadá.
- THOMPSON, J.G., 1983 - The MINSIM Economic Evaluation Concept, A Minerals Availability System Methodology. US Bureau of Mines, Minerals Availability System Report (inédito).

Anexo I

INDICES DE COSTO (Estados Unidos)

En el cuadro siguiente se detallan los índices empleados para actualizar los cálculos de costo. Los índices proceden de la Bureau of Mines de los Estados Unidos, salvo el IPC de los Estados Unidos, tomado del International Financial Statistics, publicación del Fondo Monetario Internacional. Los índices de la Oficina de Minas se basan a su vez en Employment and Earnings y Wholesale Prices and Prices Indexes, publicados por la Oficina de Estadísticas Laborales del Departamento del Trabajo de los Estados Unidos, y en Engineering News Record. La fuente de cada índice figura al final de cada columna.

/...

Cuadro (anexo I)

Indices de costos de los Estados Unidos (véase en el texto una explicación de las fuentes)

Año		Mano de obra para la extrac- ción	Mano de obra de construc- ción	Equipo y piezas	Acero	Madera	Combus- tible	Neumá- ticos	Material de cons- trucción	Material indus- trial	Trans- porte	IPC
Base		5,89	1 996,70	184,90	197,30	196,80	258,80	158,80	185,00	171,20	185,70	100,00
1970	(Promedio)	3,85	1 318,00	115,90	115,10	113,70	101,00	105,40	124,40	110,00	108,90	-
1971	(Promedio)	4,06	1 487,00	121,40	121,80	135,50	106,80	110,30	141,07	114,00	123,50	-
1972	(Promedio)	4,41	1 621,00	125,70	128,40	159,40	108,90	111,30	154,63	117,90	128,10	-
1973	(Promedio)	4,73	1 725,00	130,70	136,20	205,20	128 70	115,70	168,42	125,90	133,00	-
1974	(Promedio)	4,73	1 836,00	152,30	178,60	207,10	223,40	141,60	178,30	153,80	155,00	-
1975	(Promedio)	5,90	1 983,00	185,20	200,90	192,50	257,50	155,40	193,27	171,50	178,40	65,30
1976	(Promedio)	6,46	2 133,00	198,60	215,80	233,00	276,40	172,80	201,94	182,30	197,80	69,10
1977	(Promedio)	6,94	2 264,00	213,70	230,30	276,50	308,10	181,50	228,61	195,10	211,10	73,60
1978	(Promedio)	7,67	2 405,00	232,80	253,50	322,10	321,00	192,00	247,70	209,40	227,30	79,20
1979	(Promedio)	8,48	2 564,00	255,60	283,40	354,20	444,50	219,40	266,10	236,20	264,40	88,10
1980	(Promedio)	9,19	2 767,00	288,90	305,00	325,60	674,30	249,70	287,70	274,20	311,30	100,00
1981	(Promedio)	10,06	3 025,00	320,80	333,80	325,10	805,90	270,20	310,33	304,10	355,30	110,40
1982	(Promedio)	10,82	3 345,00	343,90	339,00	310,90	761,20	271,60	330,10	312,30	387,30	117,10
1983	(Promedio)	11,27	3 587,00	351,90	343,30	352,60	684,30	260,00	352,89	315,70	395,40	120,90
1984	(Promedio)	11,57	3 734,00	357,90	358,40	100,00	662,90	258,30	358,76	322,10	411,00	126,10
1985	enero	11,77	3 759,00	360,40	357,40	343,20	636,20	262,00	358,32	323,20	413,60	128,10
1985	febrero	11,85	3 763,00	361,70	357,70	342,90	615,90	247,70	359,04	322,50	413,60	128,60
1985	marzo	11,82	3 765,00	361,80	358,20	345,00	620,70	247,00	359,38	322,60	413,60	129,20

Fuente:

BLS

ENR

BLS

BLS

BLS

BLS

BLS

ENR

BLS

BLS

IFS

Anexo II

METODOLOGIA PROBABILISTICA (PARA EL ANALISIS DE
LOS INGRESOS DE EXPLOTACION)

Para dar carácter aleatorio a la evaluación se procede a lo siguiente:

a) Se obtiene cada uno de los valores aleatorios con distribución normal restando seis de los 12 números aleatorios distribuidos uniformemente cuya gama es el intervalo abierto (0,1); luego se multiplica ese valor por la variación estándar, en la hipótesis una sexta parte del valor alto y del valor bajo, y el resultado se suma a la media.

b) Para las distribuciones no normales, se emplea una subrutina especializada de regresión del cuadrado mínimo para trazar una curva, en la forma $y = F(x)$, a la probabilidad acumulativa definida por los cuatro o más puntos. Los valores aleatorios (y) del intervalo abierto (0,1) se distribuyen resolviendo la ecuación resultante [esto es, $y = F(x)$].

/...

Anexo III

DETERMINACION DE LA DISTRIBUCION DE LAS VARIABLES
DE INSUMOS (cuadro 4.2)

1. Capital

Partidas a), b) y g) (exploración, investigación y desarrollo,
instalación de tratamiento)

La distribución del costo de estas partidas pone de relieve el bajo nivel de incertidumbre pues ya se han realizado muchas actividades en la materia. El sesgo positivo de la distribución obedece a la previsión de que habrá gastos excesivos en razón de factores inciertos, tales como demoras en la construcción.

Partida c) (buques mineros)

El cálculo del costo total de estos dos buques que se utiliza en el presente estudio es bajo en comparación con otros cálculos porque se prevé la utilización de buques construidos en Japón y no en los Estados Unidos. Como el cálculo es bajo en comparación con otros se considera poco fidedigno. En consecuencia, la distribución de costos para esta partida se inclina hacia los límites superiores.

Partidas d), e) y f) (transporte, instalación terminal y
tubería para la solución acuosa)

La distribución de estas tres partidas se basa en Andrews y otros (1983).

2. Funcionamiento

Partidas a) y c) (buques mineros, tratamiento)

Se partió del supuesto de que estas partidas tenían un sesgo positivo y que era probable que el costo de funcionamiento fuese más alto que lo estimado, en ningún caso más bajo. El funcionamiento del sistema de extracción no está aún demostrado en este momento por lo que el costo correspondiente entraña un elevado factor de incertidumbre.

Partida c) (buques de transporte)

Esta distribución procede de los cálculos de Andrews y otros (1983), que indican una distribución de -13 a +24%.

Partida d) (transporte al mercado)

La ubicación del mercado afecta al costo de transporte. El costo puede variar considerablemente por lo que no se trata de una estimación muy fiable.

/...

3. Ley

La distribución en el caso de la ley de los metales se ha supuesto en un 10%. Si la ley varía más, se supone que el buque minero se desplazará hacia una zona en que se espere encontrar una ley más constante.

4. Obtención

Es poco probable que el volumen de cobre y níquel obtenido fluctúe mucho con el proceso Cuprion. Se han mencionado volúmenes de cobalto del 65% (Hillman, 1983) y del 50% (Pasho, 1979); por lo tanto se empleó una gama del 50% al 70%. Se parte de la base de que el volumen definitivo de manganeso que se obtenga dependerá de los diversos procesos hidrometalúrgicos y pirometalúrgicos a que sea sometido. Por lo tanto, la distribución es más alta en el caso del manganeso que en el de los otros tres metales.

Anexo IV

AMORTIZACION DE PRESTAMOS A LA EMPRESA

(Préstamo total al 14° año a/ de 1.111,3 millones de dólares EE.UU.,
tipo de interés 10%, índice de actualización 7,3%)

(Millones de dólares EE.UU.)

Año	Interés pagado	Interés pagado con actualización inversa	Amortización del capital	Amortización del capital con actualiza- ción inversa
14	111,1	111,1	19,4	19,4
15	109,2	101,8	21,3	19,9
16	107,1	93,0	23,7	20,6
17	104,7	84,8	25,8	20,9
18	102,1	77,1	28,4	21,4
19	99,3	69,8	31,2	22,0
20	96,2	63,0	34,4	22,5
21	92,7	56,6	37,8	23,1
22	89,0	50,6	41,6	23,7
23	84,8	45,0	45,7	24,3
24	80,2	39,6	50,3	24,9
25	75,2	34,6	55,4	25,5
26	69,7	29,9	60,9	26,1
27	63,6	25,4	67,0	26,8
28	56,9	21,2	73,7	27,5
29	49,5	17,2	81,0	28,2
30	41,4	13,4	89,1	28,9
31	32,5	9,8	98,1	29,6
32	22,7	6,4	107,9	30,3
33	12,0	3,1	118,8	31,1

a/ El préstamo comienza a amortizarse en el primer año de plena producción.
