

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

**Programa Académico de Ingeniería
Geológica, Minera y Metalúrgica**



El Estaño en el Perú y el Mundo

Tesis presentada por:

Fortunato Brescia Moreyra

para optar el Título de:

INGENIERO DE MINAS

LIMA - PERU

1984

PRESENTACION

La Tesis titulada "La Industria Minera del Estaño en el Perú y el Mundo", que presento a vuestra consideración para optar por el título de "Ingeniero de Minas", tiene por objeto presentar una visión sinóptica de la industria del estaño en el Perú y el Mundo.

La Tesis expuesta es un trabajo de investigación bibliográfica y de campo efectuada gracias al apoyo constante de MINSUR S.A., Empresa productora del Estaño en el Perú.

FORTUNATO BRESCIA MOREYRA

INDICE

RESUMEN

CONCLUSIONES

INTRODUCCION

Etimología	Pag. 1
Evolución de la Industria Minera del Estaño en el Perú y el Mundo	Pag. 1
Propiedades Geo-Físico-Químicas	Pag. 5
Usos	Pag. 10

CAPITULO I

GEOLOGIA DEL ESTAÑO	Pag. 12
Tipos de Depósitos de Estaño	Pag. 12
Dépositos de Placer	Pag. 14
Principales Provincias Metalogenéticas de estaño en el mundo	Pag. 17-A
Reservas en el Mundo	Pag. 23
Geología del Estaño en el Perú	Pag. 26
Departamentos Estanníferos en el Perú	Pag. 30

CAPITULO II

MINERIA DEL ESTAÑO	Pag. 36
Veta Primeria de Casiterita	Pag. 36

Minado subterráneo	Pag. 36
Dépositos aluviales-Minería a Cielo Abierto	Pag. 37
Dragado	Pag. 38
Bombeado de Grava y Minado Hidraulico	Pag. 39
Minería a Cielo Abierto	Pag. 40
Sistema de Minado Actual en el Perú	Pag. 42
Sistema de Minado estudiados	Pag. 43
Servicios Auxiliares	Pag. 48

CAPITULO III

METALURGIA DEL ESTAÑO	Pag. 51
Principios Generales	Pag. 51
Tratamiento de Dépositos Aluviales	Pag. 53
Tratamiento de Mineral Primario	Pag. 53
Flotación de Casiterita	Pag. 55
Problemas Metalurgicos	Pag. 58
Fundición - Refinación	Pag. 63
Operación de la Fundición de Texas City	Pag. 67
Concentración de Estaño en San Rafael:	Pag. 73
Descripción del Proceso	Pag. 73
Trituración	Pag. 74
Molienda	Pag. 74

Flotación de Cobre	Pag. 75
Concentración Gravimétrica	Pag. 76
Planta de Flotación de Casiterita	Pag. 77
Planta de Secado de Concentrados	Pag. 79

CAPITULO IV

ECONOMIA DEL ESTAÑO	Pag. 86
Producción Mundial	Pag. 86
Consumo	Pag. 90
Aplicaciones Químico-Industrial del Estaño	Pag. 91
Aleación del Estaño	Pag. 92
Otros Usos	Pag. 93
Balance Proyectado de Oferta/Demanda 1982	Pag. 95
Producción y Consumo del Estaño en el Mundo	Pag. 96
Comercialización del Estaño	Pag. 98

CAPITULO V

CIBERNETICA APLICADA A LA MINERIA	Pag. 101
Aplicación de la Computación en MINSUR S.A.	Pag. 106
Diseño del Sistema de Cómputo	Pag. 109

RESUMEN

El estaño (Sn) metálico tiene dos presentaciones: estaño blanco y estaño gris. Este elemento no es tóxico, posee un coeficiente de fricción bajo y funde con gran facilidad. Se utiliza como placa de estaño y en soldaduras, aleaciones, bronce, productos químicos y revestimientos.

El estaño se encuentra en la naturaleza asociado a rocas ígneas ácidas y también en sedimentarias en forma de filones, estaño porfídico y de placeres. El principal mineral de estaño es la casiterita (SnO_2) y sus yacimientos más importantes se encuentran en Asia Sur Oriental, Brasil, Bolivia, China, Inglaterra y Nigeria.

En la explotación de los yacimientos en vetas, se emplean diversos métodos, que van desde cámaras y pilares hasta cortes y relleno y modernamente en cuerpos importantes tanto largos como en potencia el V.C.R. que permite la voladura en grandes volúmenes con la consiguiente economía de tiempo.

Tradicionalmente, el método de concentración gravimétrico, fue empleado para enriquecer las menas de estaño. Modernamente, y en vista de que la recuperación de valores resultó baja se emplea la flotación, que permite obtener mejores resultados funda

mentales en las partículas finas.

La fundición y refinación son realizados por pirometalurgia y además por electrólisis esta última.

El mercado de estaño, es relativamente estable y se controla en cierta medida por el Consejo Internacional de Estaño (I.T.C.). Los precios fluctúan entre un precio techo y un precio piso, lo que asegura estabilidad en el mercado.

CONCLUSIONES

1.- El Estaño es uno de los metales más antiguos usados por el hombre, pues era conocido por los Egipcios, los Romanos, en Europa Central como particularmente en la Península Ibérica, posteriormente en Inglaterra, en el Archipiélago Indonecio y en el Malasio. En el Perú el Estaño ha sido conocido y trabajado en pequeña escala desde principios de siglo.

2.- El Estaño metálico se presenta como Estaño Blanco y Estaño Gris; en bajas temperaturas se convierte el primero en el segundo. Entre sus propiedades destaca el hecho de no ser tóxico, que le da la aplicación principal.

3.- El Estaño se haya distribuído en la corteza terrestre en una proporción de 2 a 3 ppm. Se presenta tanto en rocas Igneas como en Sedimentarias.

4.- Los yacimientos económicos de Estaño son de tipo filón, en pegmatitas, neumatolíticos-hidrotermales, diseminados, metamórficos de contacto, de placeres, de fumarolas y porfídicos.

5.- Las zonas de mayor producción de Estaño, son el Archipiélago de Indonesia, Thailandia, Bolivia, Australia, y en menor escala Brasil,

II

Nigeria, Zaire, Sud Africa, Reino Unido, España, Perú, Argentina.

6.- En el Perú aunque la explotación del Estaño es reciente se encuentran yacimientos en San Rafael (distrito de Antauta, Provincia de Melgar), Condoriquiña (provincia de Sandia), Ananea, Poto y Ancocala (distrito de Ananea, provincia de Sandia), Huarasalani (provincia de Sandia), Vilque Chico (provincia de Huancané), minas Rosario y San Judas Tadeo (provincia de Lampa), y Cerro Pataoca y Accoabina (distrito de Vilque, provincia de Puno); en el departamento de Puno. Pachaconas (provincia Antabamba, Apurimac); Cerro de Pasco, Canta y Cajatambo en los departamentos de Pasco y Lima, respectivamente; y tambillos en el distrito de Chavín de la provincia de Huari, departamento de Ancash; y Santa Cruz en Cajamarca. La mayor parte de los yacimientos son primarios y corresponden a estructuras laminares, acompañando al Estaño sulfuros de cobre, zinc, plata, etc.

7.- La minería del Estaño dependiendo del tipo de yacimiento son del tipo subterránea y a cielo abierto; en los primeros, dependiendo de las características de las estructuras pueden ser desde los métodos para grandes volúmenes como cámaras y pilares hasta los de corte y relleno y almacenamiento provisional para vetas angostas; la casiterita aluvial se trabaja o por dragado, bombeado de grava y minado hidrau

III

lico y a cielo abierto.

8.- En el Perú en la única mina que se explota Estaño primario es en San Rafael, se usa el método de almacenamiento provisional y para los cuerpos el de sub-niveles.

9.- El Estaño tradicionalmente se concentra gravimétricamente, pero baja recuperación han llevado a investigar otros procedimientos como la flotación, de aplicación reciente.

En el Perú siempre en la mina San Rafael, tenemos la combinación de concentrados gravimétricos y de flotación.

Los estudios actuales, establecen que la combinación G.F.V.F. (Concentración Gravimétrica-Flotación-Volatilización-Fundición) representa la solución metalúrgica y económica para el tratamiento de menas estanníferas.

10.- La producción mundial de Estaño en los últimos 10 años se mantiene alrededor de las 200,000 toneladas por año, tendiendo a incrementar se con los yacimientos nuevos que se están descubriendo.

IV

El consumo, debido a los nuevos usos del estaño, se esta también ampliando. El balance entre producción y consumo en términos generales establece que hay una mayor demanda. Lo que aseguraría una cierta estabilidad en el precio.

11.- El estaño pertenece al grupo de metales básicos cuya comercialización se realiza a través de la Bolsa de Metales de Londres; aunque el precio en muchas ocasiones es fijado por el Centro de Fijación de Precios de Singapur.

12.- El estaño es el único metal que ha creado su propio Consejo Internacional del Estaño para regular el precio y el mercado. Este Consejo con recursos de los países miembros compra o vende el metal según las circunstancias a fin de mantener un límite mínimo y máximo en el precio.

13.- La G.S.A. (General Service Administration) que dispone de su stock pile (reservas estratégicas), que a veces llega a cantidades excesivas vende a los industriales domésticos transtornando a veces su comercialización.

14.- La Cibernética, que es de aplicación en todos los campos de la

ciencia actual, presta servicios a la minería en todas sus etapas con bastante suceso. Se beneficia de sus principios la Geología, la Minería, la Metalurgia, las Finanzas, el Comercio, etc.

INTRODUCCION

ETIMOLOGIA

Sobre la etimología parece ser que el oriente tomó del griego "Kassiteros" la denominación de casiterita para el mineral de estaño, que se repite en la forma de "Kastim", "Kardir" (sanskrito, arameo o árabe, respectivamente). En cambio provendría del celta (pueblo que conquistó las costas de Gran Bretaña e Irlanda) el origen de la palabra estaño (Stannum); así su forma latinizada en irlandés es "Stan" en galés, "Ystón" y en bretón "Sten".

EVOLUCION DE LA INDUSTRIA MINERA DEL ESTAÑO EN EL PERU Y EL MUNDO

Es uno de los metales más antiguos usados por el hombre. Se cree que el estaño puro fue usado en Egipto en el año 600 A.C. y como aleación en bronce se usó mucho antes (3500 a 3200 A.C.).

Parecería que las rutas de comercio entre Oriente y Occidente y entre el Mar Norte y el Mediterráneo fueron abiertas por los comerciantes del estaño.

Antes que Julio César llegara a las Islas -

Británicas, en la Europa Central y Sur se conocía la minería y metalurgia del estaño. La Península Ibérica explotaba el cobre de Asturias y el estaño de Andalucía y Galicia, se registran datos de 2800 A.C.; en aquel entonces se forjó el hacha de cobre y estaño llamada "slabor-da" que constituyó el equivalente de piedra de América.

Se cree que la fabricación del bronce se inició en el sur de España gracias a los "placeres" de estaño, y de ahí se difundían a la Europa Central y al Oriente.

En el siglo octavo y noveno A.C. los Tartessos fabrican un hermoso bronce que llevaba su nombre, encontrado en las islas griegas, a las que Platón se refiere como Oricolco (bronce de los griegos).

Los cartagineses dominaron el secreto de las rutas del estaño y su localización por mucho tiempo; fueron después los romanos los que heredaron este comercio.

Cornwall (Inglaterra) surge como el gran proveedor de estaño a partir del primer siglo de nuestra era.

Sajonia y Bohemio con el surgimiento de la Liga Hanseática rivalizaron con Cornwall en la producción de estaño que se utilizó en los primeros cañones, barcos y campanarios de las catedrales góticas.

En el sudeste asiático, en esa misma época, se comerció con el estaño entre India, Japón y Tailandia.

En el Tomo V Metales y Minerales, de la obra EL PERU MINERO de Mario Samamé Boggio (pp. 353 a 361) se encuentra una revisión de Estaño y una reseña histórica de su minería y metalúrgia en el Perú. De ahí extractamos lo siguiente:

"Los Incas y Pre-Incas conocieron y trabajaron el bronce (aleación de cobre y estaño), aunque no se sabe con certeza si esta aleación la producían con los metales separados (cobre y estaño) o se valían de las menas cuproestanníferas o mezclas de menas separadas de cobre y estaño. Los Incas llegaron a descubrir que la aleación cobre-estaño era superior al cobre en dureza.

Siempre hubo, en el Perú, inquietud por la búsqueda de yacimientos de estaño, sobretodo, en la región del Sur. Se pensaba, y con razón, que la frontera política con Bolivia, no po-

día ser frontera geológica. (Se conoce la riqueza de Bolivia en yacimientos de estaño).

En 1907, el Cuerpo de Ingenieros de Minas, por intermedio del ingeniero de Minas Eduardo A.L. de Romaña, estudia los yacimientos estañíferos de Bolivia y explora por estaño las provincias de Huancané y Chucuito de Puno; las conclusiones de este informe no fueron alentadoras.

En 1934, el distinguido geólogo Doctor Georg Petersen estudió los yacimientos de estaño en Condoriquiña y otros y dió pautas y derroteros para ulteriores exploraciones. En este mismo año 1934, se exporta a Holanda 1097 Kg. de concentrado de estaño conteniendo 58% de casiterita (SnO_2) proveniente de los lavaderos de oro de Poto, Sandia, Puno.

Desde 1934 hasta la fecha (1983) es decir, durante 49 años se ha producido y exportado productos de estaño en la forma de minerales, concentrados y productos de fundición ("dross") provenientes de los departamentos de Ancash, Junín, Cusco, Arequipa y Puno.

PROPIEDADES GEO-FISICO-QUIMICAS

El estaño metálico tiene dos presentaciones: estaño blanco y estaño gris. El estaño blanco sometido a temperaturas inferiores de -13.2° C cambia a estaño gris formando una masa pulverulenta. Este fenómeno no se presenta en sus aleaciones, por lo cual, raramente se usa en forma elemental pura. No es tóxico, funde con gran facilidad y tiene un coeficiente de fricción bajo. Aunque este metal es soluble en ácidos fuertes, su uso como galvanizante lo hace inerte a los ácidos débiles, aire y otros agentes corrosivos, debido a que forma una película delgada de óxido de estaño.

Probablemente la propiedad más importante del estaño es su extrema fluidez en el estado fundido, debido a esto, tiene facilidad para alearse con otros metales. Esa fluidez y su excelente característica de revestimiento, dan lugar a su uso más importante como placa de estaño, para lo cual se destina casi un 50% del estaño metálico extraído en el mundo.

A causa de su similitud con otros iones metálicos, puede reemplazar a éstos en varios minerales comunes o tomar análogos de estaño de los minerales comunes. Así, el estaño puede

hallarse disperso en minerales de hierro, titanio o calcio, como en la biotita (puede contener varias centenas de ppm), el rutilo (900 ppm) o la andradita (1.7%). Un buen ejemplo de análogo en base a estaño es el mineral malayaita (CaSnSiO_5), donde el estaño reemplaza al titanio de la esfena. La malayaita se halla en skarns de metamorfismo de contacto.

La abundancia del estaño en la corteza terrestre es de 2 a 3 ppm y su proporción en las rocas se presenta en la tabla siguiente:

TIPO		RANGO REPORTADO USUALMENTE (PPM)	PROMEDIO (PPM)
Rocas Igneas	Rocas ultramáticas	0.1 - 1.3	0.6
	Rocas basálticas	0 - 8	1.1
	Rocas intermedias	0 - 10	1.4
	Rocas silíceas	1 - 15	3.5
	Rocas alcalinas	8 - 39	---
	Greisen	780 - 7.800	---
Rocas	Calizas	-	0.2 (?)
Sedimentarias	Areniscas	-	0.4 (?)
	Shales y		
	Arcillolitas	1 - 20	6.0

	Suelos	Princ. 0 10	8 (?)
	Fosforita	0 - 15	---
	Aguas subterráneas	Partes por billón	1 parte x billón
Otros	Océanos	0.3 - 1.2	---
Materiales	Fuentes termales	0.1 - 1.0	---
	Aire, áreas urbanas	1 - 300	---
		<u>nanogramos</u>	
		m ³	

Investigaciones en el campo del estaño han llegado a establecer que:

- 1.- El estaño se halla principalmente concentrado en los granitos relacionados a calizas y shales.
- 2.- La fracción de minerales pesados en el granito es el indicador más claro de la existencia de un depósito de estaño.
- 3.- El estaño se halla en cantidades ligeramente altas en las cornu bianitas (hornfels) próximas al granito, pero concentrado de manera especial en todos los minerales individuales separados de las venas o filones de estaño y berilio, indicando por consiguiente, una génesis común.
- 4.- Los suelos de las calizas se hallan enriquecidos en estaño, espe-

cialmente cuando existen depósitos de filón alojados en tales rocas.

5.- Los concentrados en batea tomados aguas abajo de un depósito de estaño, presentan concentraciones anómalas en ese elemento.

El estaño es un metal blanco argentino de gran maleabilidad, lo que permite su batido en hojas delgadas, llamadas papel de estaño. El estaño ordinario, de propiedades metálicas, posee la estructura cristalina tetragonal y tiene un peso específico de 7.31. El estaño blanco evoluciona lentamente a temperaturas inferiores a 18° C, pasando a una modificación alotrópica no metálica, estaño gris de 5.75 de gravedad específica. A temperaturas muy bajas, alrededor de - 50° C, la velocidad de esta conversión es suficientemente grande para que los objetos de estaño metálico se conviertan ocasionalmente en polvo de estaño gris. Este fenómeno se conoce con el nombre de peste del estaño.

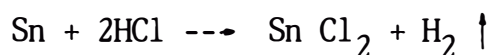
Según "EL PERU MINERO" del Ing. Mario Samamé Boggio, el estaño pertenece a la subfamilia IV-B de la familia del carbono de la Tabla Periódica.

Establece que las propiedades geo-físicas-químicas son las siguientes:

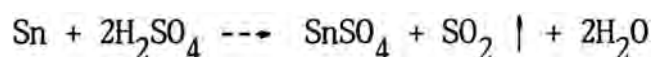
Símbolo	Sn
Número Atómico	50
Peso Atómico	118.69
	2
	8
Electrones	18
	18
	4
Valencias	2, 4
Dureza (Brinell)	
A 0° C	4.2
40° C	3.4
120° C	2.0
200° C	0.9
Sistema cristalino	Tetragonal
Densidad 20° C	7.3 gr/cc
Punto de fusión	232° C
Punto de ebullición	2270° C
Calor latente de fusión	14.5 cal/g
Calor latente de vaporización	573 cal/g
Calor específico, 20° C	0.0542 cal/g

El estaño es un metal cristalino de color blanco azulado, duro y poco tenaz; es relativamente quebradizo a la temperatura ordinaria, pero se vuelve muy maleable a los 100° C. Se encuentra al estado nativo en Gales del Sur.

El estaño es lo bastante activo químicamente para desplazar el hidrógeno de los ácidos diluïdos, pero no se altera en el aire húmedo. Reacciona con el ácido clorhídrico caliente, produciendo cloruro estannoso, SnCl_2 , e hidrógeno, y con el ácido sulfúrico concentrado y caliente forma sulfato estannoso, SnSO_4 , y dióxido de azufre; las ecuaciones correspondientes a estas reacciones son:



y



con el ácido nítrico diluïdo y en frío da lugar al nitrato estannoso, y con el ácido nítrico concentrado se oxida a ácido estánnico hidratado H_2SnO_3 .

USOS

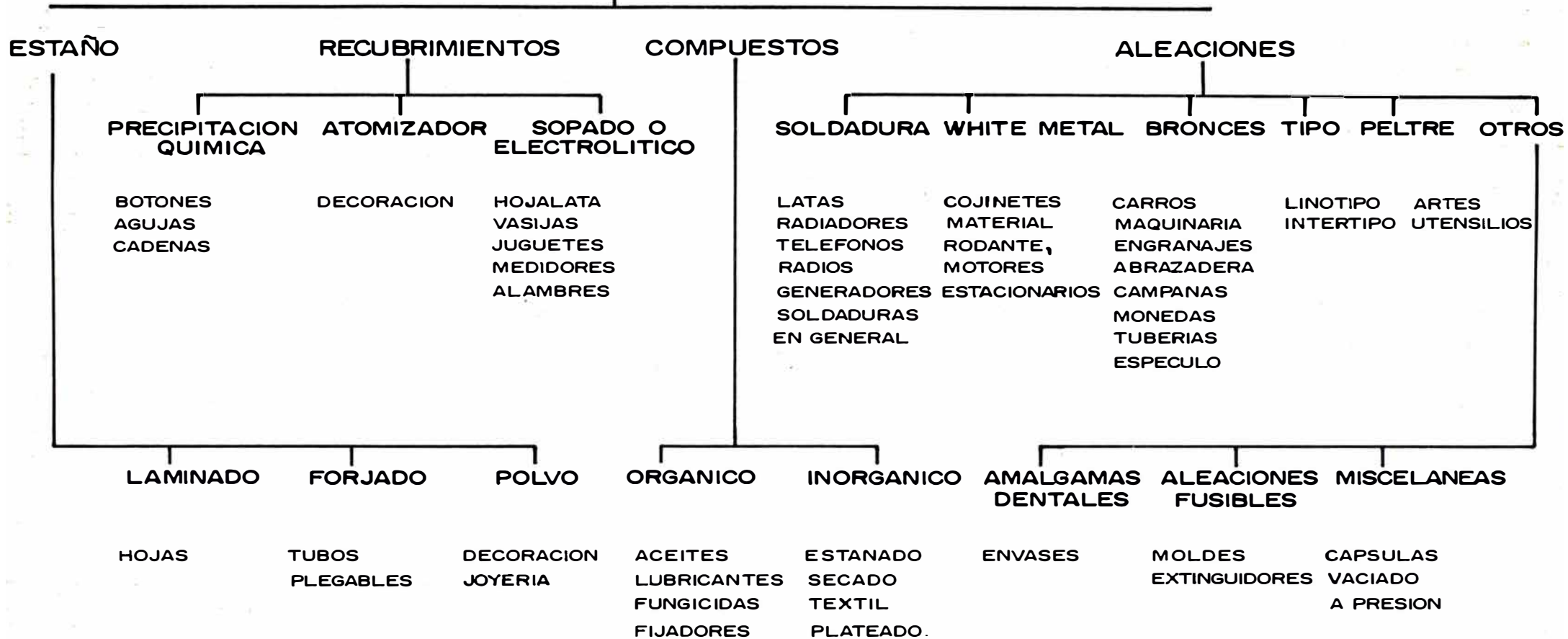
El estaño se emplea mucho como capa protectora

para el acero dulce. Este recubrimiento de estaño se efectúa introduciendo las planchas limpias de acero dulce en estaño fundido, o por depósito electrolítico. A veces, también se recubren con estaño el cobre y otros metales.

Las principales aleaciones de estaño son el bronce (estaño y cobre), soldadura (50% de estaño y 50% de plomo), peltre (75% de estaño y 25% de plomo) y metal britannia (estaño con pequeñas cantidades de antimonio y cobre).

EL ESTAÑO Y SUS USOS

ESTAÑO



CAPITULO I
GEOLOGIA DEL ESTAÑO

TIPOS DE DEPOSITOS DE ESTAÑO

El estaño se extrae de depósitos filonianos, porfiríticos y de placeres.

DEPOSITO DE FILON

Estos se dividen en cinco tipos; depósitos en pegmatitas; depósitos nematolíticos-hidrotermales; depósitos disseminados; depósitos de metamorfismo de contacto, y depósitos de fumarola.

DEPOSITO DE PEGMATITAS

Las pegmatitas estaníferas generalmente se hallan asociados a rocas graníticas y contienen casiterita (SnO_2), así como también, otros minerales poco comunes, tales como la columbita-tantalita, el berilo y la espodumena. Algunas pegmatitas de gran tamaño están totalmente mineralizadas de casiterita, constituyéndose en grandes reservas de estaño, como la pegmatita Manono en la República Democrática del Congo.

DEPOSITOS NEMATOLITICOS-HIDROTERMALES

La mayoría de los grandes depósitos de estaño

en el mundo (excepto los de Bolivia) son de este tipo. Las menas están en o cerca a cuerpos graníticos biotíticos (o de micas) y forman depósitos de reemplazamiento o de relleno de fisuras en las rocas encajantes. Por su zonificación estos depósitos varían ampliamente en su mineralogía. En o cerca de los intrusivos abunda la wolframita y muchos sulfuros de metales básicos; y a mayor distancia suele presentarse estanita, plata y sulfuros de metales básicos.

DEPOSITOS DISEMINADOS

En estos depósitos, la casiterita está diseminada en granitos alterados, especialmente en las zonas marginales o en aquellos lugares modificados por la adición de turmalina, topacio o fluorita. Sólomente unos pocos depósitos diseminados se explotan en la actualidad, a pesar de que la erosión de tales menas han generado grandes y ricos depósitos de placer como en Asia Sur Oriental y en otros lugares.

DEPOSITOS DE METAMORFISMO DE CONTACTO

Estos depósitos son escasos y generalmente consisten de casiterita o malayaita cerca a cuerpos graníticos, como en Cornwall (Inglaterra). Los minerales asociados son la magnetita, granta, piroxeno, fluorita, turmalina y varios minerales de sulfuros.

El tenor generalmente es menor del 0.5% de estaño, pero las grandes cantidades de subproductos aumentan su valor económico. Sin embargo en muchos depósitos de este tipo el estaño se encuentra asociado a minerales de silicato de calcio, los cuales no son económicamente recuperados.

DEPOSITOS DE FUMAROLAS

El término depósitos de fumarolas, fué usado por Ahlfeld para describir pequeñas mineralizaciones que se encuentran como rellenos de fracturas en lavas, o que son de casiterita generalmente intercrecida con hematita especular y en granos diminutos alojados en las paredes caolinizadas de las rocas y en venas. Pocos son los depósitos explotados comercialmente.

DEPOSITOS DE PLACER

En todo el mundo, los depósitos de placer son muy productivos y de extracción más fácil que los depósitos de filón, proporcionando por consiguiente, la mayor parte de la producción comercial. La casiterita, debido a su alta dureza y a la resistencia al ataque químico, forma grandes placeres o concentraciones residuales. Los placeres pueden ser clasificados como: residuales, eluviales (o de pendiente), aluviales, marinos y fósiles.

PLACERES RESIDUALES

Se forman sobre rocas con casiterita, tras un proceso de meteorización. En la República Democrática del Congo, los placeres residuales gradan hacia la base a filones meteorizados y son explotados como placeres o como filones a cielo abierto.

En un verdadero placer residual, la zona enriquecida contiene no solamente minerales pesados tales como casiterita y columbita tantalita sino también minerales livianos químicamente resistente, tales como el berilo. En Indonesia, los placeres residuales generalmente están cementados por óxidos de hierro, que debe ser molido para separar la casiterita.

PLACERES ELUVIALES O DE PENDIENTE

Se han formado por la meteorización química de rocas estanníferas y separación por gravedad de la casiterita y otras especies pesadas, formándose un manto debido a la influencia de aguas meteóricas y de la gravedad. Estos depósitos forman placeres residuales pendiente arriba, y a veces, a placeres aluviales pendiente abajo. Debido a la clasificación por gravedad, algunos placeres eluviales son más ricos que los placeres residuales.

PLACERES ALUVIALES

Son los depósitos de estaño más grandes y más ricos que se explotan. Estos yacimientos se ubican en el sureste - Asiático, en Rondonia (Brasil) y en Nigeria. Los mejores placeres aluviales se localizan en los arroyos que interceptan filones estanníferos y que poseen una velocidad lo suficientemente alta como para lograr una buena separación por gravedad de los minerales pesados.

Los concentrados de estaño extraídos de los placeres aluviales, aparecen relativamente libres de constituyentes deletéreos y pueden contener hasta un 70% de estaño.

PLACERES MARINOS

En su memoria estos depósitos son del tipo placeres de playa inundada o placeres de playa. Se forman donde una línea de costa intercepta o transgrede algún valle aluvial casiteriódico o una roca estannífera. Un placer de playa típico normalmente tiene una relación largo-ancho muy amplia, y un placer de origen transgresivo consiste de un manto de minerales pesados cubiertos por sedimentos marinos.

PLACERES FOSILES

Cualquiera de los cuatro tipos de placeres

anteriores pueden llegar a ser placeres fósiles debido a soterramiento por sedimentos más jóvenes o lava. Un proceso de solevantamiento y erosión posterior, puede destapar tales placeres y así un segundo ciclo de placer aluvial se inicia, como sucede en Nigeria.

DEPOSITOS DE ESTAÑO PORFIDICO

Suele asignarse este nombre a los extensos depósitos que se hallan en la Cordillera Oriental de los Andes Centrales, los cuales abarcan 900 kilómetros de largo y comprenden desde el sur del Perú hasta el noreste de Argentina pasando por Bolivia. Sainsbury y Reed (1973) los clasifican como depósitos de filón tipo subvolcánico o estaño-plata.

Estos depósitos se encuentran representados en los ricos yacimientos de Llallagua, Potosí y Chirolque en Bolivia. La mineralización en estos depósitos está relacionada al emplazamiento de cuerpos magmáticos de edad Terciario Superior, los cuales generaron una zona de alteración hidrotermal en las rocas sedimentarias y en el mismo intrusivo. La composición original de los cuerpos no ha podido ser determinada claramente debido a la alteración sufrida por sus componentes. Intensa sericitización, silicificación, turmalinización, piritización y propilitización son los tipos principales de alteración.

PRINCIPALES PROVINCIAS METALOGENETICAS DE ESTAÑO EN EL MUNDO

MALASIA

Malasia es en la actualidad la fuente productora más grande de estaño del mundo con una producción en 1981 de 59,500 TM que representa el 30% de la producción mundial.

La producción proviene de 54 operaciones de dragado y 770 minas de bombeo hidraulico de gravas. Los principales depósitos de estaño están en los Estados Malayos Federados de Perak, Selangor, Negri, Sembilan y Pahang. Perak produce más de 60% de la producción total a partir de depósitos ricos y accesibles existentes en el valle del Kinta. La mayor parte del mineral es aluvial, pero también se explotan algunos filones. El lecho es una caliza, granitos y esquistos, encima del cual se haya un espeso manto de tierra residual tropical. La casiterita contenida en Stockworks y vetas resistió la meteorización, con lo cual se acumulo en los terrenos residuales. Estos fueron arrastrados por las aguas hacia el valle, dejando que la casiterita pesada y resistente se acumulara en el lecho de roca elevado, principalmente cerca de los bordes del valle. El centro de este último ha sido explorado solo ligeramente. Como el valle tiene

tierras agrícolas de gran valor, el minera de placeres no es bien recibido allí, por cuanto utiliza el agua, destruye la tierra agrícola y deja cantidades de desechos indeseables. Probablemente quedan todavía muchos placeres. En algunos lugares, los ricos depósitos aluviales existentes en los terrenos residuales de las vertientes del valle pueden recuperarse mediante represas o pozos a cielo abierto. Las reservas de Estaño de placer son grandes, y poco se sabe respecto a si los filones de origen puedan resultar productivos por debajo del manto del terreno.

INDONESIA

Durante la guerra, la industria del estaño de Indonesia fué sustancialmente destruída y por esta producción de estaño, aún en 1966, sólo se lograron 12.726 toneladas. No obstante, la producción se duplicó por 1974 y ha estado incrementando firmemente así que en la actualidad es el 2º productor del mundo habiéndolo desplazado a Bolivia. Su producción bordea las 35,000 TMF de estaño al año. Después de eso, la producción de Indonesia incrementa firmemente, y es así que para 1982 su producción fué un 15% más alto que el de Bolivia.

Indonesia tiene reservas sustanciales de estaño como podemos ver por el hecho de que la producción en 1941 llegó a 54.320 toneladas y aún por 1947, inmediatamente después de la guerra la producción estaba de nuevo alrededor de las 30.000 toneladas por año.

Fue sólo en la década del 60 que la industria empezó a declinar seriamente, recuperándose en los años del presidente Sukarno. La industria minera del estaño de Indonesia es inusual ya

que está controlada enteramente por el gobierno a través de una subsidiaria llamada P.T. Tima que administra las cinco áreas de producción de Bangka, Belitung, Singkep, Mentok y Bangkainang.

TAILANDIA

La producción correcta de Tailandia ha sido difícil de señalar en los últimos años ya que se ha estado llevando a cabo contrabando, particularmente en coneciones de depósitos submarinos. Las cifras oficiales muestran que en 1968 la producción de Tailandia ascendió a 24.002 toneladas y después disminuyó a 16.406 toneladas en 1975. Sin embargo, en 1981 se reportó 32.200 toneladas, con una recuperación del 50%. Las estadísticas de producción de estaño han mostrado firmemente que ha habido unas 6.000 a 8.000 toneladas de estaño de origen no específico producidos cada año y se piensa que gran parte podrían ser de origen Tailandés. Las últimas cifras de Tailandia muestran que tiene 17 dragados en operación, 271 operaciones de bombeado de grava y 290 de otras unidades mineras. De la producción del país, 15% se produce por su dragados submarinos y 8% por sus dragados de tierra. Las Unidades de bombeado de grava producen un 35% de la producción de Tailandia y los botes de succión se reporta que producen alrededor de 23%.

BOLIVIA

Bolivia todavía se califica como el segundo productor más grande del mundo a pesar de que es probable que sea alcanzado por Indonesia en un futuro inmediato. La producción ha estado más o menos estática en los últimos años en alrededor de 30,000 toneladas por año y en 1981 fué de 27.300 toneladas. La mayoría de las minas del país están bajo control de su Corporación Minera del Estaño (COMIBOL) que responde por un 70% de su producción. Aproximadamente 94% de la producción del país procede de minas con vetas subterráneas y el resto producido por dos operaciones de dragado. En total existen 22 minas subterráneas que operan en Bolivia y están localizadas en lo alto de la Cordillera de los Andes en condiciones extremadamente difíciles y arduas.

AUSTRALIA

La producción Australiana ha estado aumentando durante los últimos años y creemos que continuará haciéndolo durante los próximos dos o tres años, principalmente porque su mayor productor, Renison Limited, está continuamente elevando la producción. La producción australiana de 1981 es de 11.300 TMF de estaño al año. Desde 1974 la producción de Renison ha aumentado de 3,930 toneladas de estaño a 5,363 toneladas en 1981 y ese año llegó a 46% de la producción aus-

traliana. Se piensa que Renison continuará desarrollando sus reservas e incrementando la producción de modo que ésta se incremente alrededor de 8,000 toneladas por año, en el curso de los dos próximos años. Se piensa que estas reservas de estaño de la compañía son suficientes para durar varias décadas y han hecho posible la construcción de su propia Fundición en Sidney.

OTROS PAISES Y CHINA

Otros países que producen cantidades significantes de estaño son Brasil, Nigeria, Zaire, Sud-Africa, el Reino Unido, Perú y Argentina. De éstos, Brasil es lejos el más importante con una producción que ha sido incrementado firmemente de 2,800 toneladas en 1972 a 8,500 toneladas en 1980. La producción del Brasil es aluvial y proviene de nuevos depósitos que se han localizado en la cuenca del Amazonas. Esta gran e inexplorada área bien podría rendir grandes reservas adicionales de estaño así que Brasil puede todavía considerarse como un país del cual la producción todavía tiende a elevarse aunque a una producción invaluable. Para propósitos de nuestros estimados, simplemente hemos asumido que la producción incrementará 500 toneladas por año a un nivel de 11,000 toneladas por 1984. Tanto Nigeria como Zaire han sido países con producción decayente en los últimos años. En 1972, produjeron 12,700 toneladas de estaño y en

1978 habían disminuido a solamente 6300 toneladas. La mayor parte de la producción de Nigeria proviene de un solo grupo minero, Amalgamated Tin Mines of Nigeria, y generalmente no vemos ninguna razón por la cual la producción se incremente por esa compañía. Zaire tiene reservas sustanciales de estaño, pero tiene problemas con respecto a financiamientos, así que vemos pocas probabilidades para que este país aumente su producción en un futuro previsible. La producción de Sud-Africa proviene de Roorberg Mine. La producción es probable que incremente un poco pero no a un ritmo suficiente como para afectar el balance global de estaño. En el Reino Unido los costos han forzado temporalmente al cierre de las minas tanto de Wheal Jane como de Mount Wellington con una pérdida de unas 1500 toneladas de producción por año. La producción del Reino Unido proviene solamente de dos minas de estaño de Gevor y South Crofty. Se estima que estas dos minas producirán, entre las dos unas 2500 toneladas de estaño por año y esa producción es improbable que cambie significativamente en los próximos años.

En el Perú, el único productor de estaño es Minsur, en su Unidad San Rafael, con 2000 TMS de finos con tendencia a incrementar en los años sucesivos.

Sobre todo, la producción de otros países ha

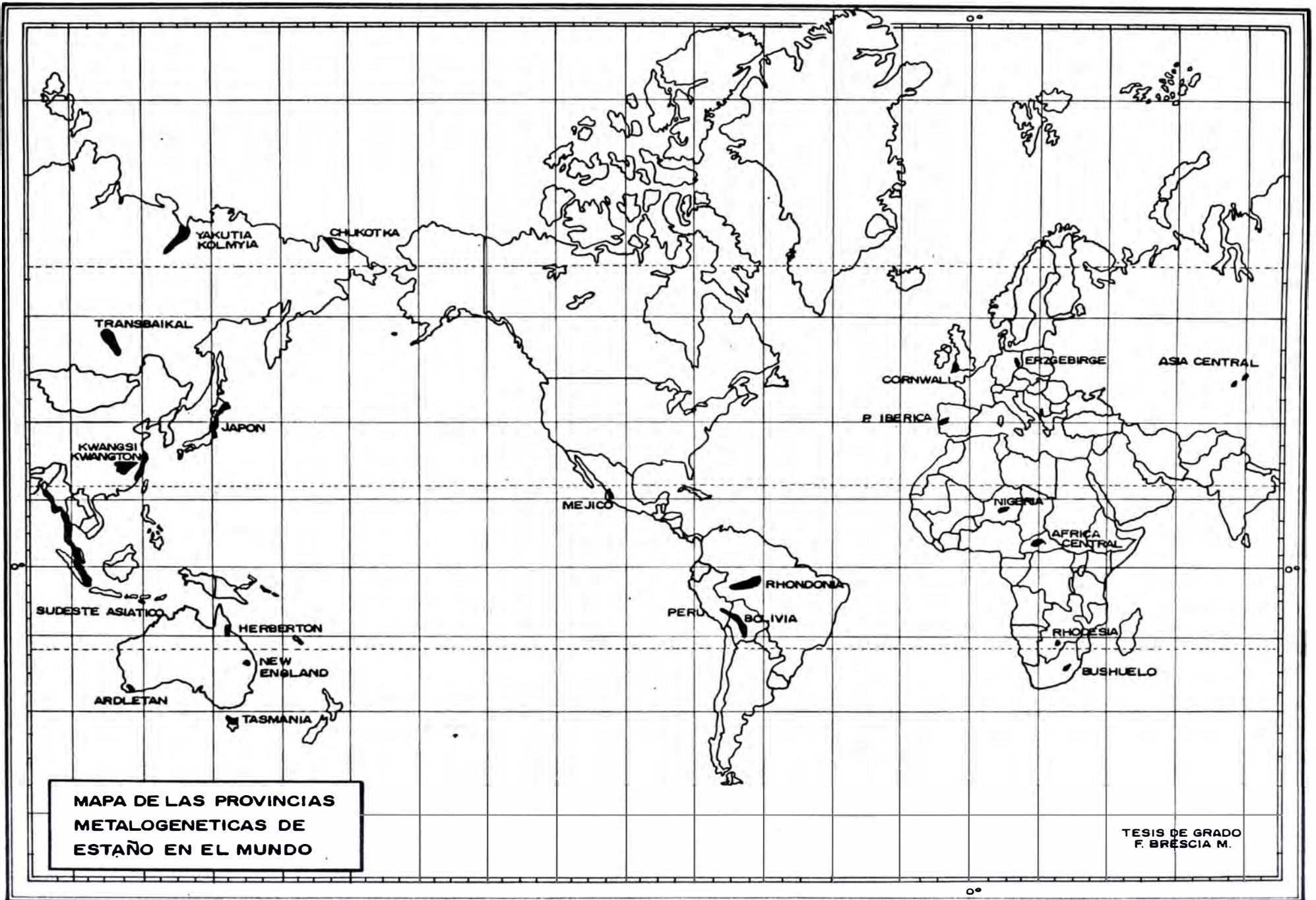
parecido estar relativamente estática en los últimos años con disminuciones de producción de Africa y el Reino Unido que son compensados por la producción en aumento del Brasil.

Como manifestamos en nuestra última reseña, China siempre permanecerá como una enigma. El país tiene grandes reservas de estaño y es indudablemente un gran productor. En los últimos años, China ha sido un exportador sustancial de estaño y en 1975 exportó 13,018 toneladas. Se ha estimado provisionalmente que las exportaciones del país en 1978 han disminuído, sin embargo, a 3,309 toneladas, no obstante, durante el año pasado más o menos China se ha embarcado en un ambicioso programa en dar nuevo impulso a sus industrias y creemos que esto llevará a una terminación de las exportaciones desde China, ya que el país estará consumiendo cantidades más grandes de estaño domésticamente.

RESERVAS EN EL MUNDO

Las reservas de estaño en el mundo, determinados por Sainsbury y Reed se presentan en el cuadro que sigue. Reservas condicionales son los yacimientos identificados y específicos, cuyos minerales de interés económico no son recuperables lucrativamente

con la tecnología existente. Reservas hipotéticas son los depósitos minerales no descubiertos ya sean de grado recuperable o subeconómico que pueden predecirse como existentes en base a la geología de los distritos conocidos. Reservas especulativas, son los depósitos no descubiertos ya sean de grado sub-económico o recuperable, que tal vez existan en áreas desconocidas o en forma no reconocida. Reservas, son los depósitos identificados de los cuales los minerales pueden ser extraídos lucrativamente con la tecnología existente y bajo las condiciones económicas actuales.



PAIS	RESERVAS (TON. LARGAS)		RECURSOS CONDICIONALES (TON. LARGAS)		RECURSOS NO DESCUBIERTOS (TON. LARGAS)	
	PROBADAS +PROBABLES	POSIBLES	PARAMARGINAL	SUBMARG.	HIPOTETICO	ESPECULATIVO
Norte América						
Estados Unidos	8.435	33.100		43.000	40.000	70.000
Canadá	10.000	10.000	14.000	14.000		200.000
Mexico	1.000	5.000				47.700
Sur América						
Bolivia	485.000	500.000		500.000	1'250.000	
Brasil	300.000	300.000	1'074.000		1'674.000	1'000.000
Argentina	3.000	3.000				7.000
Europa						
Inglaterra	128.700	128.700		600.000	425.000	
España y Portugal	15.000	15.000		150.000	750.000	
Francia		4.000		4.000		
Asia No Comunista						
Indonesia	500.000	1'860.000	540.000	540.000		
Malasia	600.000	230.000		1'000.000	1'500.000	1'000.000
Tailandia	217.000	1'000.000	1'860.000		1'500.000	1'000.000
Burma	250.000	250.000			250.000	250.000
Otros países	17.500	90.000				100.000
Africa						
Nigeria	138.000	138.000		100.000	500.000	
Zaire	65.000	130.000	1'000.000			1'000.000
Otros países	117.000	117.000		22.000		330.000
Australia-Tasmania	94.330	94.000	100.000	100.000	100.000	500.000
China	500.000	1'000.000	1'000.000	1'000.000	1'000.000	1'000.000
U.R.S.S.	200.000	420.000	300.000	300.000	300.000	1'000.000

Tomado de Sainsbury y Reed.

GEOLOGIA DEL ESTAÑO EN EL PERU

Como lo mencionamos en capítulos anteriores, la preocupación por la prospección por estaño en el Perú data de comienzos de siglo con los primeros trabajos de investigación geológica - hechos por Eduardo A.L. de Romaña en 1907 y luego por Georg Petersen en 1934. Sin embargo, estos estudios no despiertan mayor interés en la industria minera nacional para invertir en la prospección por estaño y por lo tanto la producción de estaño del Perú hasta la década del 70 proviene básicamente como subproducto de la fundición de la Oroya. En la década del 70 el distrito minero San Rafael se va revelando como distrito estañífero importante y con características peculiares que lo diferencian de los yacimientos bolivianos.

El Distrito Minero San Rafael está situado en el nevado Quenamari de la Cordillera Oriental del Sur del Perú, en el departamento de Puno y abarca un área de 5 por 7.5 km. En él se encuentra la mina San Rafael de propiedad de Minsur S.A., la única mina productora de estaño en el Perú (500 T.M. diarias con 1.60% de estaño, 1.20% de cobre) y la mina Quenamari de propiedad de Carabaya S.A. (50 T.M. diarias con 4.5 Oz/Ag, 5% de plomo y 5.5% Zinc), que también tiene minerales de cobre y estaño, los que serán explotados muy pronto.

El macizo Quenamari está formado principalmente

por pizarras y cuarcitas del grupo Ambo (Misisipiano); en los alrededores hay calizas y lutitas del grupo Tarma (Pensilvaniano), calizas del grupo Copacabana (Pérmico inferior) y capas rojas y volcánicas del grupo Mitu (Pérmico medio a superior). Esta secuencia está afectada por las tectónicas Tardiherciniana y Andina; en la mina San Rafael forman un anticlinal cuyo eje pasa por esta mina. El fallamiento sigue las orientaciones NO - SE.

La actividad ígnea está representada por intrusiones ácidas intermedias emplazadas cerca a la superficie. En San Rafael se ha diferenciado el pórfido monzonítico cuarcífero San Rafael y otro equivalente en Quenamari, la granodiorita porfirítica Mariano, la latita cuarcífera porfirítica de los Andes Peruanos y su equivalente la riocita porfirítica Comercio en Quenamari, y la latita cuarcífera San Rafael. El pórfido San Rafael tiene una edad de 24.5 ± 1 millones de años; la granodiorita es más joven, es menos probable que sea una diferenciación magmática de la misma roca. Mientras que las intrusiones anteriores están emplazadas en el grupo Ambo, en Antauta hay un intrusivo similar al de San Rafael que corta a los sedimentos del grupo Tarma; cerca a este intrusivo hay un dique andesítico y derrames de basalto.

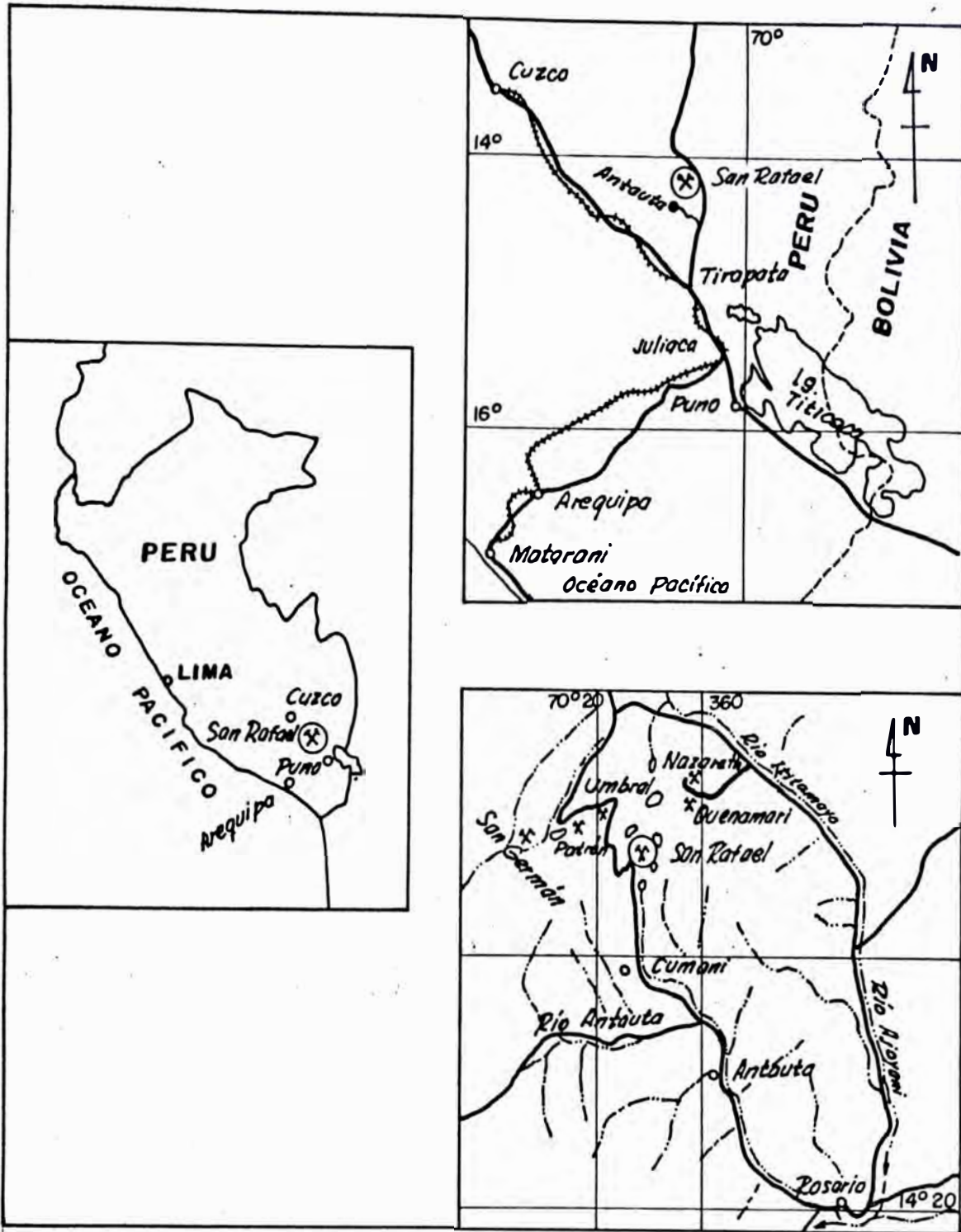
Toda esta actividad ígnea corresponden al Mioceno inferior y probablemente hasta el Mioceno superior.

Los yacimientos minerales son de origen hidrotermal, en vetas de relleno de fracturas y de reemplazamiento, tanto en el grupo Ambo como en los intrusivos; las vetas son de 1 a 3 km. de longitud y de 0.30 a 1.50 m. de ancho en promedio. Se conocen más de 30 vetas con rumbos que varían entre N 30° - 70° O y 50° - 70° NE. de buzamiento. Las vetas más importantes son: San Rafael, Vicente, Umbral, Jorge, Mariano, Andes Peruanos, Nazareth 17, Quenamari, San Gregorio y Nazareth.

La mineralogía es compleja, los minerales económicos principales son la casiterita y la chalcopirita, en menor proporción, galena y esfalerita, estannita, bismutinita y wolframita. Los minerales de ganga principales son cuarzo, clorita, arsenopirita, pirita, fluorita y marcasita. Los afloramientos muestran los efectos de la oxidación y del enriquecimiento supergénico en donde se han formado cuerpos de calcocina en San Rafael y Quenamari por debajo del gossan. Los clavos de mineral en los sulfuros primarios son discontinuos e irregulares de 30, 50 y 100 m. de longitud, excepcionalmente hasta 300 m. de largo por 13 m. de ancho. La alteración hidrotermal es débil.

Hay un marcado zoneamiento mineral en Quenamari, plomo - zinc - plata hacia los bordes y cobre - estaño hacia el centro; en San Rafael, cobre en la parte superior (3% Cu, 0.5% Sn) y estaño en la parte inferior (2% de Sn, 0.5% Cu). Asimismo se evidencia un incremento de mineral de plomo, plata y zinc hacia los extremos norte y sur de las estructuras principales. El incremento de los valores de estaño en profundidad está en relación directa con el aumento del tamaño de los cristales de casiterita.

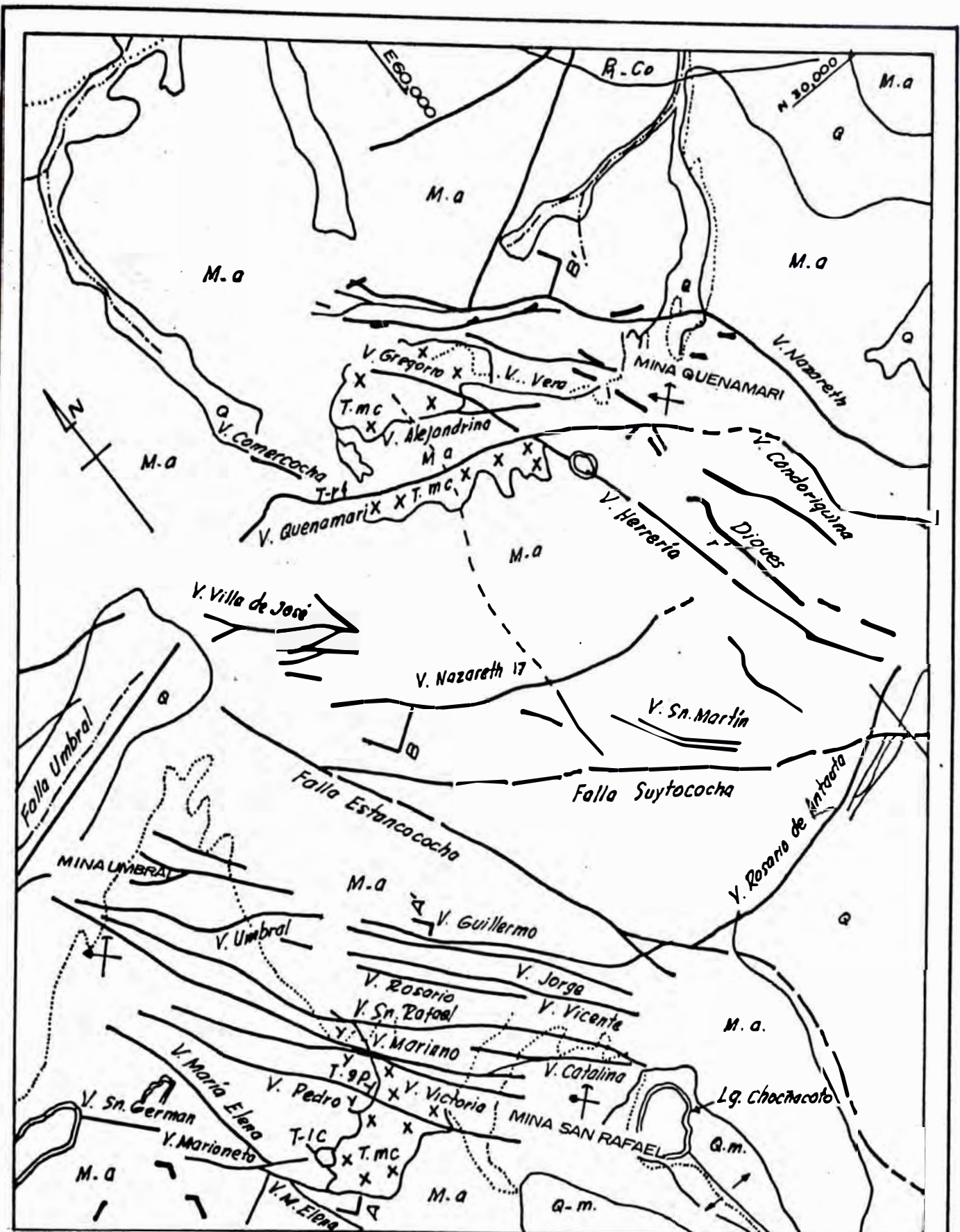
El intrusivo, la clorita acompañada de cuarzo, arsenopirita y fluorita, las uniones o ramales en la parte sur de los cimoides compuestos, los cambios de rumbo cercanos al norte y los cambios de buzamiento hacia la horizontal son controles favorables para encontrar los clavos o cuerpos de mineral. La casiterita se encuentra indistintamente en las pizarras y en el intrusivo, pero hay diferencias en el tamaño y persistencia de los cuerpos mineralizados en cada una de estas rocas.



DISTRITO MINERO SAN RAFAEL - PUNO

PLANO DE UBICACION

TESIS DE GRADO
F. BRESCIA M.

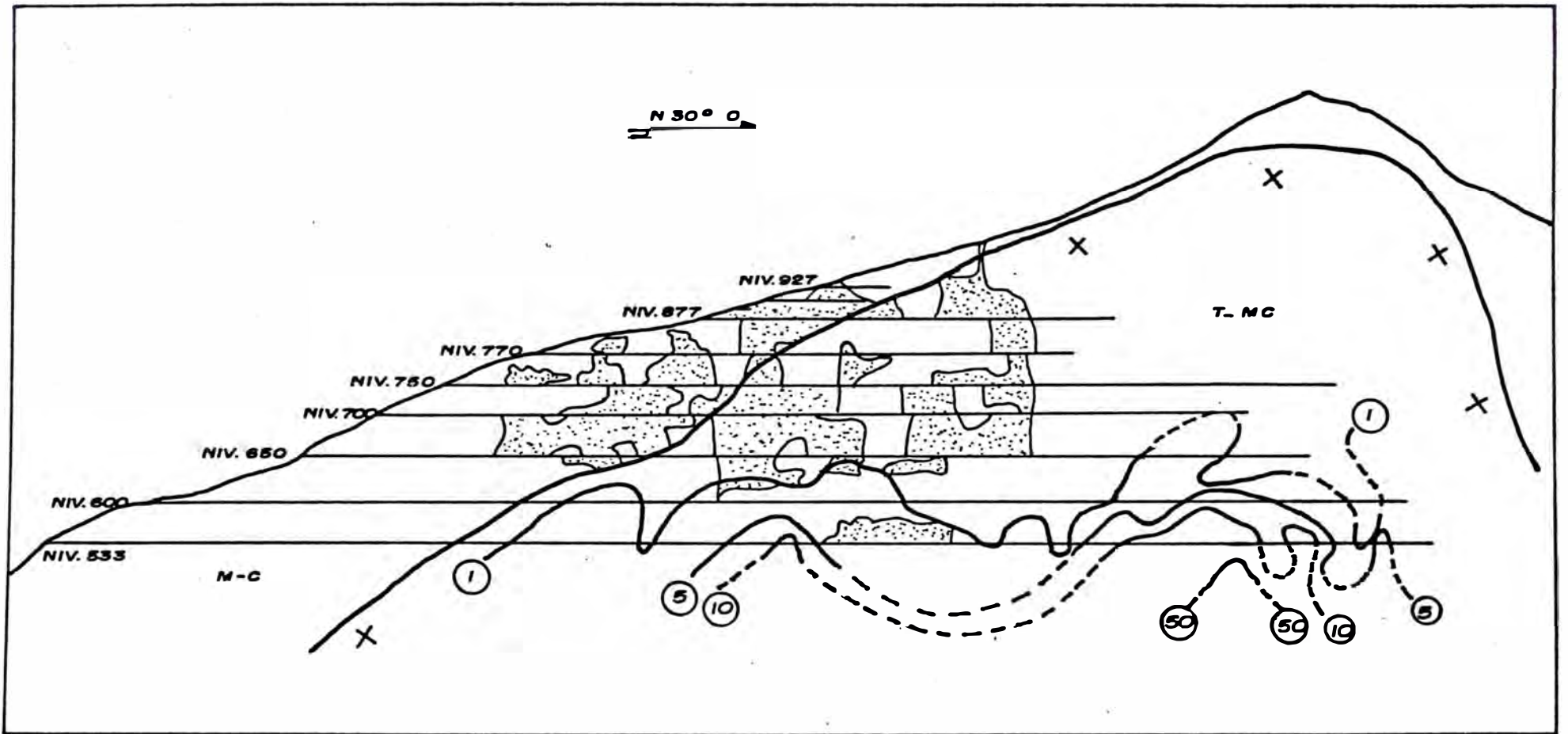


LEYENDA

- a Aluvial morrenos
- T-IC Terciario Intrusivo-Mioceno-Latita Cuarcifera-Riodacita
- T-9p Granodiorita Perirítica
- T-mc Monzonita Cuarcifera
- R-co Paleozoico Superior Grupo Copocabana
- M-a Grupo Ambo

DISTRITO MINERO SAN RAFAEL
PUNO
PLANO GEOLOGICO

TESIS DE GRADO
 F. BRESCIA M.



MINA SAN RAFAEL
COCIENTES METALICOS SN/CU

TESIS DE GRÁDO
 F. BRESCIA M.

DEPOSITOS ESTANNIFEROS EN EL PERU

Además de la Unidad San Rafael, podemos referirnos a los siguientes yacimientos:

1.- Condoriquiña.- El depósito estannífero de Condoriquiña se halla en el Distrito de Ananea (Prov. de Sandia - Dpto. de Puno), a 5,125 m.s.n.m.; se halla en la extensión nor-occidental de la faja estannífera boliviana hacia el territorio peruano; ya que el Nevado Ananea constituye el extremo nor-oeste del Nudo o Cordillera de Apolobamba que enlaza las Cordilleras Real y Muñecas de Bolivia con la Cordillera de Carabaya en el Perú.

El mineral Condoriquiña está situado a 14 km. al norte de Poto y a 10 km al SSE de Cuyocuyo; estando conectado por una carretera de 180 km. con Tirapata, estación sobre la línea del FF.CC. de Puno a Cusco.

En la región de Condoriquiña afloran pizarras y cuarcitas metamorfizadas que están en relación directa con los estratos de igual carácter litológico al Norte de Sandia y en el valle de Tambopata. Esta formación ha sido intruída por granitos y granodiori-

tas que en términos generales los estratos ordovicicos en Condoriquiña afectan una estructura anticlinal cuyo eje corre aproximadamente NNW a SSE; pero en el flanco noroeste se pueden observar importantes dislocaciones. A lo largo del eje corre una intrusión cuarcítica y masas aisladas de granito; otras de esta última se hallan también en el área de pizarras y cuarcitas sedimentarias. La línea de contacto entre estas últimas y el batolito es sinuosa.

Existen solo dos pequeños socavones, y faltando sondajes diamantinos, no se tiene suficientes datos para acometer una evaluación del depósito y calcular sus reservas.

2.- Nevado de Ananea (distrito de Ananea).- Los depósitos fluvio-glaciales que se extienden desde el pie del Nevado de Ananea hacia Pampa Blanca y Poto contienen cierta cantidad de casiterita cuyo origen se halla en el Cerro Ananea; quedando aún en duda si se trata de depósitos ocultos por el glaciar o si ellos ya están erosionados.

3.- Poto (Distrito de Ananea).- Según se ha mencionado más arriba se obtiene en la explotación del oro de los depósitos detríticos de Poto Casiterita como producto adicional. El rendimiento en estaño varía de año en año, dependiendo del sector que se explota. Se ha

estimado una ley de hasta 2 ks. de casiterita por metro cúbico de concentrado detrítico según L.F. Aguilar Condemarín, 1938.

3.- Anccocala (Distrito de Ananea).- Los depósitos fluvio-glaciares de Anccocala contienen igualmente casiterita cuyo origen es similar al de una muestra tomada en este yacimiento, dió 7.37% de W y 14.72% de Sn y oro nativo.

4.- Huarasalani (Provincia de Sandia).- En las arenas fluviales, río Limbani, cerca a Huarasalani, se han constatado la presencia de casiterita molida que procede probablemente del granito que aflora en la vertiente oriental de Paso de Aricoma.

5.- Vilque Chico (Distrito de Mocho; Provincia de Huancané).- Según A. Raimondi, (1978) cerca a Vilque Chico hay un yacimiento del que se obtuvo 3 muestras de estaño, una de casiterita y dos de Plumbostanita (sulfuro de plomo, estaño y antimonita).

6.- Mina Rosario (provincia de Lampa).- Se encontró estaño asociado al cobre (estannina).

7.- Milagro de San Judas Tadeo (Distrito de Cabanillas Prov. Lampa)

En la mina de San Judas Tadeo, ubicada en la Quebrada Cachaña, cerca de Cabanilla, se ha constatado, según el Ing. R. Robiliard la presencia de sulfuros de estaño (Estannina).

8.- Cerro Pataoca y Accoabina (Distrito de Vilque, Provincia de Puno).- T. Olaechea, se refiere a la presencia de estaño en este cerro diciendo: "Señalando posteriormente el Ing. adscrito al Departamento de Puno Sr. Carlos Posth, casiterita en los cerros Pataoca y Accoabina del distrito de Vilque; en cada uno corre un filón de casiterita cristalizada, cuyo criadero es una ganga cuarzosa".

DEPARTAMENTO DE APURIMAC

9.- Pachaconas (Provincia de Antabamba).- Según el Ing. Velarde, en el Cerro Quilca (Distrito de Pachaconas), hay filones auríferos con contenidos de estaño.

DEPARTAMENTO DE LIMA

10.- Canta (Provincia de Lima).- Steinmann, 1929 p. 356, menciona menas de estaño en Canta.

DEPARTAMENTO DE PASCO

11.- Cerro de Pasco.- Obtenido el estaño como sub-producto de la fundición de Oroya.

Posiblemente se trata de casiterita acicular de origen epitermal. Se ha identificado como casiterita en los cuerpos mineralizados de plomo y zinc argentífero. Además se presenta algo de casiterita en las chimeneas de pirrotina, SFe dentro del cuerpo de pirita en Cerro de Pasco. (Cerro de Pasco Co., 1950).

DEPARTAMENTO DE ANCASH

12.- Tambillos (Distrito de Chavín).- Según A. Raimondi (1873), a 7 kms. antes de llegar al portachuelo de la Cordillera nevada en el camino de Chavín a Recuay se halla la hacienda mineral de Tambillo donde se benefician los minerales de plata, de la mina llamada de Artola, situada a 5 kms. de distancia. En el mismo cerro existen otras minas, de las que son principales: El Manto, la Veta Grande, San Francisco y Alvarado. Los minerales metálicos de esta mina constan de pavonados (sulfuro de cobre y antimonio, más o menos ricos en plata), de pirita y de pacos. Parte de estos minerales se benefician en la hacienda

de Machac, a 7 km. más abajo de Tambillo".

"Los pavonados de la mina Artola se descomponen con facilidad en la misma mina y es muy corriente ver muestras cristalizadas de tetraedros, cuyos cristales, aunque conservan su forma se hallan completamente descompuestos hasta su centro y transformados en antimoniatos de color ferruginoso. Esta descomposición es causada sin duda, por el estaño que contiene este pavonado". (A. Raimondi, 1913 p. 153).

13.- Cajatambo (Provincia de Cajatambo).- Sin precisar el lugar, T. Olaechea (1905), dice que los Ingenieros Fuchs y Gamarra obtuvieron una muestra con estaño, procedente de Cajatambo.

DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA

14.- Santa Cruz (Provincia de Santa Cruz).- Cerca a la ciudad de Santa Cruz, se han encontrado evidencias de la existencia de estaño, pero no se proporcionan mayores detalles.



MAPA DEL PERU

YACIMIENTOS DE ESTAÑO

ESCALA 1:8'305,000

CAPITULO II

MINERIA DEL ESTAÑO

METODOS DE MINADO

La minería es hoy una ciencia de rápidos cambios en ingeniería y economía. El método de minado y equipo debe ser hecho especialmente para cada depósito ya que aún las mejores reservas han podido ser, y podrían todavía ser, arruinadas por técnicas impropias de minado. El método escogido dependerá principalmente de la naturaleza geológica de las reservas de mineral.

VETA PRIMARIA DE CASITERITA - MINADO SUBTERRANEO

Los depósitos primarios de mineral son del mineral más rico ya que no han estado sujetos a la disgregación y dilución. Los depósitos cercanos de superficie más conocidos se han agotado ahora con el resultado de que tales reservas se han trabajado por métodos subterráneos de minado.

El minado subterráneo requiere la abertura de una galería o pique a partir del cual se perforan en el cuerpo de mineral las galerías (túneles). El mineral es perforado y violado en tajos de donde es atravesado por vagones a lo largo de las galerías,

juntado y transportado a través del acceso a la superficie. El mineral y la roca estéril asociada pasan entonces a través de una planta de chancado y molienda donde son pulverizados y pasados a una planta de tratamiento que separa la casiterita de los otros minerales asociados no deseados.

Por efectos del transporte subterráneo el volumen del mineral tratado por una mina subterránea es por necesidad menor que una mina promedio a cielo abierto. Además, por las condiciones complejas de trabajo, perforación y voladura, y los requerimientos más complicados como son chancado y tratamiento, los costos por yarda cúbica son muy altos para este tipo de minería. Por lo tanto, las reservas de mineral necesitan ser de una ley mucho más alta.

DEPOSITOS ALUVIALES - MINERIA A CIELO ABIERTO

Es mucho más fácil explorar y definir un depósito aluvial; ya que tales depósitos están en la superficie y no son de gran profundidad, por lo tanto es posible performar con más facilidad y determinar el volumen comercial. En total hay tres tipos de minado para la casiterita aluvial.

DRAGADO

El dragado es esencialmente una gran usina de tratamiento de mineral, pesando varios cientos de toneladas, flotando en una dehesa (laguna), cualquier cosa hasta un tercio de una milla de ancho y mil pies de largo. Un dragado moderno costará en la región de E 5.0 millón y será capaz de manejar aproximadamente tres cuartos de millón de yardas cúbicas de tierra por mes. Por su gran capacidad, todo el costo por yarda cúbica tratada es probablemente inferior que de cualquier otra forma de minado con el resultado de que se puede realizar una ganancia sobre la tierra que promedie bajo las 0.10 libras de casiterita por yarda cúbica. Esto es menos de 0.01% de mineral y es 100 veces menor que la ley necesitada para minado subterráneo.

La excavación de dragado más profunda en Malasia puede excavar unos 170 pies debajo de la superficie. Sin embargo, rebajando el nivel del agua en la dehesa, esta unidad ha llegado a profundidades de 220 pies. Existen severos problemas técnicos a tales profundidades, ya que el dragado puede peligrar por deslizamientos que ocurren en las paredes laterales de la dehesa.

Cada dragado produce unas cuantas toneladas

de concentrados rough cada día variando en ley entre 5 - 50% de casiterita. Este es reunido y llevado a un shed de estaño (planta de tratamiento de mineral) donde la casiterita es separada de otros minerales pesados.

BOMBEADO DE GRAVA Y MINADO HIDRAULICO

Desde el punto de vista geológico, se debe comprender que los depósitos aluviales nacidos del agua yacen en un buzamiento de rocas estratificadas o fondo, que en Malasia es usualmente cal con un perfil muy irregular. Debido a que la casiterita es un mineral pesado, es usual que se concentre entre los pináculos de cal y bolsas. Las operaciones de dragado pueden por lo tanto, ser severamente restringidas, debido a que los grandes cucharones no pueden limpiar estas bolsas de mineral. Consecuentemente, si el depósito es suficientemente rico, se paga para descubrir todo el aluvión y exponer la capa estratificada de cal para poder ser limpiado el mineral a fondo.

El bombeado de grava logra este objetivo y tiene la gran ventaja de no emplear mucho capital. Es posible para una pequeña unidad empezar con L 200,000, que lo hace adecuado para

sociedades. Ya que el volumen de tierra que se maneja es muy pequeño, que lo logrado por el dragado, los costos por yarda cúbica minada son más altos. Un depósito seleccionado para bombeado de grava debe, por lo tanto, ser de ley más alta que el de un depósito trabajado por dragado.

El método es simple y es usado esencialmente para depósitos bajos. Se dirigen chorros de agua de alta presión al aluvión que es desintegrado, fluye a una bomba de arena y es bombeado a un "palong" o a un sluice donde la casiterita es atrapada. El palong en sí es simplemente una serie de chutes de madera en declive con rifles de madera que los cruzan. El lodo bombeado de la arena y el agua se vierten hacia el palong y los minerales pesados son atrapados detrás de los rifles y son sacados en una base regular. Se realiza el enriquecimiento en el shed de estaño.

MINERIA A CIELO ABIERTO

En la rara ocasión donde el depósito es demasiado profundo para el dragado, y aún no es de suficiente ley para garantizar el minado de cielo abierto a gran escala. Esto necesita la construcción de una cantera por métodos de minado secos usando cargadores

frontales, excavadores, camiones, transportadores, etc. y físicamente transportando el mineral seco a la planta de tratamiento donde se libera la casiterita.

SISTEMA DE MINADO ACTUAL EN EL PERU

Tenemos San Rafael, ya que es la única en trabajo y producción; actualmente el método utilizado es el de Almacenamiento Provisional (Shrinkage), cuya aplicación en la mina San Rafael está dando buenos resultados.

El éxito se refleja en los bajos costos de producción, que hacen de la explotación en general una operación económica.

El método consiste en preparar bloques de mineral de 50 a 200 m. de longitud entre dos niveles cuya altura varía de 50 a 100 m.. La longitud del tajeo está limitada por una chimenea que sirve de ventilación y servicios y otra que generalmente progresa junto con la explotación. Las chimeneas de extracción se construyen desde el nivel inferior y están espaciadas cada 5 m.. Los pilares entre el nivel de extracción y la galería de arranque de explotación tienen un espesor de 3 metros.

La perforación, tanto durante la preparación del tajeo como en el arranque, se realiza con máquinas del tipo Jack

legs. El rendimiento promedio es de 60 TM por disparo en la explotación, de los cuales aproximadamente el 60% queda almacenado provisionalmente, sirviendo de piso para próximos arranques, y el resto es extraído por las tolvas.

Una vez que la explotación llega al nivel superior, el mineral acumulado se extrae según las necesidades de la producción.

La extracción de los diferentes tajeos en la mina San Rafael está centralizada en la galería del nivel 533, desde donde se transporta mediante 2 locomotoras diesel hacia la planta de beneficio. La capacidad total de extracción es de 550 TM/24 horas, entre mineral y desmonte.

SISTEMAS DE MINADO ESTUDIADOS

Para determinar el mejor método de explotación a utilizarse en el proyecto San Rafael, la compañía ha realizado exhaustivos estudios donde se han analizado y comparado los siguientes factores:

Aplicabilidad

Productividad

Seguridad

Reducción de Costos

Costo de Inversión

Tiempo de Implementación del Proyecto

Dentro de los métodos estudiados tenemos:

Método de Tajeo Abierto.- Consiste en realizar cortes de subida utilizando puntales para andamios de perforación. El mineral roto cae al nivel inferior para su carguío y acarreo a los hechadores por unidades LHD.

Este método tiene la ventaja de que elimina la acumulación de mineral que representa capital inmovilizado.

La desventaja se presenta en las vetas con potencias superiores a 2.50 m. donde no podría utilizarse los puntales.

Otra desventaja de este método es que si no se cuenta con personal idóneo, puede resultar inseguro.

Almacenamiento Provisional o Shrinkage.- Actualmente en uso, tiene la ventaja de ser bien conocido por el personal. Para la mecanización parcial debe ser modificado en las nuevas zonas de desarrollo introduciendo las siguientes variantes:

Se hará una galería de extracción en la caja piso desde donde se harán cruceros pequeños para cortar la veta hasta delimitarla cada 15 m.; luego se corta la primera tajada en toda su longitud (100 - 200 m.). En seguida se vacía un piso de concreto de 30 - 50 cm. de espesor. Este piso servirá de plataforma de carguío, donde trabajarán las unidades LHD. Este método elimina las chimeneas de extracción y los pilares de mineral.

La preparación es rápida debido al uso de jumbos en la perforación y LHD en la extracción.

Finalmente, puede asegurarse que este método resultará altamente productivo, de bajo costo y sin problemas de seguridad.

La desventaja está en que siempre se tendrá mineral acumulado en los tajeos, pero que se puede reducir el tiempo

almacenado imprimiendo mayor velocidad a la explotación.

De los métodos estudiados consideramos que es el más indicado para su aplicación inmediata en San Rafael.

Método de Subniveles.- Este método solo puede ser empleado en zonas de vetas angostas, paralelas y cercanas o en vetas potentes que justifiquen los trabajos de preparación.

La preparación consiste de una rampa central con 20% de gradiente situado en la caja piso, para conectar 2 subniveles.

Los subniveles se preparan sobre veta y cada 20 m. de desnivel, altura que será determinada mediante pruebas de perforación de taladros con extensión (10 m.).

Los echaderos limitarán el tajeo pudiendo ubicarse cada 200 metros. La explotación se hará en retirada hacia la rampa.

Después de la voladura el mineral caerá al

nivel inferior donde las unidades LHD lo cargarán hasta el echadero.

En este método no existe mineral acumulado. La gran desventaja es que se trata de un método desconocido en la zona y requiere aún de experimentos en el terreno y bastante entrenamiento del personal, razón por la cual la compañía previamente tendrá que preparar tajeos experimentales antes de orientar sus desarrollos y preparaciones a este método.

Mecanización Parcial de la Mina.- La meta que se ha trazado la compañía es ir a una mecanización total de la mina a mediano plazo, usando el sistema de minería sin rieles "Trackless".

El presente estudio contempla una mecanización parcial de la mina con el fin de afrontar:

- a) Una reducción de costos, que se logrará aumentando la producción a 800 TM/día; y
- b) Un incremento de la velocidad de desarrollos, con miras a mejorar las reservas minerales.

Ambos objetivos serían resueltos si vamos a una mecanización usando el sistema de minería sin rieles "Trackless",

el cual, por estudios preliminares, parece ser aplicable con éxito.

En líneas generales, la operación consiste en desarrollar galerías y rampas utilizando en la perforación máquinas Jumbo que tienen la ventaja de ser flexibles y veloces en su desplazamiento de un frente a otro.

El material roto es cargado, transportado y vaciado en los echaderos de mineral o desmonte utilizando unidades móviles denominadas LHD, tipo scoop-tram y camiones de bajo perfil y locomotoras.

SERVICIOS AUXILIARES

Ventilación.- La utilización de equipo para el sistema trackless hace necesario el uso de ventilación forzada para mantener el ambiente limpio y obtener las ventajas que la minería sin rieles nos ofrece.

Según las especificaciones el personal que labora en una mina debe tener un flujo de aire que varía de 50 a 500 p.c.m. por cada uno y el equipo diesel debe tener un flujo de aire de 100 p.c.m., por cada caballo de fuerza (HP) del motor, más el factor

de altura.

En nuestro caso, vamos a considerar 300 p.c.m. por cada hombre y por factor altura (4,500 m.s.n.m.) 50% adicional, con lo que se ha estimado en forma preliminar un requerimiento de 67,000 p.c.m..

Aire Comprimido.- Actualmente se cuenta con 3 compresoras IR de 1,000 p.c.m. cada una y las necesidades son de 3,000 p.c.m..

Si consideramos que para la ampliación de la producción a 800 TM/día se va a necesitar mayor número de perforadoras y que además van a entrar en operación 2 jumbos, el requerimiento de aire se incrementará en lo siguiente:

- 4 máquinas perfordoras c/u 120 p.c.m.	480 p.c.m.
- 1 Jumbo 280 p.c.m.	<u>280</u>
	660
- Por factor altura 50%	<u>330</u>
Total Requerimiento	990 p.c.m.

En consecuencia, se hace necesario la adquisi-

ción de una compresora de 1,000 p.c.m., procurando la standarización.

Agua de Perforación y Drenaje.- Actualmente la compañía está proyectando captar agua mediante tubería desde una laguna cercana al nevado Quenamari.

El volumen y presión que requieren los Jumbos serán ampliamente satisfactorios.

En cuanto al drenaje de las galerías, éstos se realizan por medio de cunetas aprovechando la gradiente.

CAPITULO III

METALURGIA DEL ESTAÑO

PRINCIPIOS GENERALES

La concentración Gravimétrica es indudablemente el método fundamental de recuperar minerales de casiterita. El método de Concentración Gravimétrica depende de relativo movimiento de las partículas de diferentes gravedad específica en un fluido que puede ser aire o agua. Las dos concentraciones básicas consideradas en este proceso son:

a) Concentración debido a la sedimentación diferencial en un fluido. La concentración gravimétrica utilizando este proceso es obtenida llevando una pulpa espesa a un lugar o depósito donde la sedimentación ocurre.

Los principales factores que se deben considerar en la sedimentación diferencial son:

- 1) La diferencias de densidades en el mineral.
- 2) Tamaño de las partículas.

La eficiencia de la concentración gravimétrica por la sedimentación diferencial aumenta con la mayor diferencia en

la densidad del mineral, y con el tamaño de las partículas en las pulpas densas (las partículas gruesas se comportan conforme a la ley de Newton para flujos turbulentos las cuales tienen un mayor grado de sedimentación que las partículas pequeñas que se mueven en un flujo laminado obedeciendo a la ley de Stokes. En la práctica un cerrado control de la alimentación es requerido a fin de hacer el proceso de concentración básicamente dependiente de la gravedad y no del efecto del tamaño de las partículas.

La más importante máquina utilizada para la concentración por sedimentación es el JIG que usualmente procesa tamaños gruesos (25 mm - 75 m).

2) Concentración en "Flowing Film" el principio de concentración importante en este proceso es que la velocidad de un "flowing film" es 0 en la superficie estacionaria y crece proporcionalmente con la distancia de esta superficie. El equipo importante para esta concentración esta constituido por las mesas.

TRATAMIENTO DE DEPOSITOS ALUVIALES

El procesamiento de los depósitos aluviales varían grandemente dependiendo, sin embargo, si se debe utilizar un dragado o un minado hidráulico. En el caso de un minado hidráulico las gravas estanníferas son bombeadas a grizzly el cual elimina el sobre tamaño. El producto remanente es clasificado en un producto grueso y uno fino; el producto grueso es tratado en sluice, mientras que los finos después de ser deslamados en ciclones son tratados en Jigs.

En caso de dragado las arenas o gravas son enviadas a un trommel el cual elimina el material muy grueso. Como primera operación el producto del trommel es tratado en Jigs; luego este producto es transportado a la planta estacionaria en tierra firme, finalmente los concentrados obtenidos son tratados por el proceso magnético a fin de separar la ilmenita, silcon, etc.

TRATAMIENTO DE MINERAL PRIMARIO

Como hemos mencionado ya la concentración de casiterita por el método convencional gravimétrico se ve dificultada por la formación de lamas. Por esta razón no es recomendable una sobre

molienda en el caso de granos gruesos de casiterita.

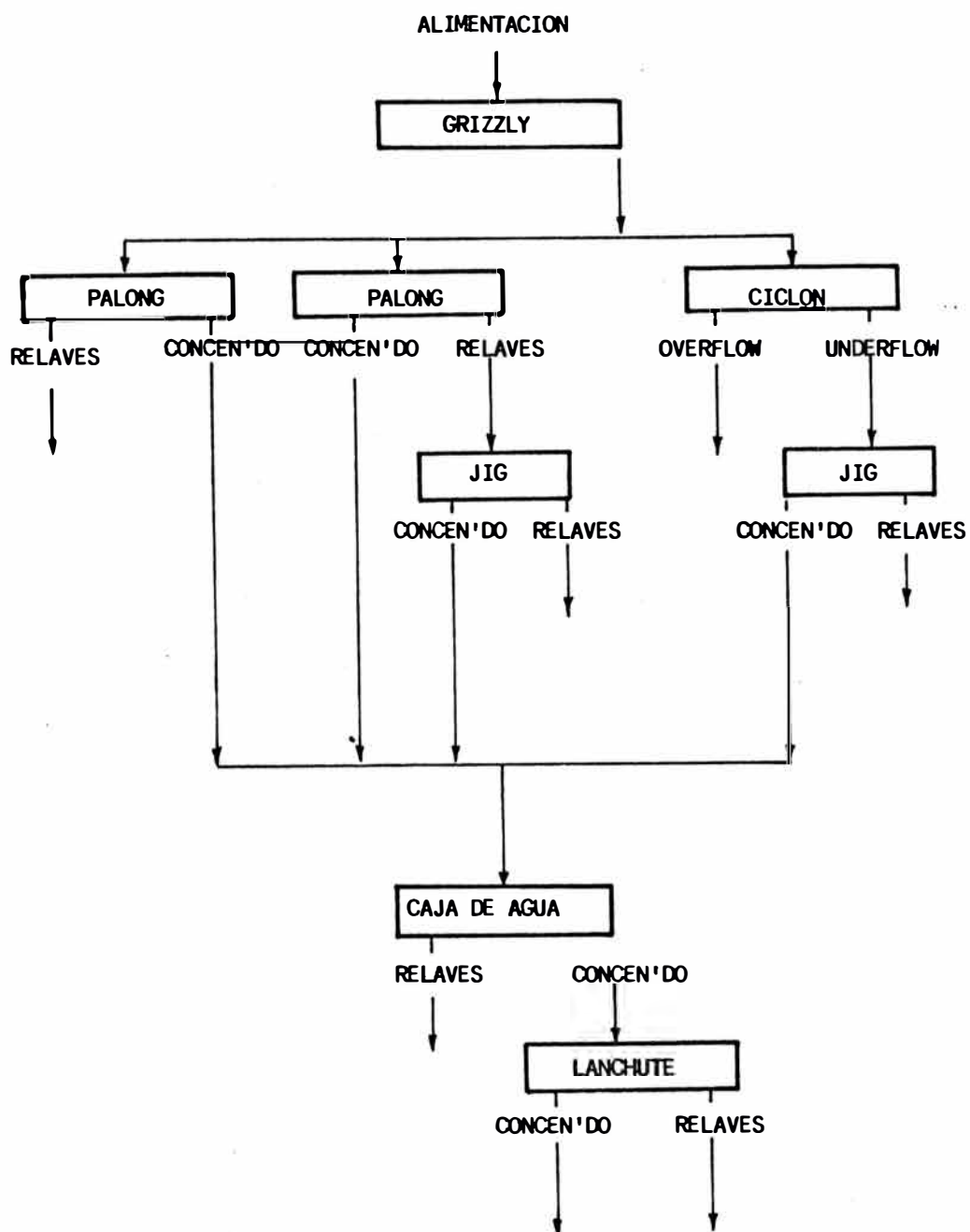
De acuerdo a esta exigencia es recomendable lo siguiente:

- 1) En orden a evitar la producción de lamas el proceso debe incluir varias etapas de chancado y molienda.

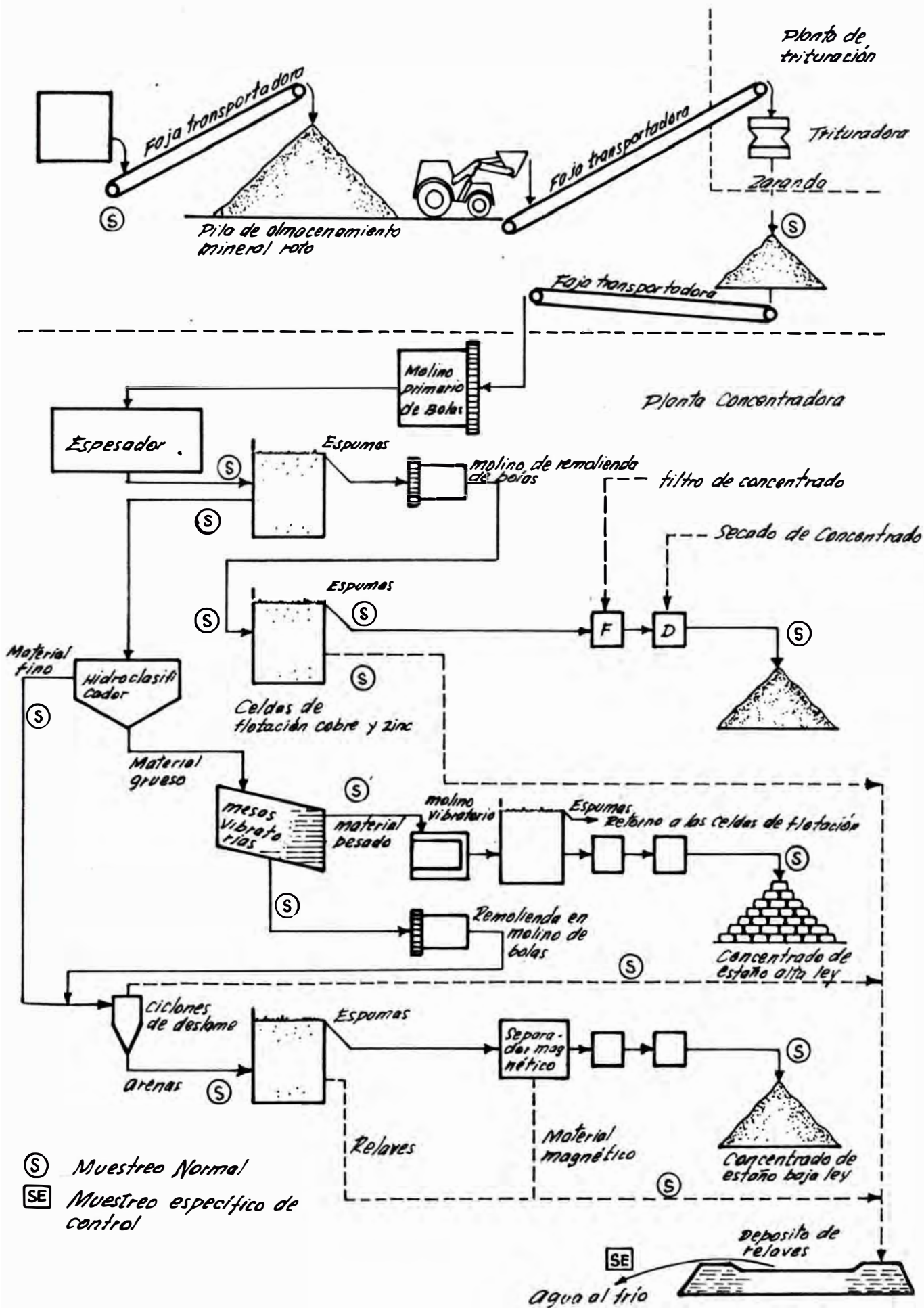
- 2) El equipo que mejor se presta para este objeto son las chancadoras de cono y las de rodillo. Los molinos de bolas tienden a producir lamas de estaño.

- 3) Con el objeto de recuperar la casiterita en tamaños pequeños (lamas) un flow sheet debe incluir un circuito de flotación.

DIAGRAMA DE FLUJO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE GRAVAS ESTAÑIFERAS



FLUJOGRAMA DE LA PLANTA CONCENTRADORA DE LA MINA WHEAL JANE (CORNWALL INGLATERRA)



FLUJOGRAMA SIMPLIFICADO DEL TRATAMIENTO DE LODOS, EL EQUIPO DE DENSIFICACION Y CIRCUITO DE SEPARACION DE LAMAS SE HAN OMITIDO.

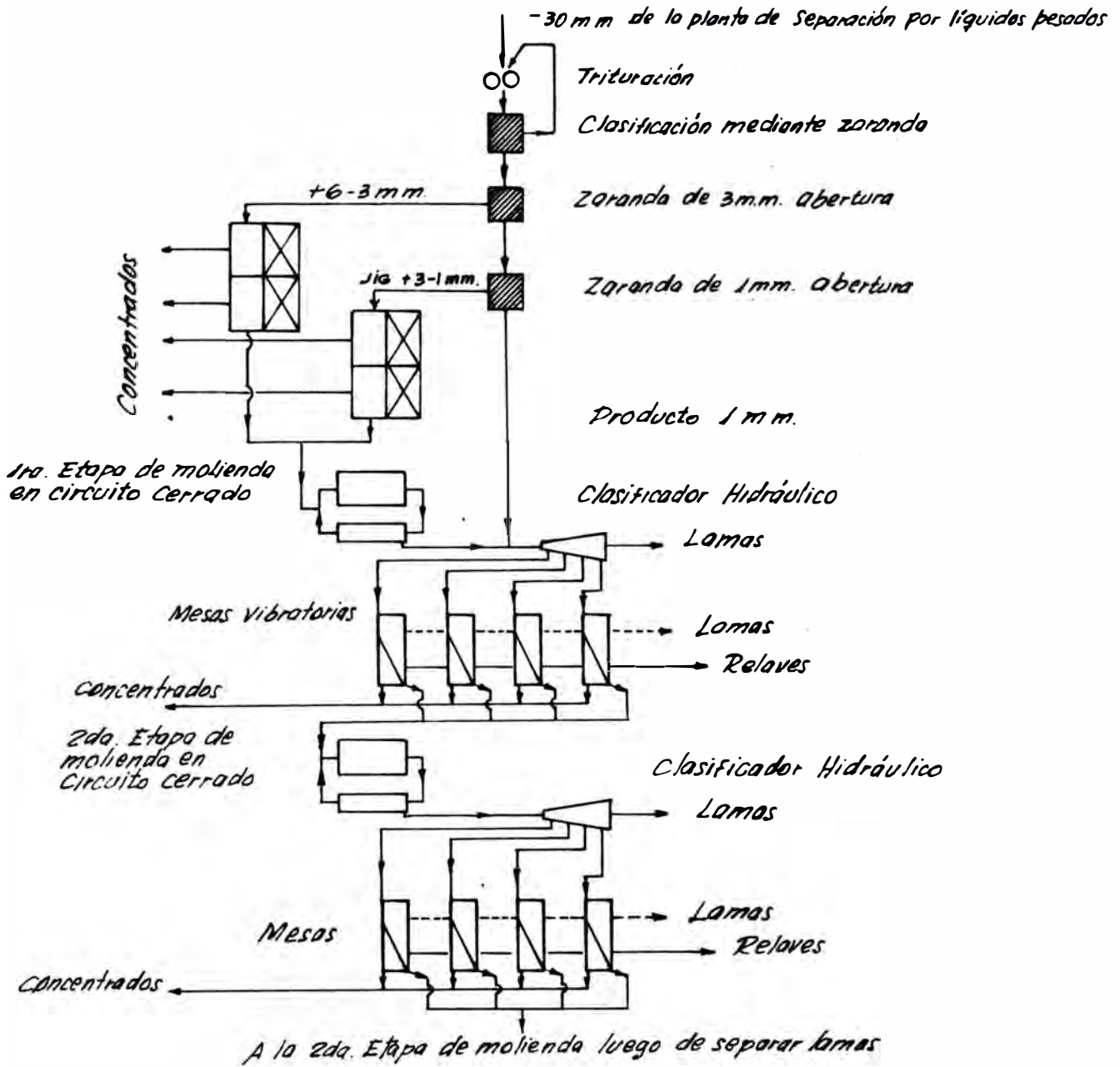
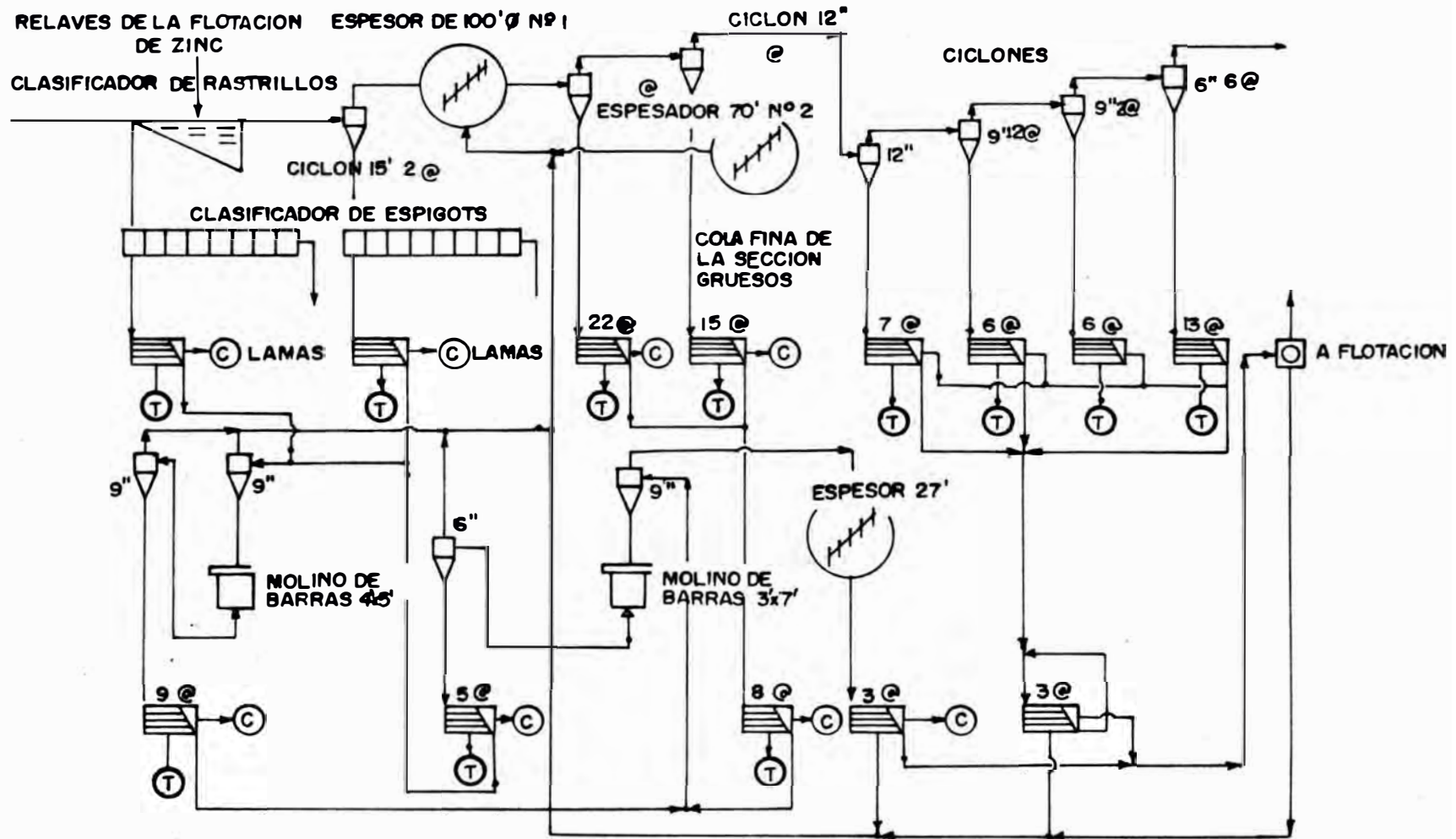


DIAGRAMA DE CONCENTRACION GRAVIMETRICA DEL ESTAÑO



SECCION DE TRATAMIENTO DE GRUESOS EN MESAS VIBRATORIAS (WIFLEY)

SECCION DE TRATAMIENTO DE FINOS EN MESAS VIBRATORIAS (JAMES)

- Ⓢ CANTIDAD DE EQUIPO
- Ⓢ CONCENTRADO FINAL
- Ⓢ A LA PLANTA DE RETRATAMIENTO
- Ⓢ COLA FINAL

FLOTACION DE CASITERITA

La flotación de casiterita en la actualidad se va extendiendo como método de recuperar las partículas finas de casiterita.

Las investigaciones básicas datan de la segunda guerra mundial, cuando los alemanes iniciaron la flotación de casiterita con ácido oleico. Desde entonces las investigaciones se han extendido, sin embargo, muy pocos progresos han sido dados para el conocimiento del mecanismo básico por el cual ciertos conectores hacen a la casiterita flotante.

Las experiencias han descubierto una variedad grande de nuevos colectores de los que los podemos reducir a los siguientes:

REACTIVO	PRODUCTOR	COMPOSICION	PH	REACTIVOS COMPLEMENTARIOS
SM-119	Mitsubishi	Acido p-tolilarsónico (PTAA)	5.5-6	H ₂ SO ₄ , Na ₂ SiO ₃ , NaF, MIBC, NaOH
AP-845*	Cyanamid	N-(1,2-dicarboxietil) N-octadecil sulfosuc cinamato	2.3-3.3	Ac. Cítrico, Fluosilicato Na, H ₂ SO ₄ CMC
Procol R540	Allied Colloids	Un Sulfosuccinamato	2.3-3	H ₂ SO ₄ , Na ₂ SiO ₃ , Na ₂ CO ₃ , MIBC Petroleo Diesel.
N M-50	URSS	Alquil hidroxamato	6	Acido Oxálico, HCl
Acido Oleico	Varios	Acido Oleico	6	Kerosene
Tall Oil	Varios	Fracción de Acido grado de tall oil	4.5-5	Ac. oxálico o acético, Na ₂ SiO ₃ Alquil sulfato
HPA		Acido heptil fosfónico	6.5	Na ₂ SiO ₃ , H ₂ SO ₄
RD-2852F		Acidos x-sulfocarbo xílicos	8-3.8	
		Salicil aldehido	6-7	Petróleo Diesel, SW ₄ (espumante de Float Ore Ltd.)

* Antes Aerosol 22

Como ejemplo citaremos los reactivos usados en las 4 minas más importantes en actual trabajo:

MINA RENISON

<u>Reactivo</u>	<u>Kg/T</u>
SM-110	0.404
MLBC	0.006
NaOH	0.110
H SO	2.0

MINA UNION

<u>Reactivo</u>	<u>Kg/T</u>
PTAA	0.46
H SO	1.71
NaSiO	0.81
NaF	0.80
Aerofroth 65	----

MINA WHEAL JANE

<u>Reactivo</u>	<u>Kg/T</u>
R-540	0.66
MIBC	0.020
H SO	2.0
NaSiO	0.25
FUEL OIL	0.04
NaCO	4.0
Ac.Citrico	0.15

MINA SOUTH CROFTY

<u>Reactivo</u>	<u>Kg/T</u>
HPA	0.25
HF	0.50
AMINA 220/	0.025
DUOMACT	
NaSiO	0.12
Acido Oleico	0.06

PROBLEMAS METALURGICOS

El problema de la metalurgia del estaño es la baja recuperación del orden del 50% del contenido fino de estaño que se extrae de las minas.

Una mayor recuperación de contenido metálico resulta irrecuperable por medio de los sistemas gravimétricos que se encuentran actualmente en uso en las plantas de recuperación del mundo. Los minerales de estaño de yacimientos primarios que se explota, pertenecen al grupo de minerales no ferrosos del génesis microcristalina, que mayores dificultades presentan al beneficio por gravedad en agua a causa de un bajo contenido metálico, a la enclavadura generalmente fina de la casiterita en otros minerales, a ciertas propiedades semejantes a la de los minerales acompañantes, lo que da lugar a un comportamiento parecido durante la separación, a la frecuente presencia de lamas perjudiciales y a la fragilidad de la casiterita que tiende a ser sobremolida.

Consiguientemente, es de importancia crucial para el estaño elevar la productividad de las plantas de recuperación empleando nuevos métodos de concentración que sin suplantarse los proce-

dimientos gravimétricos, entren en combinación con los mismos y los complementan.

En el estaño actual de la metalurgia, la flotación de la casiterita y la volatilización del estaño, son métodos que constituyen la única alternativa disponible para lograr una "combinación de procedimientos de concentración" que permita la recuperación de una parte significativa del estaño de desperdicio que actualmente se elimina en colas y relaves.

Indudablemente son todavía necesarias amplias investigaciones para dominar suficientemente la flotación de la casiterita. Sin embargo, ateniéndose a los propios trabajos de investigación, se puede dejar sentado, como un hecho de interés fundamental para la minería del estaño, existen procedimientos de flotación suficientemente desarrollados en escala industrial para producir a partir de menas desde 0.3% de Sn., concentrados útiles de 5% a 8% con una recuperación de 80% a 90%.

El enriquecimiento de estos productos de flotación de baja ley por procedimientos gravimétricos sólo es posible, sin embargo, a cambio de una disminución ruinosa de la recuperación.

Se debe buscar, pues, nuevos rumbos en la concentración. Los procesos de volatilización del estaño se ofrecen en este punto por su alta productividad - tienen de 90% a 95% de recuperación -, como la mejor solución para obtener a partir de productos de baja ley - de 5% a 10% de Sn -, concentrados de 45% a 50% especialmente aptos para la fundición.

Conviene, sin embargo, tener presente que el método gravimétrico es todavía la forma más económica de concentración del estaño y que allí donde su aplicación permita obtener concentrados útiles de alta y/o baja ley con máxima recuperación, debe ser utilizado como base de la "combinación de procedimiento" de la planta. La flotación y la volatilización tienen el carácter de métodos complementarios para tratar aquellos minerales de estaño que ya no respondan al método gravimétrico. En todo caso, habrá que buscar en cada mina, los puntos óptimos de utilidad estudiando las relaciones que se establecen entre recuperación, ley y precio del mineral.

Ahora bien, en el estaño el problema no sólo radica en introducir nuevos procedimientos de concentración, sino en acrecentar la productividad de las plantas de beneficio en actual - trabajo.

Bajo esta orientación, la política metalúrgica de las compañías productoras de estaño, podría asentarse en las siguientes bases:

1.- La flotación de la casiterita debe servir para producir con la máxima recuperación concentrados de baja ley (5% a 10%) a partir de minerales finos y complejos o de colas, descartes y relaves que ya no responden al tratamiento gravimétrico.

2.- El enriquecimiento térmico de concentrados de baja ley (5% a 10%) obtenidos por procedimientos de volatilización industrialmente aptos y económicos. La lixiviación resulta inaplicable en el estaño en términos económicos por la carencia de una industria química desarrollada.

3.- Los productos de volatilización y los concentrados de alta ley obtenidos por procedimientos gravimétricos serán fundidos por los sistemas convencionales de reducción de la casiterita.

La mayor producción que resulte del incremento de la recuperación tendrá un costo libre del costo-explotación mina puesto que, como resulta obvio, la mayor recuperación que se espera obtener no supone el aumento del volumen de carga extraído de la mina.

Las reservas positivas aumentarán significativamente con los contenidos finos de colas, descartes y relaves y en general la introducción de nuevos procedimientos de concentración permitirá prolongar la vida de las minas haciendo posible la explotación de yacimientos que con los actuales sistemas de beneficio resultan anti-económicos.

A la luz de sus conclusiones la combinación Concentración Gravimétrica - Flotación - Volatilización - Fundición (G.F.V.F.), representa la solución metalúrgica y económica integral del tratamiento de menas estañíferas.

FUNDICION - REFINACION

La producción mundial anual de estaño excede a 200,000 toneladas largas, y al presente, la demanda es superior a la oferta. Parte de este requerimiento, o sea, aproximadamente 20% se provee con estaño secundario que se recupera de la hojalata. La razón para la deficiencia entre la oferta y la demanda tiene su origen en que el estaño es un elemento relativamente raro, si se lo compara con otros metales básicos como ser fierro, cobre, zinc y plomo. Las principales fuentes de minerales estañíferos están ubicadas en las islas Malayas, Bolivia, Tailandia, Congo Belga, Nigeria, Burma, China y el Imperio Británico. Bolivia tiene los únicos yacimientos estañíferos de importancia en el Hemisferio Occidental. La extensión de las reservas estañíferas en Bolivia son difíciles de establecer, pero, se puede tener una idea de su magnitud al considerar que la cadena estañífera comprende un área que tiene aproximadamente 500 millas de longitud y 100 de ancho. Estas grandes reservas de mineral, pueden fácilmente abastecer una parte sustancial del mercado internacional por muchos años y asegurar así la provisión de este metal crítico e importante para el mundo libre.

La geología de la cadena estañífera en la parte

occidental de Bolivia, ha sido descrita adecuadamente en la literatura técnica y es perfectamente conocida por todos ustedes. Las vetas de casiterita, tuvieron en su génesis con precipitaciones e intrusiones que contenían metales tales como cobre, plomo, bismuto, antimonio, azufre, fierro, plata, zinc, tungsteno y otros. Los mineros que trabajaron durante el período colonial español los filones ricos en plata, consideraron el estaño como un material sin valor. Posteriormente, se trabajaron las vetas ricas en estaño, dejándose sin explotar los depósitos con bajo contenido estañífero. Así al presente han quedado yacimientos con leyes bajas en estaño, pero con alto contenido de impurezas. Esta declinación, se demuestra claramente al considerar que en el año 1910 se trabajan menas estañíferas con 10 a 15% de estaño y al presente algunas minas trabajan con valores aún inferiores al 1% Sn.

Las plantas de concentración están ubicadas generalmente contiguas a las minas con la finalidad de reducir los costos de transporte. La práctica de concentración consiste en utilizar métodos de concentración gravimétrica complementados con flotación de los sulfuros para limpiar los concentrados de estaño; sensiblemente, la recuperación del estaño es generalmente baja y se requiere de un vasto programa de investigación para desarrollar métodos que den mejo-

res recuperaciones de minerales progresivamente más pobres. Por ejemplo, para producir concentrados de 30 a 40% Sn se incurre en pérdidas que varían entre 18 y 65% del contenido de estaño, siendo la recuperación media, entre 50 y 60%. Consiguientemente, la producción de Bolivia dependerá en el futuro de encontrar nuevos yacimientos aún inexplorados, trabajar utilizando métodos mejorados los actuales yacimientos de baja ley, y en el tratamiento de relaves antiguos de los ingenios de concentración.

Los conocimientos para convertir menas estañíferas de baja ley o concentrados para obtener metal de alta pureza, representarían un considerable aumento eficiente en la obtención del metal. Sensiblemente, las facilidades existentes y el conocimiento técnico para manejar este tipo de material resulta inexistente, inadecuado, o que no tiene una base económica competitiva. Este problema que tiene carácter universal dió origen a mucho trabajo de investigación realizado por el Bureau de Minas de los Estados Unidos y se efectuaron estudios que cubrían principalmente el campo de la sulfurización y la clorinación de los minerales estañíferos como una alternativa a los procedimientos convencionales de fundición. Cabe hacer notar que no se obtuvieron resultados definitivos pese a que ambos procedimientos tienen amplia justificación teórica. La aplicación de camas fluidiza

das usando agentes reductores tales como hidrógeno fueron utilizadas por la Corporación Wah Chang con resultados prometedores. Otra posibilidad consiste en utilizar el llamado proceso Waelz con ciertas modificaciones utilizando reductores gaseosos, aspecto éste que necesita nuevos estudios. Otro tanto sucede con la utilización comercial del proceso de sulfurización.

Para la instalación eventual de una industria integral del estaño, el requerimiento esencial consiste en obtener un abastecimiento abundante y barato de materias primas. La explotación de reservas petrolíferas ha ido progresando desde hace muchos años.

Los problemas asociados con la minería y metalurgia de los concentrados estañíferos tienen caracteres críticos cuando se los compara con los concentrados aluviales secundarios de los yacimientos del Lejano Este, que son fáciles en su minería y fundición y dan un producto metálico de alta pureza con pérdidas mínimas. El mejorar las recuperaciones, disminuir costos a niveles competitivos y el obtener metal de calidad equivalente o superior, son todos factores íntimamente relacionados con la necesidad de desarrollar una tecnología superior que se deriva de la aplicación y el desarrollo de la investigación.

OPERACION DE LA FUNDICION DE TEXAS CITY

La fundición de estaño de Texas City fue diseñada y construída por la Tin Processing Corporation en el año 1941 para producir estaño metálico de grado A. Sin embargo, se encontró en la práctica que era necesario mezclar los concentrados bolivianos con concentrados aluviales para lograr producir metal que corresponda a las especificaciones del grado A. Esta práctica de mezcla era un requisito debido al alto contenido de plomo, bismuto y antimonio de los concentrados bolivianos, que no podían ser removidos íntegramente o económicamente por la lixiviación ácida o por la subsiguiente refinación del metal con métodos pirometalúrgicos. Para producir metal de alta pureza, utilizando cien por ciento de concentrados de estaño boliviano, se requiere una planta electrolítica para refinar el metal crudo y producir estaño metálico de grado A. La Wah Chang Corporation ha instalado una nueva planta electrolítica de refinación que está en condiciones de preparar estaño electrolítico de alta pureza con concentrados de estaño de baja ley. El presente proceso, se ilustra en la figura, que muestra el proceso empleado. El mineral cuando llega a la planta se pesa y muestrea para determinar el contenido de humedad. Después de que el mineral es pesado se muestrea por lotes y una muestra en duplicado se archiva para referencia futura.

Las dos impurezas principales que causan las mayores dificultades en el proceso convencional de fundición del estaño son el hierro y el azufre.

El problema del hierro puede ilustrarse en la mejor forma al estudiar la fundición de concentrados de estaño de alta ley. La tabla siguiente representa un balance metalúrgico del estaño y el hierro al fundir concentrados de alta ley de estaño. Cabe hacer notar que las cantidades que se fundieron fueron de suficiente magnitud para que el balance represente un estado de equilibrio.

BALANCE METALURGICO PARA LA FUNDICION DE CONCENTRADOS
DE ESTAÑO DE ALTA LEY

Concentrados Originales	100.00	71.77	1.91	100.00	100.00
		SALIENTE			
Sn Metálico Terminado	70.76	99.94	0.0015	98.53	0.06
Secundarios (escorias ricas, Cabezas duras, drosas, etc.)	0.37	63.67	22.78	0.33	4.40
Inven.fijo de la Fund.	0.26	38.87	8.26	0.14	1.12
Escoria Final	24.67	1.39	7.30	0.48	94.17
TOTAL CONTABILIZADO	96.06	74.33	1.99	99.48	99.75
TOTAL NO CONTABILIZADO	- 3.94			- 0.52	- 0.25

Cuando se trata de concentrados aluviales con bajo contenido de sílice, se agrega sílice a la carga para obtener una escoria ácida, la misma que, disminuye la tendencia de los metales licuados a atacar la cubierta refractaria de los hornos. El metal reducido se recibe en ollas de fierro fundido. Las drosas se sacan en calderas de "poling" y se cargan a los hornos en hornadas de 10,000 a 20,000 libras; estas drosas se separan de las cargas normales de mezclas de concentrados. Las drosas se alimentan al horno primario por períodos de 4 horas o más antes de descargar el estaño. En otras ocasiones, las drosas se recolectan y son comprimidas en caliente para remover el estaño metálico y entonces recién se las carga.

El horno de fundición primario se opera a 2,550^o F. y se produce una escoria rica (20 a 25% Sn) y estaño metálico crudo. Esta escoria rica consiste en parte de la carga a los hornos secundarios. El estaño metálico crudo se lo carga a las ollas donde se obtienen las drosas. El metal que se obtiene con concentrados de alta ley, es sujeto a una purificación final para obtener grado A en las ollas de droseo o refinación, mediante la adición de varios reactivos químicos que remueven los últimos vestigios de impurezas. En la práctica, las ollas de droseo sirven como recipientes para el proceso de fundir los ánodos. Los residuos de los ánodos usados en las celdas electrolí-

ticas se aumentan a las indicadas ollas después de que se les ha limpiado las lamas anódicas. De las ollas, el metal se funde en ánodos que luego son enviados a las celdas electrolíticas.

Los humos de los hornos primarios y secundario contienen polvos de óxido estánico que ensayan 49 a 68% Sn. Estos polvos se colectan mediante precipitadores electrostáticos Cottrell y se llaman polvos Cottrell. Los polvos Cottrell constituyen parte de la carga a los hornos primarios. Una aleación de alto punto de licuación de hierro - estaño se forman en el fondo de cada horno. Esta aleación se llama "fondo de hornos" (furnace bottoms). Este material se deja acumular en cada horno y se lo remueve solamente cuando un horno es paralizado y se instalan nuevas cubiertas de ladrillos refractarios. Después de disolver este mineral, el estaño se recupera mediante procedimientos químicos.

En la etapa secundaria de la fundición, la carga del horno consiste de escorias del horno primario, coque-carbón (aproximadamente 20% del peso de la escoria) y piedra caliza (aproximadamente 20% del peso de la escoria).

El horno secundario se opera a 1,650° F y se

agrega piedra caliza como fundente para mantener la escoria con alto punto de licuación en forma líquida. La escoria final que se elimina contiene menos de 1% Sn y representa menos de 0.5% del contenido de estaño alimentado. Los polvos de los humos se recuperan mediante los precipitadores Cottrel en la forma descrita anteriormente.

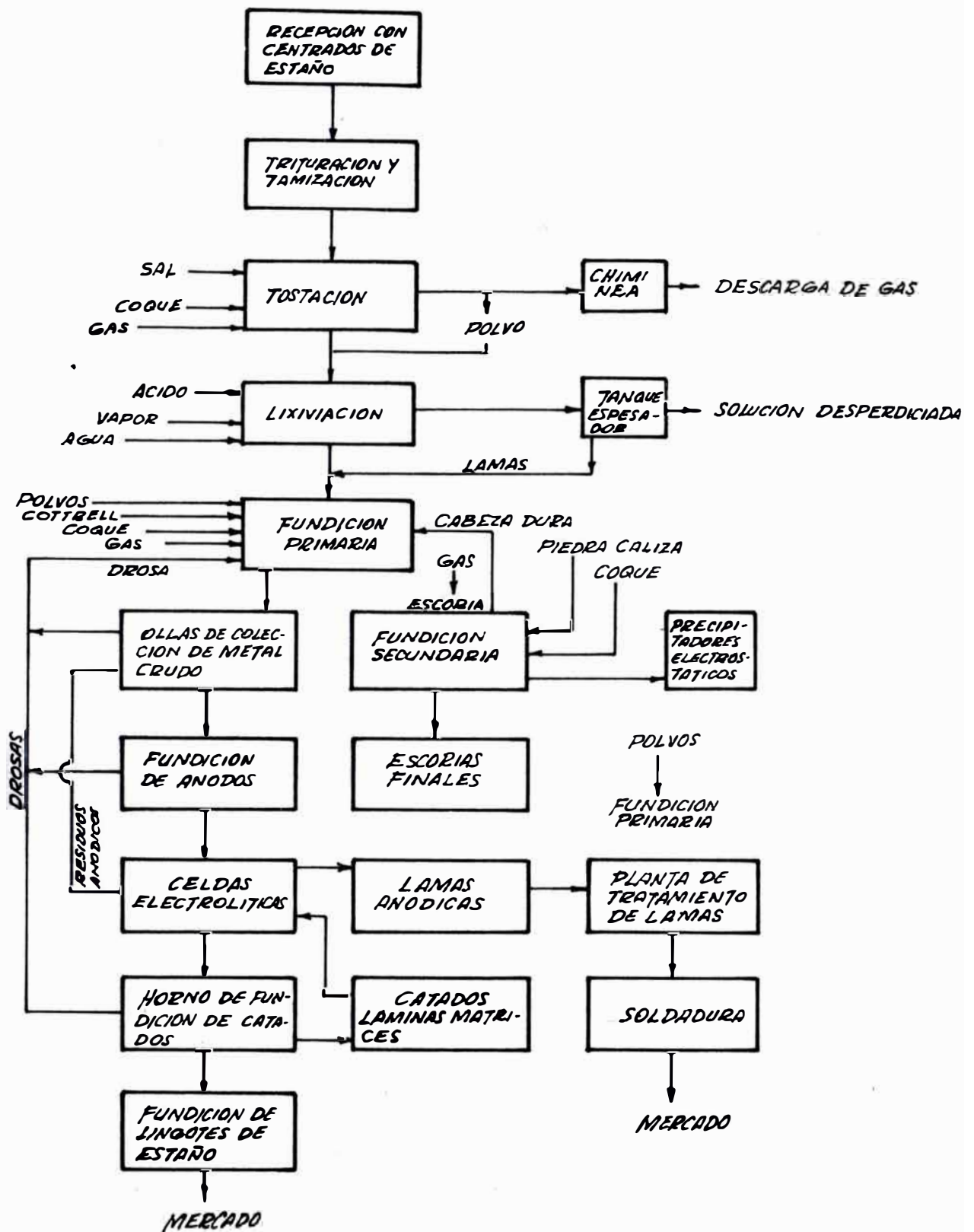
De los hornos secundarios no se descarga estaño metálico propiamente dicho. De estos hornos se descarga la aleación estaño-ferro, llamada "cabeza dura" y que ensaya 35 a 75% Sn. Estas cabezas duras constituyen parte de la carga a los hornos primarios.

El siguiente paso en la operación, consiste en la refinación electrolítica del metal crudo para obtener metal de grado A. Si se desea obtener metal electrolítico de pureza extremadamente alta, éste se lo puede obtener operando las celdas con voltajes reducidos y con bajas densidades de corriente catódica. Sin embargo, este procedimiento disminuye la capacidad total de la planta. El proceso electrolítico de refinación usado por la Corporación Wah Chang fue desarrollado íntegramente por el personal técnico de la planta de Texas City. Este proceso superior y de alta flexibilidad representa el resultado de un vasto plan de investigaciones en escala de laboratorio y de planta piloto, utilizando una amplia variedad de condiciones de

operación. Como se demuestra en la figura, el metal crudo en la forma de ánodos se alimenta a las celdas electrolíticas y se produce metal puro en forma de cátodos, mientras que las impurezas se reúnen en forma de laminas anódicas.

La planta electrolítica consiste de celdas de concreto de 10' de largo por 4' - 8" de ancho y 4' - 11" de alto. Las celdas están recubiertas con planchas de plomo antimonial de 6% en cantidad de 8 libras por pie cuadrado. Desde el punto de vista eléctrico, la planta está dividida en secciones y cada sección es atendida por un rectificador del tipo de estado sólido. Cada celda está aislada eléctricamente de las otras celdas y de tierra para disminuir las pérdidas de energía debido a escapes de corriente.

PROCESO EMPLEADO EN LA FUNDICION DE TEXAS CITY



CONCENTRACION DE ESTAÑO EN SAN RAFAEL

La concentración tiene una capacidad de tratamiento de 600 TMS por día, prevista para incrementar este tonelaje a 800 TMS por día sin cambios sustanciales.

El mineral que se procesa presenta leyes de 0.80 - 1.00% de cobre y 1.70 - 2.20% de estaño, de este mineral se obtienen concentrados de cobre con 28.00% Cu y estaño de 42.00% y 22.00% Sn, mediante concentración gravimétrica y flotación, respectivamente, siendo las recuperaciones de 85% para el cobre y 70% para el estaño.

La separación de ambos concentrados se realiza mediante las operaciones de trituración, molienda, flotación, concentración gravimétrica y flotación de estaño. Además son necesarias las operaciones de filtrado y secado para garantizar el transporte.

DESCRIPCION DEL PROCESO

El mineral procedente de la mina es recepcionado en tres tolvas, las mismas que tienen una capacidad de 350 TMS, y luego alimentado a una faja transportadora de 30" mediante alimenta-

dores vibratorios para la reducción de tamaño.

TRITURACION

La reducción de tamaño se realiza mediante tres etapas: trituración primaria de 10" a 6" en circuito abierto con el uso de una trituradora de mandíbulas 15" x 24", trituración secundaria en circuito abierto mediante una trituradora cónica symons 5100 STD reduciendo de 6" a 2" previa clasificación en una zaranda vibratoria Allis Chalmers 5' x 14' doble paño y trituración terciaria en circuito cerrado con el uso de una trituradora symons 5100 SH y zaranda vibratoria Allis Chalmers 5' x 14' reduciendo de 2" a 100% - 3/8" producto que es alimentado en dos tolvas con una capacidad de 400 TMS para luego ser alimentado al circuito de molienda.

MOLIENDA

La alimentación al circuito de molienda esta constituido por mineral reducido A - 3/8", que mediante una faja transportadora y clasificación previa se reduce en un molino de barras de 5' x 10', cuya descarga es clasificada en un ciclón de 10" ϕ , el overflow constituye el producto final con una granulometría 100% - 28"

mallas y el underflow se alimenta a un cedazo rotativo donde se separa el material fino que lleva este por arrastre mecánico. El sobre-tamaño se distribuye en dos fracciones para la reducción de tamaño en dos molinos de bolas 5' ϕ x 6' cerrando el circuito con una bomba 5" x 4" y ciclón de 10" ϕ .

FLOTACION DE COBRE

El overflow de los dos ciclones y el under size del cedazo rotativo wemco de 6' x 6' es transferido a un acondicionador de 8' ϕ x 8' previo control de la densidad a 1350 gr/litro y dosificación del colector xanthato z-11 y el espumante dowfroth 250. La pulpa es distribuída a dos circuitos de flotación que operan en paralelo y que están constituídos por un acondicionador y 18 celdas de flotación sub-A 18 Special.

La flotación de cobre se realiza mediante la separación primaria o flotación Rougher, separación agotadora (Scavenger) y una etapa de limpieza (cleaner) para lo cual se controla el pH de la pulpa entre 10 - 11 las espumas finales constituyen el concentrado de cobre.

CONCENTRACION GRAVIMETRICA

Las colas de la flotación de cobre, previo muestreo, son alimentadas al circuito de clasificación formado por dos ciclones de 10" ϕ y un clasificador hidraulico stokes de 5 spigot, donde se obtienen seis productos, con contenido de sólidos que oscila entre 22 y 32% de sólidos y se alimentan separadamente a grupos de mesas vibratorias holman de acuerdo al tonelaje obtenido en cada spigot. En cada mesa se obtienen tres productos un concentrado final, relave y mixtos o segundas. Estos mixtos o segundas previs clasificación con el uso de bombas y cedazos, se remuelen en un molino de bolas de 5' ϕ x 5' para luego continuarse con la separación de la casiterita mediante el uso de otras baterias de mesas que a su vez nos dan tres productos como las anteriores con la salvedad de que los mixtos de estas se repasan en otro grupo de mesas para preparación de lamas, de este último grupo de mesas solo se obtiene productos, concentrado y colas finales.

Todos los concentrados producidos por las diferentes mesas se colectan mediante una red de tubería para conducirlo al circuito de limpieza formado por una bateria de seis celdas de flotación sub-A 18 Special y un clasificador helicoidal de 24" ϕ , luego

de la separación de los sulfuros contaminantes por flotación en non float. constituye el concentrado final que ensaya alrededor de 42% Sn. Este concentrado es alimentado al circuito de secado previa separación de una gran parte del agua con el uso del clasificador helicoidal indicado anteriormente.

PLANTA DE FLOTACION DE CASITERITA

Como complemento al proceso gravimétrico para la separación de casiterita, el mismo que no es muy eficiente, se ha instalado una planta de separación de casiterita por flotación, tomando como carga de alimentación los relaves de la planta gravimétrica, los mismos que previamente se alimentan a un circuito de separación a 150 mallas en dos baterías de ciclones de 8" ϕ , el producto - 35 + 150 mallas que se descarta como relave final mediante un clasificador helicoidal de 36" ϕ , es objeto de un nuevo proyecto complementario para la recuperación de valores de casiterita mediante preconcentración en conos reichert y remolienda a - 150 mallas. Este producto así como la fracción del mismo rango se obtiene en el circuito de separación se alimentan al espesador de 70' ϕ donde se densifica y se recupera el agua para continuar con el tratamiento.

La pulpa procedente del espesador, con una densidad de 1100 gr/lt previo control de densidad y porcentaje de sólidos mediante un sensor de rayor gamma, con el uso de una bomba se alimenta a una batería de ciclones de 4" ϕ cuyo overflow se vuelve a ciclonar en otra batería de ciclones de 2" ϕ para eliminar el material ultrafino menos a 10 micrones, el underflow de ambas baterías de ciclones se acondiciona en dos acondicionadores 6' ϕ x 6' en serie para luego realizar la separación de sulfuros en un banco de 10 celdas de flotación sub-A Nº 21, con el uso de xanthato z-11 como colector y dowfroth 250 como espumante a pH 7 aproximadamente. El non-float libre de sulfuros con el uso de una bomba se alimenta al circuito de deslame secundario en ciclones de 4" y 2" ϕ cuyo overflow se descarta como colas finales y el underflow pasa a la etapa de flotación de casiterita previo acondicionamiento con aero promoter 845 (colector), Metil isobutil carbinol (MIBC, Espumante), silicato de sodio (dispersante), Acido sulfúrico (modificador de pH), en dos acondicionadores de 6' ϕ x 6' dispuestos en serie.

La flotación de casiterita se realiza teniendo en cuenta un riguroso control de pH a 2.5, la flotación primaria se realiza en un banco de 12 celdas DR-21 de flujo libre, las espumas obtenidas en esta etapa son alimentadas al circuito de limpiezas previo

ciclonaje para densificar el medio y eliminar el exceso de reactivos y acondicionamiento. Las colas de la flotación primaria pasan al circuito de flotación de agotamiento en un banco de 8 celdas DR-21, cuyas espumas son retornadas a la flotación primaria junto con las colas del circuito de flotación de limpieza.

Para el control de pH se cuenta con equipo electrónico de sensores, indicadores y bombas dosificadoras, equipo que esta enclavado para mantener un pH constante.

La limpieza del concentrado se realiza en tres etapas, las espumas de la tercera etapa es el concentrado final que ensaya alrededor de 22.00% Sn, este concentrado es trasladado con el uso de una bomba hasta el espesador de 15' ϕ x 8' ubicado en la planta de filtrado y secado de concentrados.

PLANTA DE SECADO DE CONCENTRADOS

El concentrado de estaño producido en la planta gravimétrica luego de la reducción del contenido de agua mediante el clasificador de espiral se almacena en una tolva de 30 TMS de capacidad para luego ser alimentado mediante un transportador de espiral a un

secador de fuego indirecto Holo Flite, que hace uso de aceite sobre calentado como medio de transferencia de calor, el concentrado seco, (con un contenido de 2 - 3.5% de agua), es trasladado por medio de un transportador helicoidal hasta la tolva de almacenamiento para posteriormente pasar a una balanza automática donde se pesa, ensaca y cierra en bolsas de polipropileno de 35 kg. de capacidad para el despacho.

El concentrado de flotación de casiterita pasa del espesador a un filtro de 4' ϕ x 4 discos y de allí a la tolva de alimento para después y en forma independiente seguir el proceso de secado, pesado, ensacado de la misma forma que el concentrado de estaño producido en la planta gravimétrica.

El concentrado de cobre, pasa directamente de las celdas a la etapa de filtrado en un filtro de 6' ϕ x 4 discos y de allí a la tolva de almacenamiento, con el uso de una faja transportadora proceder al despacho, previo control del peso en una balanza de plataforma.

Con la finalidad de mejorar y hacer más eficiente el proceso en lo que se refiere a la recuperación de valores de

estaño se han realizado pruebas de preconcentración y concentración con productos de diferentes puntos del proceso.

La introducción de jigs para la preconcentración de la descarga del molino primario 5' ϕ x 10' se hace necesaria por cuanto en este producto se tiene casiterita libre que es posible separarla como concentrado final luego de separar los sulfuros mediante flotación.

A continuación se muestra el balance metalúrgico de la prueba efectuada con la descarga del molino 5' ϕ x 10' en jig.

PRODUCTO	PROVENIENTE DE	% PESO	% SN	% DIST.
Conc. Casit.	Conc. Jig 1	0.30	37.21	9.20
Conc. Casit.	Conc. Jig 2	0.30	31.47	7.82
Conc. Casit.	Conc. Jigs	0.60	34.34	17.02
Espumas Sulf.	Conc. Jig 1	0.70	1.49	0.86
Espumas Sulf.	Conc. Jig 2	0.55	1.24	0.56
Espumas Sulf.	Conc. Jigs	1.25	1.38	1.42
Cola Jig	Trat. en Jig	81.48	0.94	62.95
Fracción 35 mallas clasificación		16.67	1.36	18.61
Cabeza calculada		100.00	1.22	100.00

El balance muestra la posibilidad de lograr en planta, bajo condiciones de flujo continuo una recuperación de por lo menos 10 puntos del estaño total en un concentrado de 40% de Sn, el concentrado jig que constituirá unas 8 a 10 tons. por día se procesaría en un circuito pequeño.

Entre los contaminantes principales del concentrado Jig, estan la siderita, óxidos de hierro que pueden separarse a intensidades de campo magnético de 15,000 gauss.

A continuación se muestra el balance de la prueba de separación magnética a 15000 gauss del non-float proveniente de los concentrados jig.

PRODUCTO	% PESO	% P.TOTAL	% SN	% DIST	% P.TOTAL
No-magnético	58.33	0.35	40.89	69.60	11.85
Magnético	41.67	0.25	25.00	30.40	5.17
Cab. Calculada	100.00	0.60	34.27	100.00	17.02

Se puede observar que el producto magnético tiene alto contenido de estaño debido al arrastre mecánico de la casite

rita fina originado en la molienda a que han sido sometidos los concentrados jig para la flotación de sulfuros considerando una molienda más gruesa disminuirá la ley de estaño en el magnético.

También se han realizado pruebas de flotación con muestras de relave antiguo (0.5% Sn), relave actual (0.6% Sn) estas pruebas muestran resultados interesantes.

La experimentación se realizó en un rango de tamaños de - 100 mallas + 9 micrones y el esquema de preparación de los relaves comprende las siguientes etapas:

- Clasificación de húmedo A malla 100
- Flotación de sulfuros de la fracción menor a 100 mallas
- Deslame en ciclón del non-float de la fracción de sulfuros
- Flotación de casiterita a partir del spigot del ciclón.

BALANCE METALURGICO DE LA FLOTACION DE ESTAÑO DE LOS RELAVES

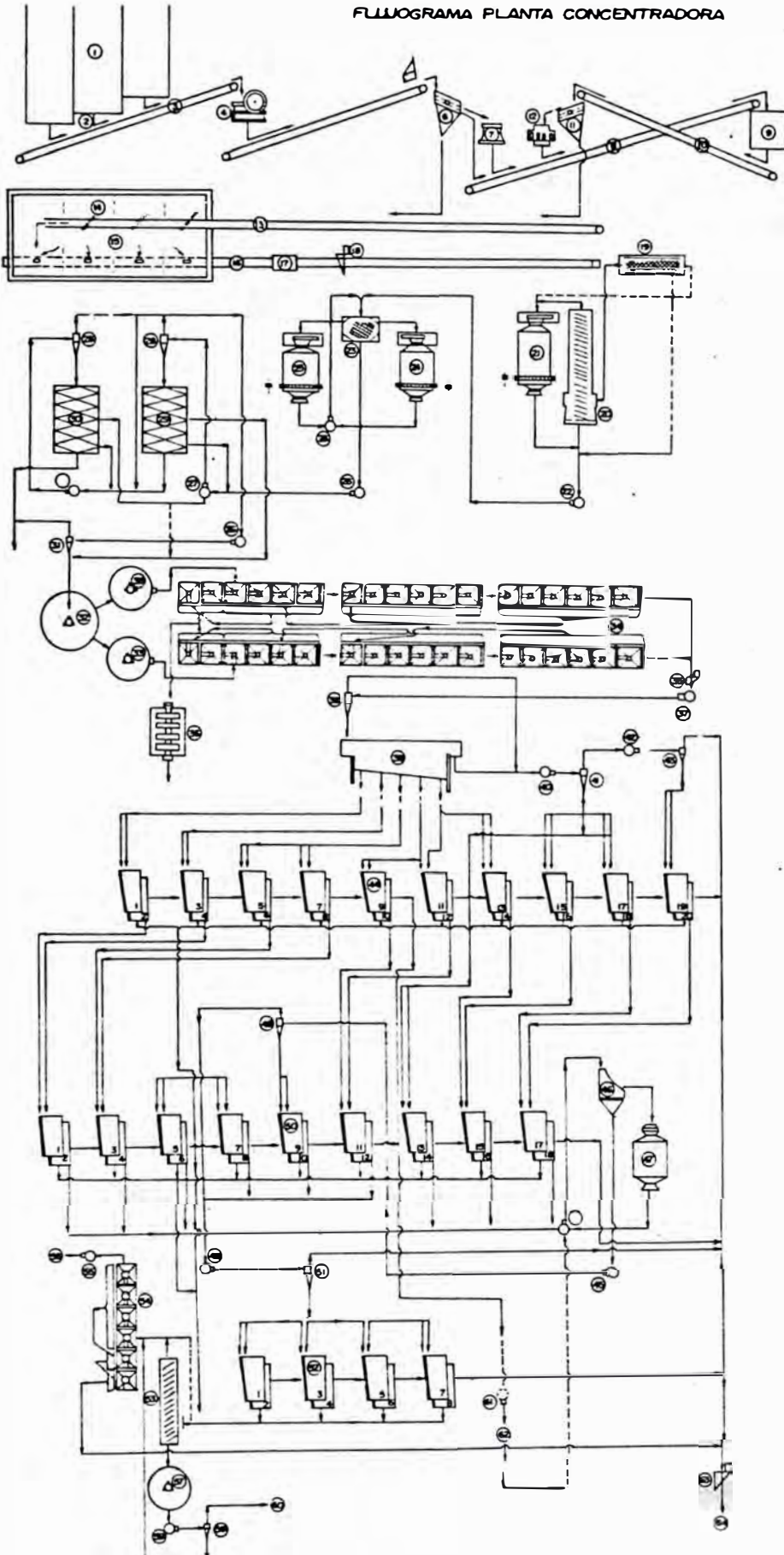
PRODUCTO	% PESO	% Sn	% DIST
Conc. 3 limp.	2.36	23.51	52.85
N.F. 3ª limp.	0.52	4.62	2.29
N.F. 2ª limp.	1.81	1.53	2.64
N.F. 1ª limp.	10.77	1.08	11.08
LAMA	1.30	2.74	3.39
CONC. PRIMARIO	16.76	4.53	72.25
COLA	83.24	0.35	27.75
CAB. CALC.	100.00	1.05	100.00

Como se puede apreciar es posible recuperar el estaño que se encuentra en el depósito de relaves mediante flotación y previa clasificación.

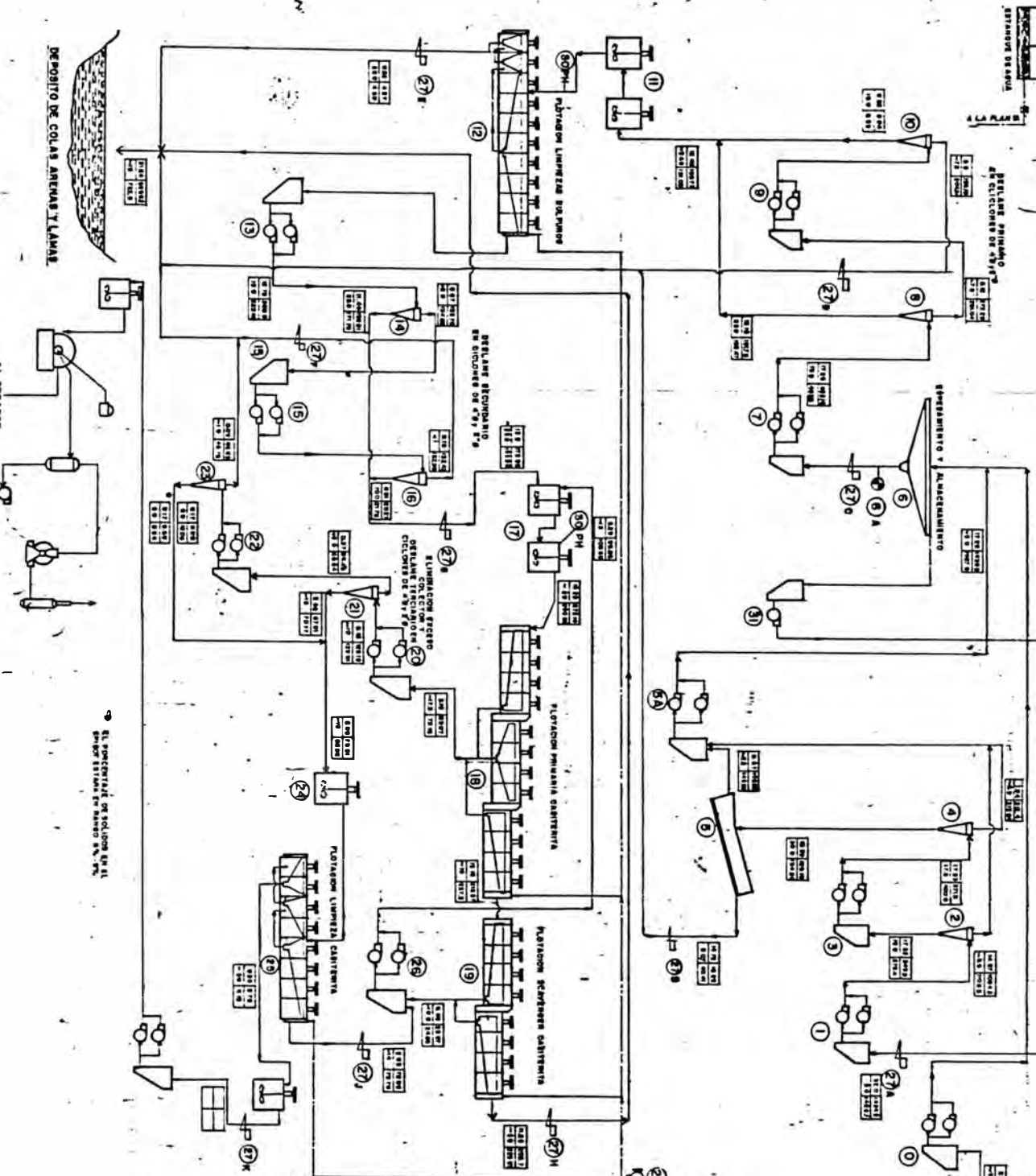
A continuación se muestra el balance de tratamiento actual en la planta de beneficio de San Rafael, correspondiente a un mes de producción.

PRODUCTO	TMS	% Cu	% Sn	% DIST.Cu	% DIST.Sn
TONS. TRAT.	15,108	0.84	2.28	100.00	100.00
CONC. Cu	372.20	28.42	0.36	83.35	0.39
CONC. Sn G.	409.90	0.20	45.49	0.64	54.13
CONC. Sn F.	179.70	0.11	24.57	0.16	12.83
COLAS FINALES	14,146.20	0.14	0.80	15.85	32.66

FLUJOGRAMA PLANTA CONCENTRADORA



- ① VOLVAS DE GRUESAS
- ② ALBERTADORES VIBRATORIOS
- ③ PALA TRANSPORTADORA Nº 1-
- ④ ONDULACION DEBNER 15 x 20
- ⑤ PALA TRANSPORTADORA Nº 2
- ⑥ ZARANDA VIBRATORIA 5 x 16
- ⑦ ONDULACION CONESA SINGOR 5100 STD
- ⑧ PALA TRANSPORTADORA Nº 3
- ⑨ VOLVA DE PRMO
- ⑩ PALA TRANSPORTADORA Nº 4
- ⑪ ZARANDA VIBRATORIA 5 x 16
- ⑫ ONDULACION CONESA SINGOR 5100 STD
- ⑬ PALA TRANSPORTADORA Nº 5
- ⑭ VOLVA DE FINES S.M.P. 600 T.J.L.
- ⑮ ALBERTADORES VIBRATORIOS
- ⑯ PALA TRANSPORTADORA Nº 6
- ⑰ RESERVIORIO
- ⑱ RESTRICCIÓN AUTOMÁTICA
- ⑲ CERRILLO VIBRATORIO
- ⑳ CLASIFICADOR DE ESPERAL 47" x 21"
- ㉑ MOLINO 5' x 10'
- ㉒ BOMBA 5' x 4'
- ㉓ CERRILLO MEXCO 6' x 6'
- ㉔ MOLINO DE BOLAS DEBNER 5' x 6'
- ㉕ MOLINO DE BOLAS CONESA 5' x 6'
- ㉖ BOMBA DEBNER 5' x 6'
- ㉗ BOMBA DEBNER 6' x 6'
- ㉘ CICLONES Nº
- ㉙ CONOS REICHERT PRIMARIOS
- ㉚ CONOS REICHERT SECUNDARIOS
- ㉛ BATERIA 20 CICLONES 4' x 6'
- ㉜ AGREGADOR 8' x 8'
- ㉝ AGREGADOR 5' x 5'
- ㉞ BATERIAS CELDAS DE FLOTACION 18 SP
- ㉟ RESTRICCIÓN AUTOMÁTICA
- ㊱ FILTRO CONO OLIVER 6' x 6' DISCO
- ㊲ BOMBA DEBNER 4' x 5'
- ㊳ BATERIA 6 CICLONES 6'
- ㊴ CLASIFICADOR DE STOKES
- ㊵ BOMBA DEBNER 4' x 5'
- ㊶ BATERIA 10 CICLONES 9'
- ㊷ BOMBA DEBNER 2' x 2'
- ㊸ BATERIA 10 CICLONES 2'
- ㊹ BATERIA 20 MESAS AMERICAS
- ㊺ BOMBA DEBNER 4' x 5'
- ㊻ CERRILLO CON 0,5 M.M.
- ㊼ MOLINO DE BOLAS 5' x 4'
- ㊽ BATERIA 4 CICLONES 6' x 6'
- ㊾ BOMBA DEBNER 2' x 2'
- ㊿ BATERIA 18 MESAS LAMINAS
- ① BATERIA 10 CICLONES 4' x 6'
- ② BATERIA 8 MESAS LAMINAS
- ③ CLASIFICADOR DE ESPERAL 20" x 8"
- ④ BATERIA 6 CELDAS DEBNER 18 SP
- ⑤ BOMBA DEBNER 2 1/2 x 2
- ⑥ FILTRO DISCO 4' x 4' DISCO
- ⑦ AGREGADOR 5' x 5'
- ⑧ BOMBA DEBNER 3' x 2'
- ⑨ BATERIA 4 CICLONES 2' x 6'
- ⑩ CERRILLOS DE SEDIMENTACION
- ⑪ BOMBA DEBNER 6' x 6'
- ⑫ CONOS REICHERT
- ⑬ RESTRICCIÓN AUTOMÁTICA
- ⑭ ESPESADOR 70'



9. El contenido de sólidos en el agua residual de la estación de bombeo n.º 1.

LEYENDA PARA PLANTAS
 PL. P.A.
 RED DE AGUA
 RED DE AIRE

LEYENDA PARA COMPOSICION
 T.M./M.
 SÓLIDOS SÓLIDOS
 % SÓLIDOS
 O.L. S.P.M.
 PULVA

NO. CANT.	DESCRIPCION	UNIDAD	VALOR
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

CAPITULO IV

ECONOMIA DEL ESTAÑO

PRODUCCION MUNDIAL

La producción de minerales y principalmente del estaño, no es el resultado de una decisión autónoma de los productores, sino que está íntimamente ligada a la necesidad que los países industrializados tengan de esos minerales, o del estaño en particular. El ritmo del crecimiento industrial de los Estados Unidos y de Europa, ha constituido por esta razón, un índice de la capacidad de exportación de los países productores de estaño y en el curso de la última década las fluctuaciones de este ritmo han tenido a gravitar en forma decisiva tanto en los precios como en el nivel de dichas exportaciones.

Por otra parte, su carácter de mineral estratégico y su dispersa geografía de producción han determinado que también la oferta mundial de estaño estuviera constantemente sometida a controles y presiones intergubernamentales. Así pues, la producción de este mineral está conformada por factores tanto de tipo económico como político, con un denominador común que tipifica a los países productores: todos se hallan clasificados entre las naciones subdesarrolladas.

En la producción internacional de estaño y al efecto específico de su cotización en los mercados mundiales, existe, además de los factores negativos ya señalados otro de particular importancia como es la imposibilidad de establecer costos comparativos contrariamente a lo que acontece con otras materias primas como el cobre por ejemplo; mineral producido en países de economía subdesarrollada como el Congo o Chile, al mismo tiempo que en los Estados Unidos.

En este caso el cobre alcanza una cotización determinada por la estructura de costos del país de mayor ingreso, beneficiando en consecuencia al país de menor ingreso. En cambio como todos los productores de estaño son países subdesarrollados, las cotizaciones de este mineral se determinan por costos relativamente uniformes, con tendencia a fijarse por los costos de producción en Malasia que por sus características técnicas y abundancia de mano de obra son los más bajos.

La producción de estaño, que hasta fines de siglo pasado fue pequeña, experimentó una violenta expansión durante los primeros veinte años de este siglo, siendo por aquel entonces volumen y precios determinados por el libre juego de la oferta y la demanda, ajeno a todo control que fuera la rentabilidad de su producción. Poste

riormente, en forma regional o de carácter mundial, surgieron acuerdos para controlar la oferta internacional del estaño.

En 1921 el estaño confrontó un desajuste estacional que obligó a muchos países productores a establecer ciertas regulaciones en la oferta. Práctica que se superó de inmediato por la creciente prosperidad que registró en esa década Europa y en especial los Estados Unidos. La producción de concentrados de estaño aumentó en ese período a un promedio de 10,000 toneladas largas anuales hasta alcanzar a 198,800 toneladas en 1929.

La crisis del año treinta supuso un golpe violento para los productores quienes se vieron obligados, ya sea por acuerdo entre ellos o simplemente por contracción de la demanda a limitar la oferta en un 50%, lo que implicaba una reducción de más de 100,000 toneladas largas en el plazo de tres años. Los efectos de esta crisis y los instrumentos creados para superarla son motivos de mayor análisis en las páginas siguientes, en tanto, sólo se destacan los volúmenes registrados para poder cuantificar el alto grado de sensibilidad de la oferta.

El cuadro que sigue muestra la producción mundial en la última década.

	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980r	1981*
Malaysia	72,260	68,122	64,364	63,401	58,703	62,650	62,995	61,404	59,500
Bolivia	31,183	30,150	31,952	30,315	33,624	30,881	27,781	27,271	27,300
Indonesia	22,648	25,630	25,346r	23,418	25,921	27,410	29,440	32,527	35,900
Thailandia	20,921	20,339	16,406	20,453	24,205	30,186	33,962	33,685	32,200
Fed. de Nigeria	5,828	5,455	4,652	3,710	3,267	2,935	2,750	2,527	2,400
Zaire	5,442	4,720	4,574	3,950	3,900	3,450*	3,300*	3,159	3,200
Argentina	432	555	538	358	500*	400*	400*	600*	600
Brasil	3,742r	3,555	4,512r	5,482r	5,761r	6,320r	6,645r	6,930	7,100
S. Africa	2,628	2,490	2,771	2,799	2,864	2,887	2,693	2,434	2,300
Australia	10,801	10,480	9,310	10,389	10,694	11,716	12,571	10,391	11,300
United Kingdom	3,573	3,239	3,330	3,323	3,851	2,802	2,374	3,028	3,858
Otros	9,600	8,900	13,500r	12,400	15,300r	15,300	15,800	15,500	15,400
TOTAL	189,100r	183,600r	181,200	180,000r	188,400r	196,900r	200,700r	199,500	201,100

* ESTIMADOS POR CONSEJO DE ESTADO INTERNACIONAL
r REVISADOS

CONSUMO

HOJALATA

Aproximadamente 40% del consumo mundial de estaño es utilizado en la producción de varias formas de hojalata. Como tal, la hojalata se usa casi exclusivamente por la industria envasadora para comida enlatada, bebida y varios productos no alimenticios como betunes, insecticidas, etc. Otro uso importante es en la fabricación de tapas y chapas para botellas. En sector más grande en crecimiento para la industria del enlatado en años recientes, ha sido la industria de la cerveza y bebidas suaves donde la hojalata lucha con el aluminio por su participación de rápida expansión.

Por la buena tecnología establecida, creemos que la hojalata mantendrá su posición prominente. Sus grandes atributos son el no ser tóxicos y tener propiedades lubricantes cuando se aplican al acero. Unido a la fuerza del acero en sí para una combinación casi irremplazable.

SOLDADURAS

El uso del estaño, en las soldaduras continúa

siendo lejos el segundo uso más grande del estaño y consume un 20% de la producción mundial. En los Estados Unidos en 1968 un 26% del metal consumido fue usado en soldaduras y además cerca del 38% del estaño que regreso como deshecho fue también reusado como soldaduras. La soldadura más común usada es de una aleación de 60/40% y como un regla general cuanto más alto sea el contenido de estaño más superior será la soldadura. No obstante, el rápido crecimiento en la industria de la electrónica, la miniaturización continúa causando menor uso de soldadura en un determinado artículo electrónico. También pensamos que por el mayor uso de tuberías plásticas y de aluminio en las casas, la demanda de soldaduras estará afectada. El aluminio es virtualmente no soldable asique el reemplazo de las tuberías de cobre por aluminio y plástico ha causado una erosión en el mercado de las soldaduras.

APLICACIONES QUIMICO - INDUSTRIALES DEL ESTAÑO

El estaño esta siendo usado y desarrollado más y más en la industria química con investigaciones que estan conducidas por el Tin Research Institute. En su último reporte anual manifies tan que : " Los Idroxilos de Estanato + Estanatos de calcio, estoncio y zinc muestran una acción anticorrosiva comparable a/o en algunos casos mejor que el fosfato de zinc, que es un material comercialmente

usado". Es innecesario decir que las implicaciones de costo tienen que ser aún preparados. Además, se ha hecho progresos con las aplicaciones del estaño con un retardor (retardant) de fuego y también como un pigmento para decoraciones de cerámica. Estima, el Tin Research Institute que la cantidad de estaño dada en la química ha crecido ha alrededor de 20,000 toneladas por año y debe ser considerado el sector de más grande crecimiento con respecto al uso del estaño. Los productos químicos de organo de estaño se usan en la industria de plásticos y como fungicidas y pesticidas. Los compuesto de órgano estaño también son usados extensivamente como preservadores de madera y en todos estos usos la mayor propiedad del estaño su no toxicidad, juega una parte importante. Es de interés notar que estas aplicaciones químicas que ahora se usan en exceso 10% del total de la producción mundial de estaño son de uso no - reciclable para el metal con poco o ninguna oportunidad de recuperación secundaria.

ALEACION DEL ESTAÑO

Cerca del 10% de estaño se usa en bronces, latones, y metales del tipo babbitt. Una vez más se reconoce ampliamente que el alto contenido de estaño y superioridad son sinónimas y algunos de tipo babbitt tienen hasta 90% de estaño. Otras aleaciones inclu

yen peltres, bronce forforoso para aplicaciones de ingeniería pesada, aleaciones para impresiones, metales que llevan estaño aluminio, etc. y creemos que estas aplicaciones continuarán en relación directa a la actividad económica mundial.

OTROS USOS

Otros usos del estaño incluyen su uso como una capa protectora en alambres en conexiones eléctricas y ese uso es llamado "Tinning" y también para placas de acero, que son cubiertas con acero de una aleación de 12/88% de estaño/plomo. Un 4/5% de estaño se usa en el tinning en los Estados Unidos.

BALANCE PROYECTADO DE OFERTA/DEMANDA A 1982

La posición de oferta/demanda con respecto al estaño ha cambiado dramáticamente durante los últimos años. Según el último análisis existió un déficit entre la oferta y la demanda en 1978 de unas 13,000 toneladas. Sin embargo, las cifras provisionales reales muestran que el estaño tenía un excedente del orden de las 5,500 toneladas. Lo que ha cambiado es que la producción ha respondido marcadamente a los crecientes precios del estaño y en 1978 llegaron a un nivel record de 198,000 toneladas de esta manera excediendo el alza previa de 195,000 toneladas (estas cifras excluyen producción y ventas de la China e importaciones hacia Rusia). De otro lado el consumo que en 1967 era de 184,000 toneladas, solamente aumentó a - 186,000 toneladas en 1978. Esto está muy por debajo del nivel máximo de 213,000 toneladas logradas en 1973 y está debajo del nivel de 187,000 toneladas logradas en 1969. Consecuentemente estos antecedentes de consumo estático y la rápida producción ascendente ha ocasionado que el balance de oferta/demanda vaya hacia un superhabit durante el último año.

En el cuadro que sigue se resume la producción y consumo de estaño:

ESTAÑO

RELACION OFERTA/DEMANDA

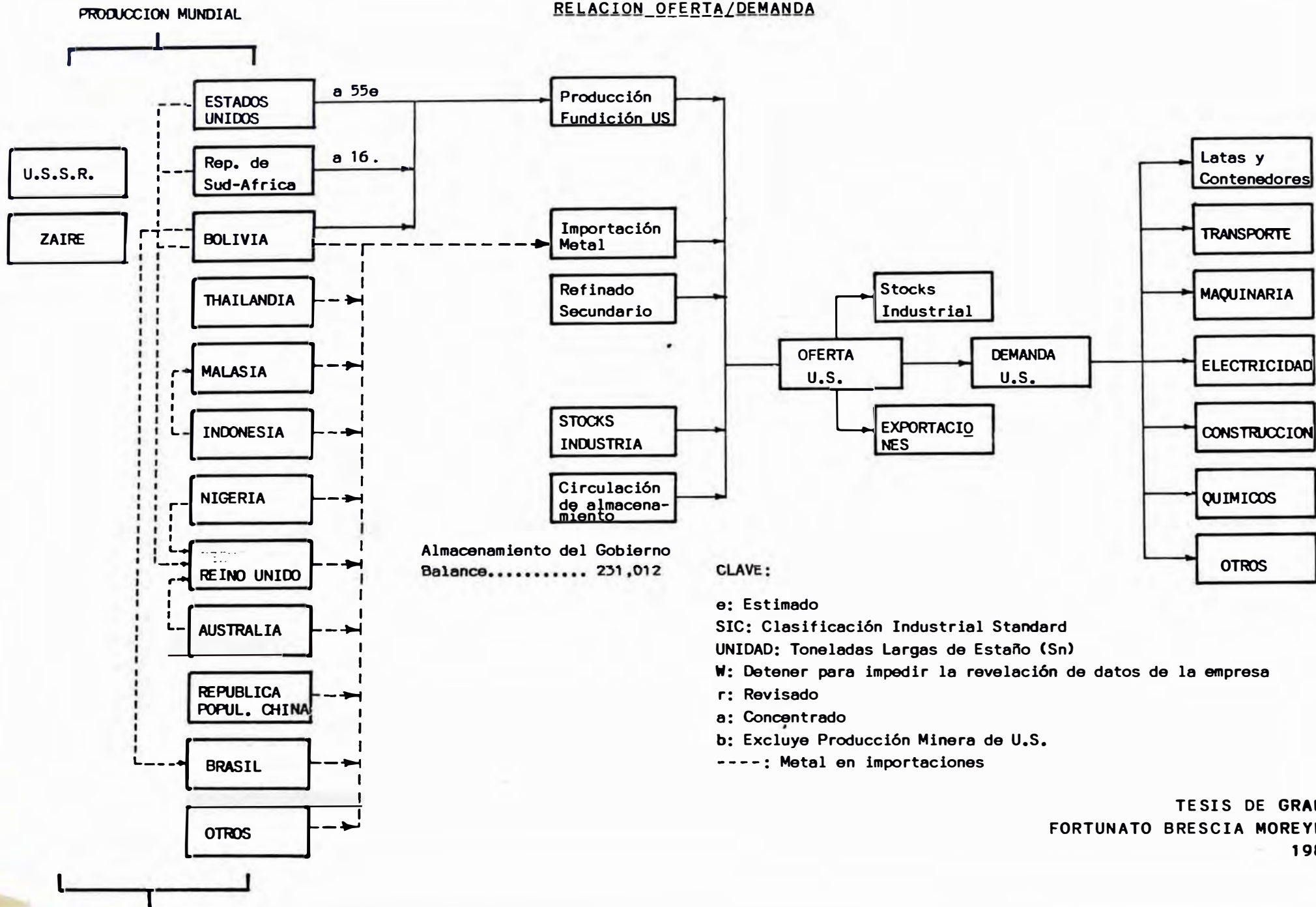
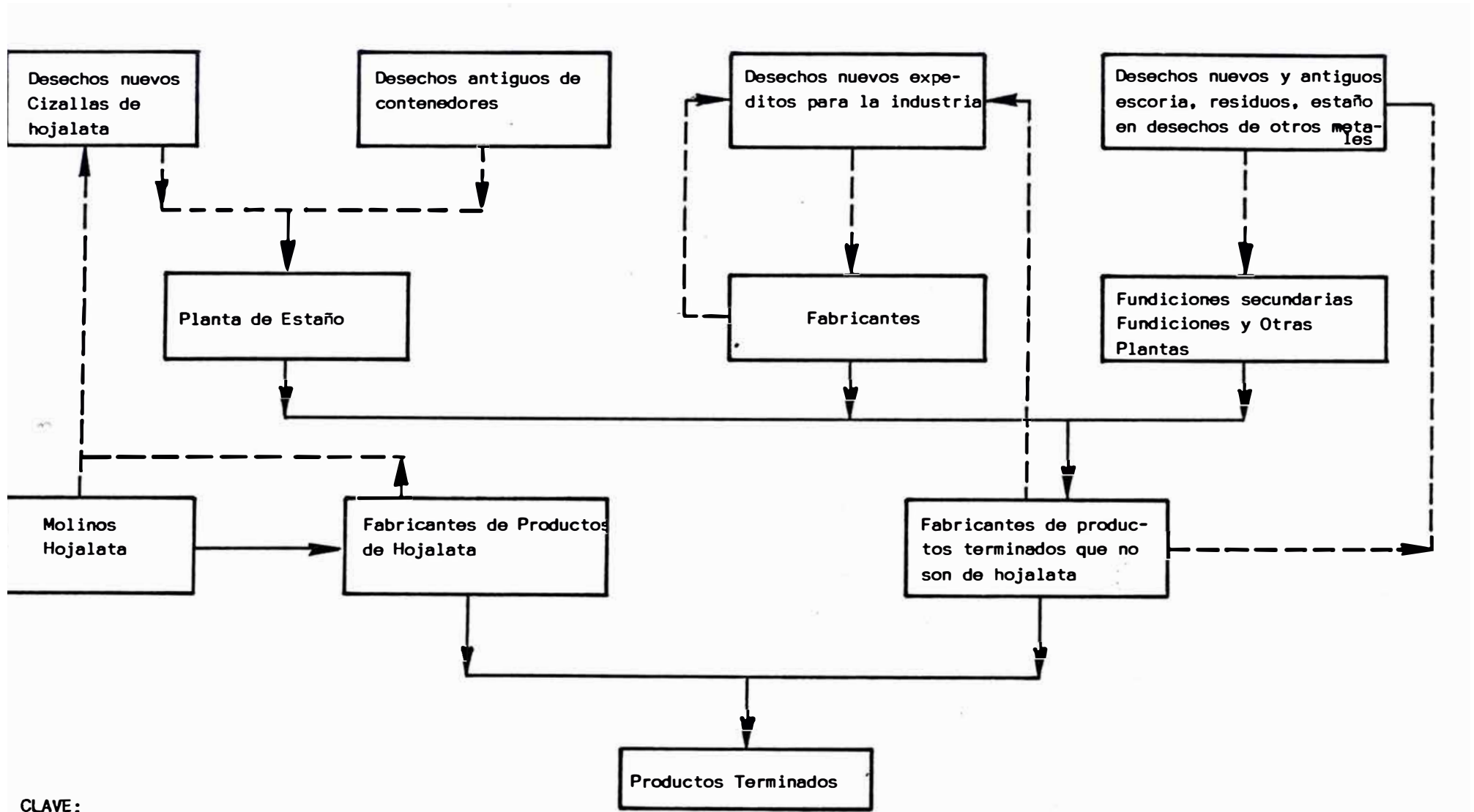
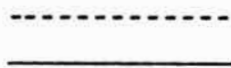


DIAGRAMA DEL FLUJO DE DESECHOS DE ESTAÑO

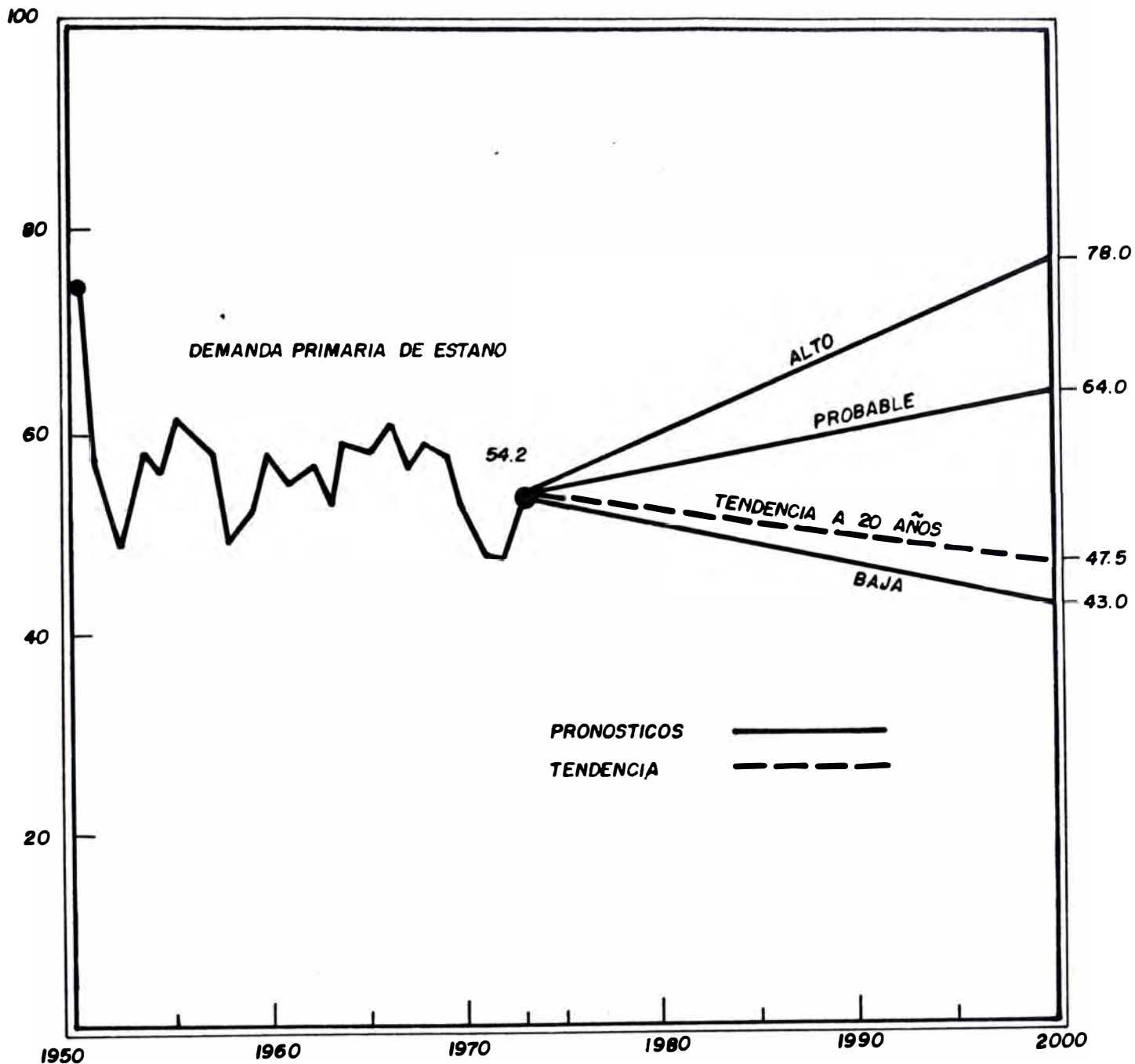


CLAVE:



----- Flujo de Desechos
———— Flujo de Producto Intermedio

DEMANDA PRIMARIA DE ESTAÑO EN E.U.A. 1,950 - 73 , TENDENCIA DE 20 AÑOS PROYECTADA AL AÑO 2,000 Y PRONOSTICOS AL AÑO 2,000



PRODUCCION Y CONSUMO DEL ESTAÑO EN EL MUNDO

AÑO	PRODUCCION	CONSUMO	PRECIO PROMEDIO	
			LONDRES £ TON.	NUEVA YORK c/Lb.
1948	151,500	129,000	551 1/2	99.25
1949	161,500	114,000	605 3/4	99.32
1950	174,000	152,000	744 1/2	95.56
1951	168,000	140,000	1,077 1/4	128.31
1952	162,000	125,000	964 1/2	12.43
1953	174,000	126,000	731.7	95.77
1954	176,600	134,200	719.4	91.81
1955	169,800	143,900	740.1	94.73
1956	166,900	154,300	787.7	101.26
1957	158,200	147,500	754.8	96.17
1958	121,100	140,500	734.9	95.09
1959	114,000	152,700	785.4	102.02
1960	145,600	168,300	796.6	101.40
1961	135,700	163,200	888.6	113.27
1962	143,700	164,100	896.5	114.61
1963	142,000	166,200	909.7	116.64

1964	141,000	173,800	1,239.4	157.72
1965	148,200	170,400	1,412.7	178.17
1966	154,700	173,600	1,295.8	164.02
1967	174,400	172,100	1,222.0	153.41
1968	185,000	177,500	1,323.3	148.11
1969	181,000	184,200	1,451.3	164.43
1970	184,600	185,500r	1,529.5	174.14
1971	186,500r	188,500	1,437.4	167.37
1972	191,400	191,600r	1,505.94	177.46
1973	187,800	214,200	1,960.44	227.22r
1974	181,500	200,100	3,493.61	396.26
1975	178,500	173,800r	3,090.82	339.57
1976	182,500	193,800r	4,254.58	374.68
1977	179,900	184,700r	6,181.17	533.26
1978	193,500	185,800r	6,706.16	589.24
1979	201,300r	186,300r	7,275.94	707.29
1980	198,500r	175,400r	7,222.22	785.73
1981*	195,900	166,300	7,084.97	680.43

r = revisado

* = estimado

COMERCIALIZACION DEL ESTAÑO

El estaño está considerado, junto con el plomo, el cobre y el zinc, entre los metales básicos o metales no ferrosos. Se incluye también el níquel y el aluminio.

En las operaciones comerciales, con estos metales, como con los demás refinados el factor de mayor trascendencia es la fijación de los precios, que normalmente deberían obedecer a las leyes de la oferta y la demanda, sin embargo, sufren otras interferencias o consideraciones, como los costos de producción, el monopolio, necesidades o convenciones internas de determinados países, acuerdo entre grandes productores, la existencia de consejos internacionales, etc.

Los centros más conocidos y tradicionales para las transacciones con metales son las BOLSAS DE METALES, de las que podemos citar las siguientes:

- 1.- La Bolsa de Metales de Londres, el más importante mercado libre actual;
- 2.- El Commodity Exchange Inc. o COMEX, con sede en Nueva York, que

se diferencia de BML, por sus operaciones a plazos;

3.- El Centro de Fijación de Precios de Singapur, donde especialmente se fijan los precios para el estaño;

4.- El Bombay Metal Exchange, que regula el comercio de metales de la India; y

5.- Mercados Locales, como el de Paris (calle Adolphe Julien) en el que se negocia, fundamentalmente chatarra.

El estaño fue el primer metal en cuya producción y venta se introdujo un control internacional, mediante un acuerdo en 1954 y que comenzó a ser vigente del 1º de Julio de 1956, mediante el Consejo Internacional del Estaño, con sede en Londres.

La forma como opera el Consejo Internacional del Estaño para regular el mercado y fundamentalmente el precio, es la siguiente: se establecen cuotas de exportación de los siete países productores, miembros de Consejo (Indonesia, Malasia, Bolivia, Congo, Nigeria, Tailandia y Ruanda), a través de depósitos reguladores. Si el precio de estaño en la bolsa de Londres queda por debajo de su límite inferior, entra a comprar el pool de los 7 países; si el precio sube su cotización máxima fijada le es facultativo disponer ventas de uno de los depósitos reguladores.

Este pool es financiado por los países que integran el Consejo; que es además el único en el que hay representantes de los productores y consumidores.

La G.S.A. (General Services Administration), de los Estados Unidos, a veces vende estaño a los industriales domésticos, de sus reservas estratégicas (stockpile), y que en la actualidad llega a varias veces en toneladas sus necesidades.

Además del BML y del COMEX, existe un mercado libre en Singapur que fija el precio de venta para el mercado del oriente.

Con estos elementos intervinientes en el mercado del estaño con excepción de la cantidad disponible por la G.S.A. se puede esperar una estabilidad en el precio y comercio del estaño, toda vez, que su uso está íntimamente vinculado a los progresos en la conservación de alimentos y bebidas y su difusión que cada vez es mayor.

CAPITULO V

CIBERNETICA APLICADA A LA MINERIA

Al referirnos a las investigaciones cibernéticas en Minería, tenemos que hacerlo incluyendo a la minería de estaño; consecuentemente lo que se haya hecho sobre minería es válido para este metal.

La Cibernética, en sus tres décadas de existencia, se ha introducido en las ciencias naturales, técnicas y sociales. Está regida por las leyes de la ciencia en general y se apoya principalmente en la lógica y las matemáticas; su valor reside fundamentalmente, desde el punto de vista de la teoría de conocimiento, circunstancias nuevas que normalmente no se habrían tratado, ya que la cibernética por sus bases, es más general y extenso que cada ciencia individualmente. Esto es de utilidad especialmente en la planificación y dirección de los procesos mineros.

La cibernética tiene como instrumento a lo que se ha venido en llamar COMPUTADOR, o sistema de proceso de datos. El sistema computador es un grupo de artificios electrónicos y electromecánicos que "pueden realizar sencillas operaciones aritméticas y lógicas a velocidades fantásticas". Definido el problema y su solución

puede constituirse el programa capaz de utilizar la habilidad del computador para obtener la solución.

Para usar esta capacidad el hombre debe ser capaz de comunicarse con la máquina: la programación suministra este medio. A su vez la programación requiere de un lenguaje especial, el mismo que ha ido evolucionando con los adelantos en la computación, haciéndolo más sencillo y accesible a todos o a la mayoría que usa de la computación.

La introducción de la cibernética en las operaciones de minería tuvieron su aplicación inicial en el área de las finanzas y la contabilidad, sin embargo, en los últimos 20 años se viene utilizando en todos los aspectos y procesos mineros. Analizaremos ligeramente su difusión:

EN GEOLOGIA:

Los datos procedentes de sondeos o exploraciones, mediante la computación, pueden ser integrados a los estudios superficiales o de cualquier índole, eliminándose un proceso largo y engorroso que representaría por el procesamiento manual de datos.

Las determinaciones de reservas de mineral, es otro de los problemas, en los que la computación proporciona rapidez y economía, tanto en la estimación original, como en llevar al día o tener al día los datos de las cubicaciones, con los cambios que pueden ir operándose.

La realización de mapas geológicos, mediante el computador y la trazadora digital, es otras de las herramientas de que se sirve el geólogo a fin de conseguir rapidez en su trabajo, además de consignar mayores detalles, como huecos de perforación formaciones presentes, tamaños y dimensiones de los posibles cuerpos e inclusive es posible inferir leyes o calidad de mineral.

La geo-estadística se ha visto muy beneficiada con uso de la computación, acelerando su proceso y por consiguiente sus conclusiones.

EN MINERIA:

En el cálculo requerido por las labores mineras, en cuanto a decisiones de métodos de explotación, costo de minado, usos de insumos, etc. la computación presta importantes servicios.

En la selección y sustitución de equipo su aporte es muy importante.

La programación y control del transporte, tanto subterráneo como superficial, también tiene mucho que ver con las técnicas y conocimientos cibernéticos.

En los servicios auxiliares, fundamentalmente en la solución de la ventilación en minas, es de uso frecuente y obligado de la computación; y

Finalmente en el mantenimiento, coordinando la voluminosa información con el mantenimiento en detalle. Las técnicas de control de proyectos, como el Método del Camino Crítico, se emplean en tareas de mantenimiento. Los informes de costos, etc. dan pautas importantes para una mejor operación.

EN METALURGIA:

La preparación o mezcla de mineral, más adecuada, el control de la molienda, el control y regulación de los reactivos, tec. han recibido una importante ayuda con los procesos del computador.

Especial importancia merece el control de PH, como en los procesos de flotación de casiterita, en que la uniformidad de este medio determina la recuperación; y esto hoy en día, solo es posible con los equipos electrónicos, vale decir que obedecen a las órdenes computanizadas de acuerdo a las necesidades.

EN LA DIRECCION:

En este aspecto de la industria minera, es donde más importa el uso de la computación por la veraz y suficiente información que aporta a la gestión; tanto en el aspecto técnico como financiero.

Estos datos permiten tomar decisiones mucho más eficaces y veloces con la consiguiente economía en la operación.

APLICACION DE LA COMPUTACION EN MINSUR S.A.

(PRODUCTORA DE ESTAÑO)

Gracias a los grandes adelantos recientes en el campo de la computación ha permitido contar con mini-computadoras y micro-computadoras de costo moderado, capaces de operar a gran velocidad y con grandes volúmenes de información y con procesos interactivos multiusuarios ponen al alcance de empresas medianas y pequeñas las ventajas de contar con información permanente, actualizada, y al detalle cuando esta se le requiere.

Con esta óptica la empresa minera mediana peruana también ha comenzado a entrar desde hace algunos años, en el campo de la cibernética.

Las posibles ventajas y desventajas son:

POSIBLES DESVENTAJAS:

a) Costo Inicial Alto.- El costo de implementar un Centro de Cómputo implica una inversión de una cantidad de capital apreciable en:

- Equipos electrónicos (Hardware)
- Instalaciones varias y local
- Implementación de Programas (Software)
- Personal de computo
- Utiles de computo

Como una regla aproximativa se puede estimar que por cada dolar invertido en equipo (hardware) se va a requerir un dólar invertido en programación y software variado.

b) Necesidad de Contratar Personal de Computo con Experiencia y Capacidad.- El Centro de Computo de una empresa minera mediana equipada con un mini-computador va a requerir de un personal mínimo de un Jefe, un Analista, un Programador, un Operador-Programador y dos o más digitadores. Se debe recalcar que conseguir personal capaz de cómputo es difícil y bastante costoso en la actualidad.

c) El tiempo de implementación de un proyecto de computación mínimo que cubra el área contable y financiera de la empresa no es de realización inmediata y generalmente tiene una duración mínima de uno a dos años.

VENTAJAS EN UN CENTRO DE COMPUTO PROPIO:

- a) Información actualizada y oportuna a todo nivel en la empresa.
- b) Mayor rapidez en el procesamiento de la información.
- c) Agilización de la labor administrativo/contable con la consecuente dinamización de la empresa en su conjunto.
- d) Posibilidad de aplicar la computación a las variadas necesidades que se vayan presentando en la empresa.

En el campo de la minería hay innumerables aplicaciones técnicas interesantes que si no fuese por la computadora no podrían ser aplicadas manualmente por el volumen de información involucrado (geoestadística).

DISEÑO DEL SISTEMA DE COMPUTO

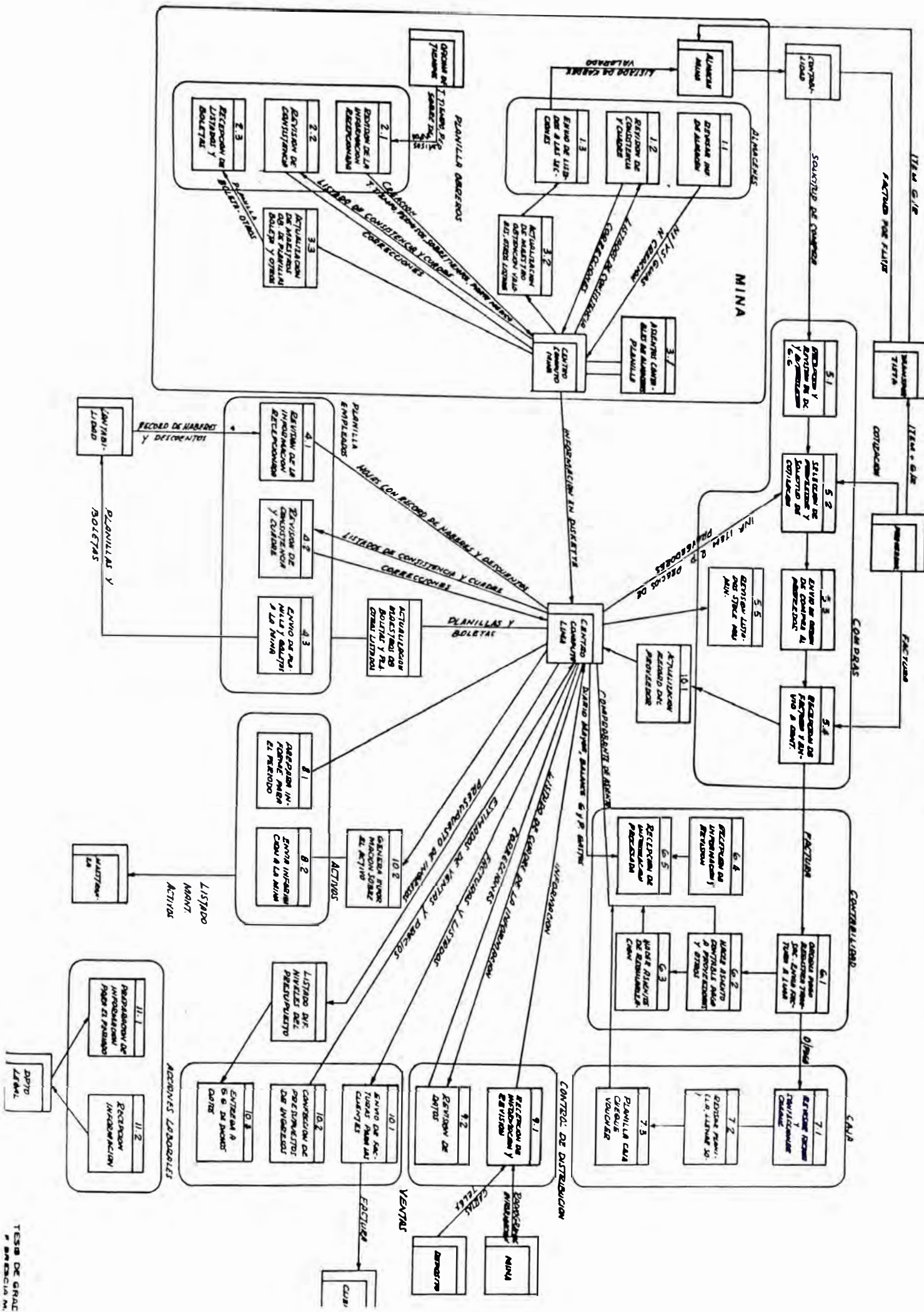
La primera decisión que una compañía tiene que tomar es el de elegir entre las alternativas que ofrece el mercado de informática para el desarrollo de su sistema. Entre las alternativas las dos más comunes son la de contratar a su propio personal de cómputo especializado (un analista senior y tres a cuatro buenos programadores) para que se dediquen a tiempo completo al diseño y programación del sistema; la otra alternativa es contratar a una compañía consultora en sistemas de cómputo para que se encargue de todo el sistema. En cuyo caso la empresa minera requiere también contar con una contrapartida capaz de fiscalizar minuciosamente la labor efectuada por la consultora. Cualquier alternativa que se escoja implica que se va a requerir de un constante esfuerzo por parte de la compañía y de la gente de cómputo para que el sistema que resulte de dicho trabajo sea una respuesta positiva a las variadas necesidades de la empresa interesada. En la actualidad un sistema moderno de cómputo debiera tener la capacidad de ser un sistema integrado, capacidad de operar en batch y en interactivo; asimismo, poder atender a varios usuarios simultáneamente sin perjuicio sensible en la velocidad de respuesta del computador.

Los siguientes diagramas de diseño global enseñan un sistema con tales capacidades. En este ejemplo específico se decidió por un sistema integrado, pero, descentralizado en dos o más centros de cómputo; un centro de cómputo en Lima y centros del cómputo pequeños dotados de microcomputadores en las unidades mineras. La comunicación entre las unidades de cómputo sería mediante la transferencia de diskettes inicialmente, pero, asimismo se está estudiando la posibilidad de la interconexión por microondas. Se decidió por la descentralización para facilitar labores como almacenes y planilla de obreros que se efectúan básicamente en la mina y cuyo procesamiento en Lima significaría una demora para la obtención de los resultados. Asimismo, las numerosas aplicaciones técnicas las que podrían aprovecharse de un centro de cómputo en la unidad minera, son muchas entre las cuales se están considerando:

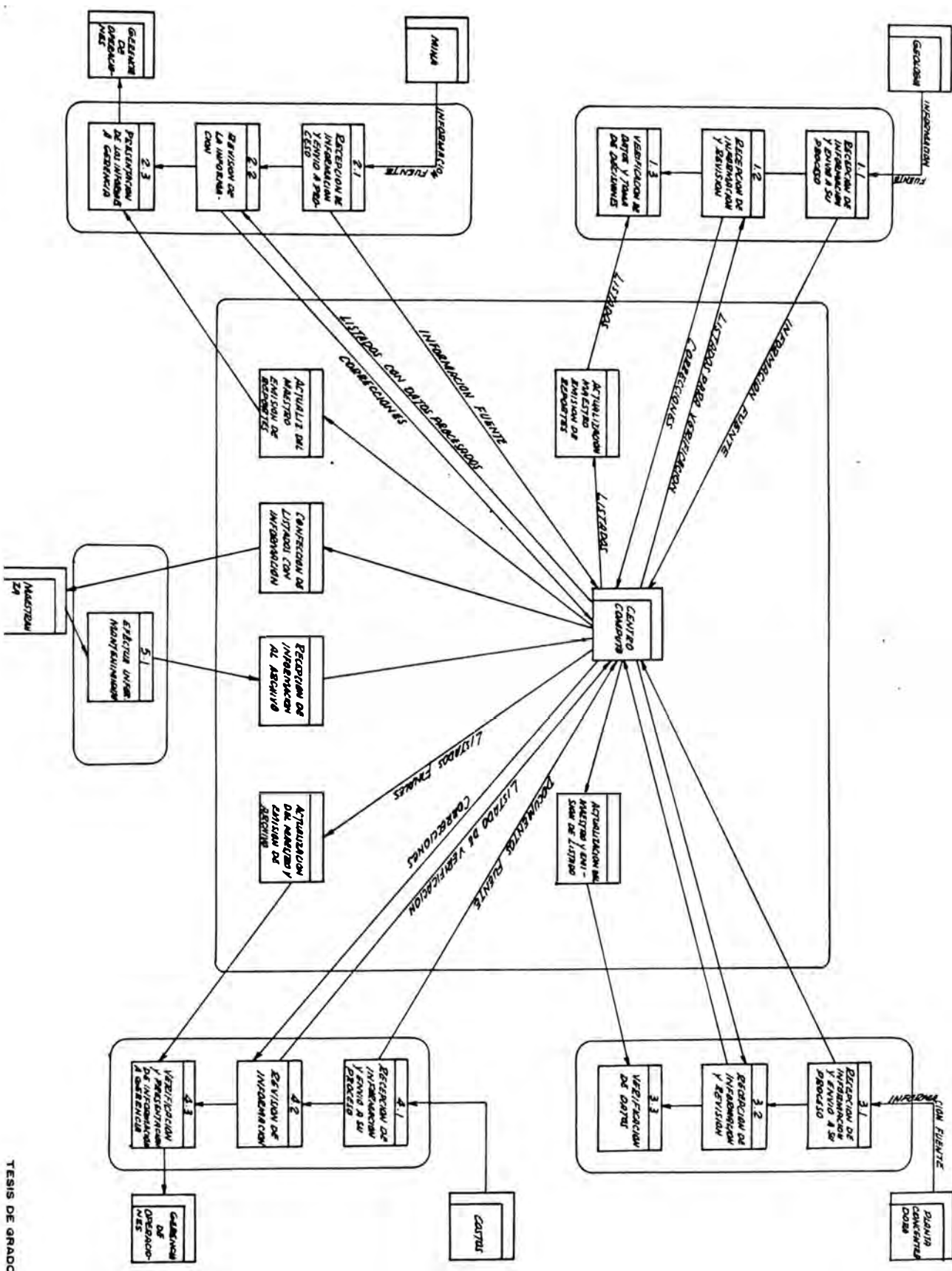
- Costos mineros
- Balance metalúrgicos
- Estimación de Reservas
- Plan de mantenimiento de equipos
- Geoestadística aplicada
- Reportes mensuales.

Debido a las importantes aplicaciones mineras al campo de la computación, se justifica la inversión en instalar - micro-computadoras en las unidades mineras en una etapa posterior a la implemantación del sistema administrativo/contable.

DISEÑO GLOBAL TENIENDO EN CUENTA EL COMPUTADOR CENTRAL



SISTEMAS ADICIONALES



BIBLIOGRAFIA

- Estudio Geológico del Distrito Minero San Rafael, Puno-Perú, 1980, Ing. Mario Arenas Figueroa
- Yacimientos Minerales de Rendimiento Económico, Alan M. Bateman. Ediciones Omega 1961
- Estrategia del Estaño, Fernando Bautista Gumucio, Primera Edición 1966. Editorial "Los Amigos del Libro".
- Una Inspección de los Yacimientos del Estaño de Bolivia y Una Exploración por el mismo metal en el Perú, Eduardo A.L. de Romaña. Boletín Nº 57 Cuerpo de Ingenieros del Perú, 1908
- El Perú Minero, Mario Samamé Boggio, Primera Edición 1979, Incitemi
- Geology of Tin Deposits, Roger G. Taylor. Elsevier Scientific Publishing Company, 1979.
- Primer Simposio Internacional de Concentración de Estaño, Editorial de la Universidad Técnica de Oruro, 1967. Oruro-Bolivia.
- Metalurgia del Estaño, Ing. José Vidalón Galvez Trabajos Técnicos XV Convención de Ingenieros de Minas, 1980, Perú
- Metal Statistics 1982, 75th Annual Edition Publicación de American Metals Market Fairchild Publications, New York.

Tecnología de las Computadoras al Servicio de la Minería
A. Weiss. VI Congreso Internacional de Minería 1970,
Gráficas Unidas S.A., Madrid - España.